

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO - UFES  
CENTRO TECNOLÓGICO - CT  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL - PPGEA

Emerson Pedreira Matos

**Estudo epidemiológico, espacial e temporal, na análise da  
associação entre poluição do ar e o número de atendimentos  
hospitalares por causas respiratórias em crianças, na Região da  
Grande Vitória, ES**

Vitória  
2012

Emerson Pedreira Matos

**Estudo epidemiológico, espacial e temporal, na análise da  
associação entre poluição do ar e o número de atendimentos  
hospitalares por causas respiratórias em crianças, na Região da  
Grande Vitória, ES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Ambiental, na área de concentração Modelagem Matemática da Dispersão de Poluentes Atmosféricos em Ambientes Urbanos utilizando modelos estocásticos.

Orientador: Prof. Dr. Valdério Anselmo Reisen.

Vitória  
2012

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

M433e Matos, Emerson Pedreira, 1969-  
Estudo epidemiológico, espacial e temporal, na análise da  
associação entre poluição do ar e o número de atendimentos  
hospitalares por causas respiratórias em crianças, na Região da  
Grande Vitória, ES / Emerson Pedreira Matos. - 2012.  
231 f.: il

Orientador: Valdério Anselmo Reisen.  
Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)-  
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.

1. Análise de séries temporais. 2. Ar - Qualidade. 3. Doenças  
respiratórias em crianças - Vitória, Região Metropolitana de  
(ES). I. Modelo aditivo generalizado. I. Reisen, Valdério Anselmo.  
II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Tecnológico.  
III. Título.

CDU: 628

---

Emerson Pedreira Matos

**Estudo epidemiológico, espacial e temporal, na análise da  
associação entre poluição do ar e o número de atendimentos  
hospitalares por causas respiratórias em crianças, na Região da  
Grande Vitória, ES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Ambiental, na área de concentração Modelagem Matemática da Dispersão de Poluentes Atmosféricos em Ambientes Urbanos utilizando modelos estocásticos.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Valdério Anselmo Reisen - UFES

---

Prof. Dr. Neyval C. Reis Jr. - UFES

---

Prof. Dr. Marinho Gomes de Andrade Filho - USP

Dedico este trabalho, a DEUS, pela força constante. A minha família pelo apoio incondicional nesta minha caminhada, principalmente a minha querida esposa, pelo amor e apoio constante.

*"Não deixe que a saudade sufoque, que a rotina acomode, que o medo impeça de tentar.  
Desconfie do destino e acredite em você. Gaste mais horas realizando que sonhando,  
fazendo que planejando, vivendo que esperando porque, embora quem quase morre esteja  
vivo, quem quase vive já morreu"(LUIZ FERNANDO VERISSÍMO)*

## Agradecimentos

A realização desta dissertação, nunca teria sido possível sem o apoio de um conjunto alargado de pessoas, a quem quero apresentar os meus mais sinceros agradecimentos:

Em primeiro lugar a DEUS pela proteção a cada momento da minha vida, nas viagens para UFES para a realização deste trabalho.

A minha família que me deu alicerce para mais essa fase de aprendizado e por compreender minhas longas ausências e o estresse, devido aos estudos constantes e cansativos em busca do melhor trabalho a ser realizado.

Com especial deferência, gostaria de agradecer ao professor orientador Valdério Anselmo Reisen, que me ofereceu uma orientação acadêmica de grande valor e que, durante esse tempo de convivência, me proporcionou ensinamentos, conselhos e principalmente por ter acreditado no meu potencial, agradeço pela sua amizade, paciência e pela tão dedicada orientação.

À professora Jane Meri Santos pelo suporte dado no início do projeto de pesquisa, pelos ensinamentos valiosos e discussões que estimularam a realização desse trabalho.

Dentro do programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPGEA), vários professores foram fundamentais na minha formação, entre os quais destaco o Professor Neyval Costa Reis Jr.

Aos colegas do Núcleo de Modelagem Estocástica (NUMES) pelo apoio constante nas análises estatísticas.

Agradeço também aos funcionários da universidade em especial a Rose Mary Nunes Leão que sempre me tratou com carinho.

Ao órgão, CNPq pelo apoio à pesquisa.

Aos Hospitais, Infantil Nossa Senhora da Glória e CIAS (UNIMED), por terem fornecido os dados de saúde.

Ao Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), pelo fornecimento dos dados de poluição do ar.

Muito Obrigado!

## Resumo

Esta pesquisa objetiva investigar a associação de curto prazo entre a poluição do ar, por meio dos poluentes  $PM_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $O_3$  e  $CO$ , e efeitos respiratórios em crianças menores de 6 anos, através da distribuição espacial e temporal na região da Grande Vitória, ES, Brasil. Para verificar essa relação, utilizou-se o modelo aditivo generalizado de regressão de Poisson, com a variável dependente *o número diário de atendimentos por doenças respiratórias* e as variáveis independentes, *concentrações diárias dos poluentes atmosféricos, temperatura, umidade*, entre outras. A metodologia consistiu em comparar as análises *in loco*, isto é, nas localidades discriminadas com a estimativa para toda a região. Os resultados evidenciaram que alguns efeitos só foram percebidos nas localidades desagregadas por região. Esse é um resultado esperado, pois o uso da média de todas as estações tende a suavizar os dados e, assim, diminuir a variabilidade, o que oculta alguns efeitos na modelagem.

Palavras Chave: Séries Temporais. Qualidade do Ar. Modelo Aditivo Generalizado.



## Abstract

This research aims to investigate the association between short-term air pollution, the pollutants through  $PM_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $O_3$  and CO, and respiratory effects in children under 6 years through spatial and temporal distribution in the Greater Vitória, Brazil. To verify this relationship, we used the generalized additive model Poisson regression, with the dependent variable *the daily number of visits for respiratory illnesses and independent variables, daily concentrations of air pollutants, temperature, humidity*, among others. The methodology consisted of comparing the analyzes *in situ*, ie, broken in places with the estimate for the entire region. The results showed that some effects were seen only in localities disaggregated by region. This is an expected result, since the use of the average of all stations tends to smooth out the data and thus reduce the variability, which hides some effects in modeling.

Keywords: Time Series. Air Quality. Generalized Additive Models.

---

## LISTA DE FIGURAS

4.1	Área de abrangência . . . . .	55
5.1	Contagens diárias de atendimentos por doenças respiratório em crianças menores de 6 anos nas áreas de abrangência de cada RAMQAr e para a Grande Vitória-ES entre 2005 a 2010, suavizada por uma spline com 12 graus de liberdade. . . . .	66
5.2	Médias diárias de concentrações de Material Particulado $PM_{10}$ e padrão CONAMA (linha azul) e diretrizes OMS (linha vermelha), para cada estação de monitoramento, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	69
5.3	Médias diárias de concentrações de Dióxido de Enxofre $SO_2$ diretrizes OMS (linha vermelha), padrão secundário CONAMA (linha verde) e padrão primário CONAMA (linha azul) para cada estação de monitoramento, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	71
5.4	Maximas diárias de concentrações de Dióxido de Nitrogênio $NO_2$ diretrizes OMS(linha vermelha),padrão secundário CONAMA (linha verde ) e padrão primário CONAMA (linha azul) para cada estação de monitoramento, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	73
5.5	Médias móveis de 8 Horas de concentrações de Monóxido de Carbono CO padrão, padrão primário e secundário CONAMA (linha azul) para cada estação de monitoramento, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	75
5.6	Médias móveis de 8 Horas de concentrações de Ozônio, diretrizes OMS (linha vermelha) para cada estação de monitoramento, jan/2005 a dez/2010	77

5.7	Médias diárias das variáveis meteorológicas na RGV, jan/2005 a dez/2010 -(linha vermelha média aritmética). . . . .	79
5.8	Volume diário de chuvas na RGV, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	80
5.9	Diagnóstico do Modelo Central para RGV - Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal	82
5.10	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $PM_{10}$ na RGV, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	85
5.11	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $SO_2$ na RGV, jan/2005 a dez/2010	86
5.12	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $NO_2$ na RGV, jan/2005 a dez/2010	87
5.13	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $O_3$ na RGV, jan/2005 a dez/2010	88
5.14	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $CO$ na RGV, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	90
5.15	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $PM_{10}$ na Estação de Laranjeiras, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	91
5.16	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $SO_2$ na Estação de Laranjeiras, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	93
5.17	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $NO_2$ na Estação de Laranjeiras, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	94
5.18	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $O_3$ na Estação de Laranjeiras, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	96
5.19	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $CO$ na Estação de Laranjeiras, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	98

5.20	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $PM_{10}$ na Estação de Carapina, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	99
5.21	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $PM_{10}$ na Estação de Jardim Camburi, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	101
5.22	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $SO_2$ na Estação de Jardim Camburi, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	102
5.23	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $NO_2$ na Estação de Jardim Camburi, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	104
5.24	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $PM_{10}$ na Estação da Enseada do Suá, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	105
5.25	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $SO_2$ na Estação da Enseada do Suá, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	107
5.26	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $NO_2$ na Estação da Enseada do Suá, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	108
5.27	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $O_3$ na Estação da Enseada do Suá, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	110
5.28	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $CO$ na Estação da Enseada do Suá, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	112
5.29	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $PM_{10}$ na Estação de Vitória Centro, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	113
5.30	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $SO_2$ na Estação de Vitória Centro, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	115

5.31	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{NO}_2$ na Estação de Vitória Centro, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	116
5.32	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{CO}$ na Estação de Vitória Centro, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	118
5.33	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{CO}$ na Estação de Vila Velha Ibes, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	119
5.34	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{PM}_{10}$ na Estação de Vila Velha Ibes, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	121
5.35	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{SO}_2$ na Estação de Vila Velha Ibes, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	122
5.36	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{NO}_2$ na Estação de Vila Velha Ibes, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	124
5.37	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{O}_3$ na Estação de Vila Velha Ibes, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	125
5.38	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{PM}_{10}$ na Estação de Vila Velha Centro, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	127
5.39	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{SO}_2$ na Estação de Vila Velha Centro, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	128
5.40	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{SO}_2$ na Estação de Cariacica, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	129
5.41	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{PM}_{10}$ na Estação de Cariacica, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	131

5.42	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de CO na Estação de Cariacica, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	132
5.43	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{NO}_2$ na Estação de Cariacica, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	134
5.44	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{O}_3$ na Estação de Cariacica, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	135
C.1	Ajuste para o efeito da tendência e sazonalidade de longo prazo (dias transcorridos) do Modelo Central RGV: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	166
C.2	Ajuste para o efeito do calendário (dias da semana e feriados) do Modelo Central RGV: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	167
C.3	Ajuste para o efeito da temperatura do Modelo Central RGV: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	168
C.4	Ajuste para o efeito da umidade do Modelo Central RGV: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	169
C.5	Ajuste para o efeito da precipitação pluviométrica do Modelo Central RGV: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	170
C.6	Ajuste para o efeito da tendência e sazonalidade de longo prazo (dias transcorridos) do Modelo Central de Estação de Laranjeiras: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	171

C.7	Ajuste para o efeito do calendário (dias da semana e feriados) do Modelo Central Estação de Laranjeiras: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	172
C.8	Ajuste para o efeito da temperatura do Modelo Central Estação de Laranjeiras: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	173
C.9	Ajuste para o efeito da umidade do Modelo Central Estação de Laranjeiras: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	174
C.10	Ajuste para o efeito da precipitação pluviométrica do Modelo Central Estação de Laranjeiras: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	175
C.11	Diagnóstico do Modelo Central Estação de Laranjeiras - Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	176
C.12	Ajuste para o efeito da tendência e sazonalidade de longo prazo (dias transcorridos) do Modelo Central de Estação de Carapina: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	177
C.13	Ajuste para o efeito do calendário (dias da semana e feriados) do Modelo Central Estação de Carapina: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	178
C.14	Ajuste para o efeito da temperatura do Modelo Central Estação de Carapina: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	179
C.15	Ajuste para o efeito da umidade do Modelo Central Estação de Carapina: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	180

C.16	Ajuste para o efeito da precipitação pluviométrica do Modelo Central Estação de Carapina: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	181
C.17	Diagnóstico do Modelo Central Estação de Carapina - Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	182
C.18	Ajuste para o efeito da tendência e sazonalidade de longo prazo (dias transcorridos) do Modelo Central de Estação de Jardim Camburi: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	183
C.19	Ajuste para o efeito do calendário (dias da semana e feriados) do Modelo Central Estação de Jardim Camburi: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	184
C.20	Ajuste para o efeito da temperatura do Modelo Central Estação de Jardim Camburi: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	185
C.21	Ajuste para o efeito da umidade do Modelo Central Estação de Jardim Camburi: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	186
C.22	Ajuste para o efeito da precipitação pluviométrica do Modelo Central Estação de Jardim Camburi: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	187
C.23	Diagnóstico do Modelo Central Estação de Jardim Camburi - Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	188



C.24 Ajuste para o efeito da tendência e sazonalidade de longo prazo (dias transcorridos) do Modelo Central de Estação da Enseada do Suá: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	189
C.25 Ajuste para o efeito do calendário (dias da semana e feriados) do Modelo Central Estação da Enseada do Suá: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	189
C.26 Ajuste para o efeito da temperatura do Modelo Central Estação da Enseada do Suá: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	190
C.27 Ajuste para o efeito da umidade do Modelo Central Estação da Enseada do Suá: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	191
C.28 Ajuste para o efeito da precipitação pluviométrica do Modelo Central Estação da Enseada do Suá: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	192
C.29 Diagnóstico do Modelo Central Estação da Enseada do Suá - Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	193
C.30 Ajuste para o efeito da tendência e sazonalidade de longo prazo (dias transcorridos) do Modelo Central de Estação de Vitória Centro: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	194
C.31 Ajuste para o efeito do calendário (dias da semana e feriados) do Modelo Central Estação de Vitória Centro: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	195

C.32	Ajuste para o efeito da temperatura do Modelo Central Estação de Vitória Centro: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	196
C.33	Ajuste para o efeito da umidade do Modelo Central Estação de Vitória Centro: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	197
C.34	Ajuste para o efeito da precipitação pluviométrica do Modelo Central Estação de Vitória Centro: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	198
C.35	Diagnóstico do Modelo Central Estação de Vitória Centro - Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	199
C.36	Ajuste para o efeito da tendência e sazonalidade de longo prazo (dias transcorridos) do Modelo Central de Estação de Vila Velha Ibes: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	200
C.37	Ajuste para o efeito do calendário (dias da semana e feriados) do Modelo Central Estação de Vila Velha Ibes: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	201
C.38	Ajuste para o efeito da temperatura do Modelo Central Estação de Vila Velha Ibes: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	202
C.39	Ajuste para o efeito da umidade do Modelo Central Estação de Vila Velha Ibes: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	203
C.40	Ajuste para o efeito da precipitação pluviométrica do Modelo Central Estação de Vila Velha Ibes: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	204

C.41 Diagnóstico do Modelo Central Estação de Vila Velha Ibes - Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	205
C.42 Ajuste para o efeito da tendência e sazonalidade de longo prazo (dias transcorridos) do Modelo Central de Estação de Vila Velha Centro: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	206
C.43 Ajuste para o efeito do calendário (dias da semana e feriados) do Modelo Central Estação de Vila Velha Centro: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	207
C.44 Ajuste para o efeito da temperatura do Modelo Central Estação de Vila Velha Centro: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	208
C.45 Ajuste para o efeito da umidade do Modelo Central Estação de Vila Velha Centro: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	209
C.46 Ajuste para o efeito da precipitação pluviométrica do Modelo Central Estação de Vila Velha Centro: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	210
C.47 Diagnóstico do Modelo Central Estação de Vila Velha Centro - Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	211
C.48 Ajuste para o efeito da tendência e sazonalidade de longo prazo (dias transcorridos) do Modelo Central de Estação de Cariacica: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	212

C.49	Ajuste para o efeito do calendário (dias da semana e feriados) do Modelo Central Estação de Cariacica: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	213
C.50	Ajuste para o efeito da temperatura do Modelo Central Estação de Cariacica: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	214
C.51	Ajuste para o efeito da umidade do Modelo Central Estação de Cariacica: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	215
C.52	Ajuste para o efeito da precipitação pluviométrica do Modelo Central Estação de Cariacica: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	216
C.53	Diagnóstico do Modelo Central Estação de Cariacica - Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal . . . . .	217
D.1	Área de abrangência da RAMQAr de Laranjeiras . . . . .	219
D.2	Área de abrangência da RAMQAr de Carapina . . . . .	220
D.3	Área de abrangência da RAMQAr de Jardim Camburi . . . . .	221
D.4	Área de abrangência da RAMQAr da Enseada do Suá . . . . .	223
D.5	Área de abrangência da RAMQAr de Vitória Centro . . . . .	225
D.6	Área de abrangência da RAMQAr de Vila Velha Ibes . . . . .	227
D.7	Área de abrangência da RAMQAr de Vila Velha Centro . . . . .	228
D.8	Área de abrangência da RAMQAr de Cariacica . . . . .	230

## LISTA DE TABELAS

3.1	Padrões nacionais de qualidade do ar (Resolução CONAMA n° 3 de 28/06/1990)	40
3.2	Diretrizes para Qualidade do Ar - OMS . . . . .	40
5.1	Estatísticas descritivas dos dados de contagens diários de atendimentos por doenças do aparelho respiratório em crianças menores de 6 anos, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	67
5.2	Estatísticas descritivas das medidas diárias de concentrações de Material Particulado $PM_{10}$ , medidas em cada uma das estações de monitoramento, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	68
5.3	Estatísticas descritivas das medidas diárias de concentrações de Dióxido de Enxofre $SO_2$ , medidas em cada uma das estações de monitoramento, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	70
5.4	Estatísticas descritivas das máximas diárias de concentrações de Dióxido de Nitrogênio $NO_2$ , medidas em cada uma das estações de monitoramento, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	72
5.5	Estatísticas descritivas das médias móveis 8 horas de concentrações de Monóxido de Carbono CO, medidas em cada uma das estações de monitoramento, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	74
5.6	Estatísticas descritivas das médias móveis 8 horas de concentrações de Ozônio, medidas em cada uma das estações de monitoramento, jan/2005 a dez/2010 . . . . .	76

5.7	Médias das variáveis meteorológicas na RGV, jan/2005 a dez/2010. . . . .	78
5.8	Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do $PM_{10}$ da média móvel 7 dias para RGV . . . . .	83
5.9	Correlação entre os poluentes na Grande Vitória . . . . .	83
5.10	Aumentos percentuais nos atendimentos por doenças respiratórias em cri- anças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu g/m^3$ de $PM_{10}$ na RGV, jan/2005 a dez/2010. . . . .	84
5.11	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu g/m^3$ de $SO_2$ na RGV, jan/2005 a dez/2010. . . . .	86
5.12	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu g/m^3$ de $NO_2$ na RGV, jan/2005 a dez/2010. . . . .	87
5.13	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu g/m^3$ de $O_3$ na RGV, jan/2005 a dez/2010. . . . .	88
5.14	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $1000 \mu g/m^3$ de $CO$ na RGV, jan/2005 a dez/2010. . . . .	89
5.15	Aumentos percentuais nos atendimentos por doenças respiratórias em cri- anças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu g/m^3$ de $PM_{10}$ na Estação de Laranjeiras, jan/2005 a dez/2010. . . . .	91
5.16	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu g/m^3$ de $SO_2$ na Estação de Laranjeiras, jan/2005 a dez/2010. . . . .	92
5.17	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu g/m^3$ de $NO_2$ na Estação de Laranjeiras, jan/2005 a dez/2010. . . . .	94
5.18	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu g/m^3$ de $O_3$ na Estação de Laranjeiras, jan/2005 a dez/2010. . . . .	95
5.19	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $1000 \mu g/m^3$ de $CO$ na Estação de Laranjeiras, jan/2005 a dez/2010. . . . .	97

5.20	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $PM_{10}$ na Estação de Carapina, jan/2005 a dez/2010. . . . .	99
5.21	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $PM_{10}$ na Estação de Jardim Camburi, jan/2005 a dez/2010. . . . .	100
5.22	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $SO_2$ na Estação de Jardim Camburi, jan/2005 a dez/2010. . . . .	102
5.23	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $NO_2$ na Estação de Jardim Camburi, jan/2005 a dez/2010. . . . .	103
5.24	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $PM_{10}$ na Estação da Enseada do Suá, jan/2005 a dez/2010. . . . .	105
5.25	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $SO_2$ na Estação da Enseada do Suá, jan/2005 a dez/2010. . . . .	106
5.26	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $NO_2$ na Estação da Enseada do Suá, jan/2005 a dez/2010. . . . .	108
5.27	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $O_3$ na Estação da Enseada do Suá, jan/2005 a dez/2010. . . . .	109
5.28	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $CO$ na Estação da Enseada do Suá, jan/2005 a dez/2010. . . . .	111
5.29	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $PM_{10}$ na Estação de Vitória Centro, jan/2005 a dez/2010. . . . .	113
5.30	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $SO_2$ na Estação de Vitória Centro, jan/2005 a dez/2010. . . . .	114

5.31	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{NO}_2$ na Estação de Vitória Centro, jan/2005 a dez/2010. . . . .	116
5.32	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{CO}$ na Estação de Vitória Centro, jan/2005 a dez/2010. . . . .	117
5.33	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{CO}$ na Estação de Vila Velha Ibes, jan/2005 a dez/2010. . . . .	119
5.34	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{PM}_{10}$ na Estação de Vila velha Ibes, jan/2005 a dez/2010. . . . .	120
5.35	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{SO}_2$ na Estação de Vila Velha Ibes, jan/2005 a dez/2010. . . . .	122
5.36	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{NO}_2$ na Estação de Vila Velha Ibes, jan/2005 a dez/2010. . . . .	123
5.37	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{O}_3$ na Estação de Vila Velha Ibes, jan/2005 a dez/2010. . . . .	125
5.38	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{PM}_{10}$ na Estação de Vila Velha Centro, jan/2005 a dez/2010. . . . .	126
5.39	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{SO}_2$ na Estação de Vila Velha Centro, jan/2005 a dez/2010. . . . .	127
5.40	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{SO}_2$ na Estação de Cariacica, jan/2005 a dez/2010. . . . .	129
5.41	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{PM}_{10}$ na Estação de Cariacica, jan/2005 a dez/2010. . . . .	130



5.42	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de CO na Estação de Cariacica, jan/2005 a dez/2010. . . . .	132
5.43	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{NO}_2$ na Estação de Cariacica, jan/2005 a dez/2010. . . . .	133
5.44	Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{O}_3$ na Estação de Cariacica, jan/2005 a dez/2010. . . . .	135
5.45	Aumento percentual e intervalo de confiança de 95% dos atendimentos pediátricos de emergência por sintomas respiratórios. RGV, 2005-2010. . .	137
A.1	Correlação entre os poluentes na RAMQAr de Laranjeiras . . . . .	147
A.2	Correlação entre os poluentes na RAMQAr de Jardim Camburi . . . . .	147
A.3	Correlação entre os poluentes na RAMQAr da Enseada do Suá . . . . .	147
A.4	Correlação entre os poluentes na RAMQAr de Vitória Centro . . . . .	147
A.5	Correlação entre os poluentes na RAMQAr de Vila Velha Ibes . . . . .	148
A.6	Correlação entre os poluentes na RAMQAr de Vila Velha Centro . . . . .	148
A.7	Correlação entre os poluentes na RAMQAr de Cariacica . . . . .	148
B.1	Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do $\text{PM}_{10}$ da defasagem de 1 dia da RAMQAr de Laranjeiras . . . . .	149
B.2	Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do $\text{PM}_{10}$ da média móvel de 2 dias da RAMQAr de Laranjeiras . . . . .	150
B.3	Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do $\text{PM}_{10}$ da média móvel de 3 dias da RAMQAr de Laranjeiras . . . . .	150
B.4	Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do $\text{PM}_{10}$ da média móvel de 4 dias da RAMQAr de Laranjeiras . . . . .	150
B.5	Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do $\text{O}_3$ no dia da exposição na RAMQAr de Laranjeiras . . . . .	151

B.6	Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do $SO_2$ no dia da exposição na RAMQAr de Laranjeiras . . . . .	151
B.7	Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do $PM_{10}$ da defasagem de 1 dia da RAMQAr de Carapina . . . . .	152
B.8	Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do $PM_{10}$ da média móvel de 6 dias da RAMQAr de Carapina . . . . .	152
B.9	Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do $PM_{10}$ da média móvel de 7 dias da RAMQAr de Carapina . . . . .	152
B.10	Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do $PM_{10}$ da média móvel de 8 dias da RAMQAr de Carapina . . . . .	153
B.11	Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do $PM_{10}$ da média móvel de 6 dias da RAMQAr de Jardim Camburi . . . . .	153
B.12	Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do $PM_{10}$ da média móvel de 7 dias da RAMQAr de Jardim Camburi . . . . .	154
B.13	Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do $PM_{10}$ da média móvel de 8 dias da RAMQAr de Jardim Camburi . . . . .	154
B.14	Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do $SO_2$ da defasagem de 2 dias da RAMQAr de Jardim Camburi . . . . .	155
B.15	Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do $NO_2$ da defasagem de 2 dias da RAMQAr de Jardim Camburi . . . . .	155
B.16	Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do $PM_{10}$ da defasagem de 3 dias da RAMQAr da Enseada do Suá . . . . .	156
B.17	Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do $PM_{10}$ no dia da exposição na RAMQAr de Vitória Centro . . . . .	156
B.18	Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do $PM_{10}$ da média móvel de 7 dias da RAMQAr de Vitória Centro . . . . .	157
B.19	Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do $NO_2$ da média móvel de 6 dias da RAMQAr de Vitória Centro . . . . .	157
B.20	Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do $NO_2$ da média móvel de 7 dias da RAMQAr de Vitória Centro . . . . .	158

B.21	Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do $NO_2$ da média móvel de 8 dias da RAMQAr de Vitória Centro . . . . .	158
B.22	Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do CO na defasagem de 2 dias da RAMQAr de Vila Velha Ibes . . . . .	159
B.23	Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do CO na defasagem de 3 dias da RAMQAr de Vila Velha Ibes . . . . .	159
B.24	Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do CO da média móvel de 4 dias da RAMQAr de Vila Velha Ibes . . . . .	160
B.25	Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do CO da média móvel de 5 dias da RAMQAr de Vila Velha Ibes . . . . .	160
B.26	Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do CO da média móvel de 6 dias da RAMQAr de Vila Velha Ibes . . . . .	161
B.27	Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do $PM_{10}$ da média móvel de 7 dias da RAMQAr de Vila Velha Centro . . . . .	161
B.28	Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do $PM_{10}$ da média móvel de 8 dias da RAMQAr de Vila Velha Centro . . . . .	162
B.29	Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do $SO_2$ no dia da exposição na RAMQAr de Vila Velha Centro . . . . .	162
B.30	Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do $SO_2$ da média móvel de 2 dias da RAMQAr de Vila Velha Centro . . . . .	163
B.31	Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do $SO_2$ da média móvel de 3 dias da RAMQAr de Vila Velha Centro . . . . .	163
B.32	Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do $PM_{10}$ da defasagem de 3 dias da RAMQAr de Cariacica . . . . .	164
B.33	Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do $PM_{10}$ da média móvel de 7 dias da RAMQAr de Cariacica . . . . .	164
B.34	Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do $PM_{10}$ da média móvel de 8 dias da RAMQAr de Cariacica . . . . .	165
B.35	Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do $SO_2$ da defasagem de 3 dias da RAMQAr de Cariacica . . . . .	165

D.1	Área de abrangência da RAMQAr de Laranjeiras . . . . .	218
D.2	Área de abrangência da RAMQAr de Carapina . . . . .	220
D.3	Área de abrangência da RAMQAr de Jardim Camburi . . . . .	221
D.4	Área de abrangência da RAMQAr da Enseada do Suá . . . . .	222
D.5	Área de abrangência da RAMQAr de Vitória Centro . . . . .	224
D.6	Área de abrangência da RAMQAr de Vila Velha Ibes . . . . .	226
D.7	Área de abrangência da RAMQAr de Vila Velha Centro . . . . .	228
D.8	Área de abrangência da RAMQAr de Cariacica . . . . .	229

## SUMÁRIO

Resumo . . . . .	7
Abstract . . . . .	8
<b>Lista de Figuras</b>	<b>9</b>
Lista de Figuras . . . . .	19
<b>Lista de Tabelas</b>	<b>20</b>
Lista de Tabelas . . . . .	27
<b>Lista de Abreviaturas</b>	<b>31</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>33</b>
<b>2 Objetivo</b>	<b>36</b>
2.1 Objetivo Geral . . . . .	36
2.2 Objetivos Específicos . . . . .	36
<b>3 Revisão Bibliográfica</b>	<b>38</b>
3.0.1 Padrões de Qualidade do Ar . . . . .	38

3.0.2	Revisão dos Estudos Envolvendo Poluição do Ar e Saúde Utilizando o Modelo Aditivo Generalizado (MAG) . . . . .	42
<b>4</b>	<b>Metodologia</b>	<b>54</b>
4.1	Área de Estudo . . . . .	54
4.2	Período do Estudo . . . . .	55
4.3	Fonte de Dados . . . . .	56
4.3.1	Desfecho . . . . .	56
4.3.2	Poluentes Ambientais . . . . .	56
4.3.3	Variáveis Meteorológicas . . . . .	57
4.4	Modelo . . . . .	58
4.5	Risco Relativo . . . . .	60
4.6	Análise Estatística . . . . .	61
<b>5</b>	<b>Resultados</b>	<b>64</b>
5.1	Análise Descritiva . . . . .	64
5.1.1	Atendimentos Hospitalares . . . . .	65
5.1.2	Material Particulado $PM_{10}$ . . . . .	67
5.1.3	Dióxido de Enxofre $SO_2$ . . . . .	70
5.1.4	Dióxido de Nitrogênio $NO_2$ . . . . .	72
5.1.5	Monóxido de Carbono CO . . . . .	74
5.1.6	Ozônio $O_3$ . . . . .	76
5.1.7	Variáveis Meteorológicas . . . . .	78
5.2	Ajuste do Modelo . . . . .	80
<b>6</b>	<b>Conclusões e Recomendações</b>	<b>138</b>

6.1 Conclusão . . . . .	138
<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>142</b>
<b>A CORRELAÇÃO ENTRE OS POLUENTES</b>	<b>147</b>
<b>B COEFICIENTES ESTIMADOS</b>	<b>149</b>
<b>C ANÁLISE RESIDUAL</b>	<b>166</b>
<b>D ÁREA DE ABRANGÊNCIA DAS RAMQAr</b>	<b>218</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS

AIC Critério de Informação de Akaike

CEASA Centro de Abastecimento

CETESB Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CID Classificação Internacional de Doenças

CO Monóxido de Carbono

CONAMA Conselho Nacional de Meio Ambiente

DAR Doenças do Aparelho Respiratório

HINSG Hospital Infantil Nossa Senhora da Glória

IEMA Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Lag0 Dia corrente do atendimento médico

Lag1 Um dia antes do atendimento médico

Lag2 Dois dias antes do atendimento médico

Lag2 Três dias antes do atendimento médico

MA01 Média móvel das concentrações dos poluentes de 2 dias

MA02 Média móvel das concentrações dos poluentes de 3 dias

MA03 Média móvel das concentrações dos poluentes de 4 dias



MA04 Média móvel das concentrações dos poluentes de 5 dias  
MA05 Média móvel das concentrações dos poluentes de 6 dias  
MA06 Média móvel das concentrações dos poluentes de 7 dias  
MA07 Média móvel das concentrações dos poluentes de 8 dias  
MGA Modelo Aditivo Generalizado  
MLG Modelo Linear Generalizado  
 $NO_2$  Dióxido de Nitrogênio  
 $O_3$  Ozônio  
OMS Organização Mundial de Saúde  
 $PM_{10}$  Material Particulado  
PRO-AIM Programa de Aprimoramento das Informações de Mortalidade  
RAMQAr Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar  
RGV Região da Grande Vitória  
 $SO_2$  Dióxido de Enxofre

## CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

Estudos sobre o impacto na saúde em consequência da poluição atmosférica focalizaram, principalmente, a relação entre doenças respiratórias e poluentes atmosféricos, ver por exemplo, (Saldiva et al., 1995; Gouveia e Fletcher, 2000a; Atkinson, 2001; Braga et al., 2001b; Katsouyanni et al., 2001; Samoli et al., 2011; Almeida et al., 2011). Para o desenvolvimento de tais estudos, é relevante a utilização de técnicas estatísticas que permitam isolar os efeitos da poluição do ar, uma vez que a ocorrência de doenças respiratórias está relacionada também a diversos outros fatores, como, por exemplo, temperatura e umidade.

Pesquisas atuais mostram que o aumento nos níveis de poluição se deve, principalmente, ao crescimento da frota de veículos automotores, que hoje, em alguns países, representa a principal fonte poluidora. As emissões devido à queima de combustíveis fósseis são muito menores hoje do que há 50 anos. Entretanto, as concentrações de poluentes fotoquímicos, como o ozônio ( $O_3$ ) e óxidos de nitrogênio ( $NO_x$ ) têm crescido rapidamente em função do aumento da frota de veículos automotores, esses fatores são determinantes para definir a qualidade do ar (Brunekreef e Holgate, 2002).

Estudos realizados nas grandes cidades onde se concentram, em geral, os maiores níveis de poluição, mostraram efeitos significativos dos poluentes atmosféricos na saúde, relacionados à atendimento de emergência ou admissão hospitalar por causas respiratórias, ver por exemplo, Atenas Grécia (Samoli et al., 2011), Oporto Portugal (Almeida et al., 2011), Xangai China (Chen et al., 2010), Santiago Chile (Cifuentes et al., 2000), no Brasil, São Paulo (Saldiva et al., 1995; Lin et al., 1999; Braga et al., 2000; Gouveia e Fletcher, 2000b; Braga et al., 2001a; Martins et al., 2004; Farhat et al., 2005; Nascimento et al., 2006), Rio de Janeiro (Gouveia et al., 2003; Daumas et al., 2004) e Curitiba (Bakonyi et al., 2004).

A dificuldade metodológica, na análise estatística de tais fenômenos, consiste em detectar variações na ocorrência de casos de saúde associados a eventos de poluição do ar de baixa intensidade. Nesse contexto, os avanços das técnicas estatísticas têm possibilitado análises mais precisas desse tipo de associação. Particularmente, os modelos de séries temporais têm desempenhado um papel importante como ferramenta de análise nesses estudos (Schwartz, 1996).

O modelo aditivo generalizado (MAG) (Hastie e Tibshirani, 1990) é amplamente usado como uma técnica flexível e efetiva para modelar, por meio de regressão não-linear, dados coletados em função do tempo sobre efeitos dos poluentes na saúde. Esse modelo também é uma alternativa para o ajuste de relações não lineares não especificadas e mostra que essa classe de modelos constitui uma boa opção para representar tanto a sazonalidade quanto a relação entre a variável resposta e os fatores de confusão (Dominici et al., 2002).

Em geral, estudos epidemiológicos de séries temporais utilizam uma única estação de monitoramento fixa ou a média das estações para representar a exposição de toda a população. Essa abordagem não reflete a verdadeira exposição das pessoas (Namdeo et al., 2011). Uma alternativa para uma exposição mais realista é considerar uma pequena área geográfica próxima da estação de monitoramento (Zeger et al., 2000).

Metodologia onde as áreas de abrangência sejam melhores espacialmente discriminadas torna-se um fator importante para obter inferências mais precisas. Nesse contexto, o

ponto central desta pesquisa é avaliar, por meio do MAG, a relação de curto prazo entre o número de atendimentos de emergência por problemas respiratórios, em crianças menores de seis anos, com níveis de poluentes atmosféricos, observados na Região da Grande Vitória-ES (RGV), com a consideração de variáveis temporais medidas por localidade "in loco" (área em torno das redes de monitoramento) e por média entre as estações (média regional global).

Os resultados obtidos evidenciaram que o estudo "in loco" apresentou de forma significativa a diferença com os observados na região geral (média entre as estações), no contexto de distribuições marginais com momentos (média e variância) estatisticamente diferentes. Essas diferenças de momentos são transferidas para os cálculos dos valores dos riscos relativos. Em adição, os estudos "in loco" evidenciaram contribuições de poluentes para cada específica região. Resultado que não correspondeu com o apresentado pelo modelo aplicado na região geral, onde, nessa situação, alguns efeitos não foram percebidos.

Este trabalho é apresentado da seguinte forma: NO capítulo 2, descreve-se os objetivos da pesquisa. No capítulo 3, apresenta-se a revisão da literatura. NO capítulo 4, explora-se de forma sucinta as características dos dados que inclui as variáveis morbidade e poluição do ar e descreve-se de forma detalhada o MAG, com ênfase nos fatores de confusão. Os resultados obtidos e sua discussão estão no capítulo 5, onde são apresentadas as estatísticas descritivas dos poluentes atmosféricos, das variáveis meteorológicas e dos dados de morbidade e também os ajustes dos modelos de regressão de Poisson para cada poluente atmosférico, desagregados por área de influência de cada estação da rede automática de monitoramento da qualidade do ar da Grande Vitória-ES (RAMQAr). Para finalizar, conclusões e recomendações para trabalhos futuros estão no capítulo 6.

## CAPÍTULO 2

## OBJETIVO

### 2.1 Objetivo Geral

Estimar a associação de curto prazo entre a poluição atmosférica e efeitos agudos por patologias respiratórias de crianças residentes na RGV.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Estimar a associação de curto prazo entre a poluição atmosférica e todos os atendimentos médicos diários de emergência por sintomas respiratórios agudos de crianças residentes nos bairros próximos as RAMQAr, no período de janeiro de 2005 a dezembro de 2010.
- Comparar as estimativas locais (do item anterior) com as estimativas para toda região em estudo.
- Analisar as séries temporais número de atendimentos por causas respiratórias e os

dados diários de concentração dos poluentes atmosféricos ( $PM_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $O_3$  e  $CO$ ).

- Implementar o Modelo Aditivo Generalizado (MAG) para descrever a relação entre a variável resposta (atendimentos hospitalares) com a variável preditora ou independente do modelo (concentração dos poluentes atmosféricos), controlados por fatores de confusão.
- Construir intervalos de confiança para o parâmetro associado ao poluente e para medida do Risco Relativo.

## CAPÍTULO 3

# REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo tem o objetivo de resgatar alguns conceitos e estudos relacionados com o tema deste projeto de pesquisa. Este capítulo está organizado em 2 seções: na primeira, os padrões de qualidade do ar; na segunda, uma breve revisão dos principais estudos na área de poluição do ar e saúde no mundo, no Brasil e na RGV.

### **3.0.1 Padrões de Qualidade do Ar**

Os padrões de qualidade do ar definem legalmente o limite máximo para a concentração de um poluente na atmosfera, que supostamente garantam a proteção da saúde e do meio ambiente. Os padrões de qualidade do ar são baseados em estudos científicos dos efeitos produzidos por poluentes específicos e são fixados em níveis que possam propiciar uma margem de segurança adequada.

A Resolução CONAMA 03/90 estabelece dois tipos de padrões de qualidade do ar: os primários e os secundários.

São padrões primários de qualidade do ar as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população. Podem ser entendidos como níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes atmosféricos, constituindo-se em metas de curto e médio prazo.

São padrões secundários de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e à flora, aos metais e ao meio ambiente em geral. Podem ser entendidos como níveis toleráveis de concentração de poluentes, constituindo-se em meta de longo prazo.

Os padrões nacionais de qualidade do ar Resolução CONAMA 03/90 são apresentados na Tabela 3.1 e as diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS) na Tabela 3.2.



Tabela 3.1: Padrões nacionais de qualidade do ar (Resolução CONAMA n° 3 de 28/06/1990)

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão		Método de Amostragem
		Primário $\mu\text{gm}^3$	Secundário $\mu\text{gm}^3$	
PTS	24 horas (1)	240	150	separação/inercial
	MGA (2)	80	60	filtração
PM <sub>10</sub>	24 horas (1)	150	150	separação/inercial
	MAA(3)	50	50	filtração
SO <sub>2</sub>	24 horas	365	100	Infravermelho
	MAA(3)	80	40	não dispersivo
NO <sub>2</sub>	1 hora	320	190	Quimiluminescência
	MAA	100	100	
CO	1 hora	40.000/35 ppm	40.000/35 ppm	Pararosanilina
	8 horas	10.000 (9ppm)	10.000 (9ppm)	
O <sub>3</sub>	1 hora (1)	160	160	Quimiluminescência

Fonte: CONAMA (1990)

(1) Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano

(2) Média geométrica anual

(3) Média aritmética anual

Tabela 3.2: Diretrizes para Qualidade do Ar - OMS

Poluente	Diretriz	
PM <sub>25</sub>	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ média anual	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ média 24 horas
PM <sub>10</sub>	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ média anual	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ média 24 horas
O <sub>3</sub>	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ média 8 horas	
SO <sub>2</sub>	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ média 24 horas	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ média 10 minutos
NO <sub>2</sub>	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ média anual	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ média 1 hora

Fonte: OMS(2005)

Os padrões nacionais de qualidade do ar, fixados pela resolução CONAMA 03 /90, seguem os padrões europeus e norte-americanos do início dos anos 90. Em 2005, a OMS divulgou um relatório recomendando mudanças na medição da qualidade do ar, argumentando que 2 milhões de pessoas morrem por ano em todo o mundo em decorrência da poluição. Enquanto a OMS recomenda que a concentração diária de  $PM_{10}$  não pode ultrapassar  $50\mu g/m^3$ , o CONAMA 03/90 tem como parâmetro  $150\mu g/m^3$ , para  $O_3$  cujo índice recomendável passou a ser de  $100\mu g/m^3$  a resolução CONAMA determina  $160\mu g/m^3$  e para o  $SO_2$  a OMS determina  $20\mu g/m^3$  média diária o CONAMA estabelece o máximo aceitável em  $100\mu g/m^3$ .

Segundo a OMS (2005) estima-se que a redução dos níveis de  $PM_{10}$  de  $50\mu g/m^3$  para  $20\mu g/m^3$  poderia reduzir as mortes nas cidades poluídas em até 9% ao ano.

Além de valores de referência, a OMS tem objetivos intermediários que são dados para cada poluente. Estas são propostas como passos incrementais em uma redução progressiva da poluição do ar e são destinados ao uso em áreas onde a poluição é elevada. Estes objetivos visam promover uma mudança de concentrações elevadas de poluentes do ar, que têm consequências agudas e graves para a saúde, a fim de diminuir as concentrações de poluentes atmosféricos. Se estes objetivos fossem alcançados, poderia esperar uma redução significativa dos riscos de efeitos agudos e crônicos da poluição do ar.

### 3.0.2 Revisão dos Estudos Envolvendo Poluição do Ar e Saúde Utilizando o Modelo Aditivo Generalizado (MAG)

Segundo Pantazopoulou et al. (1995) as recentes evidências dos efeitos adversos da poluição atmosférica têm levado diversos países a adotarem normas rigorosas de controle da poluição do ar por meio dos padrões de qualidade do ar. Embora os efeitos dos poluentes possam estar relacionados à mortalidade, diversos estudos têm se concentrado nos atendimentos e internações hospitalares, pois havendo elevado índices de mortalidade esperaria-se que, aumentos significativos nos atendimentos e internações fossem registrados.

Ostro et al. (1999b) investigaram os efeitos dos poluentes atmosféricos em crianças nas faixas etárias de 3 a 15 anos e menores de 2 anos de idade, utilizando análise de séries temporais de 2 anos de atendimentos médicos diárias com sintomas de doenças respiratórias, tanto nas vias aéreas superiores, quanto nas inferiores, em Santiago, Chile. Foram obtidas medições diárias de  $PM_{10}$  e  $O_3$ , temperatura e umidade relativa do ar. A análise de regressão múltipla indicou uma associação estatisticamente significativa entre  $PM_{10}$  e atendimentos médicos por sintomas respiratórios em crianças de ambas as faixas etárias definidas acima. Para crianças com menos de 2 anos de idade, uma elevação de  $50\mu g/m^3$  (variação interquartílica) de  $PM_{10}$  foi associada a aumentos de 4-12%. Para crianças com idades entre 3 -15 anos os aumentos de sintomas variaram entre 3-9%. Elevações de 5% foram registradas nos atendimentos explicados pela variação interquartílica de 50ppb do poluente  $O_3$ .

Luginaah et al. (2005) realizaram um estudo em Windson, Ontario, Canadá para avaliar a associação entre poluição do ar e internações hospitalares por doenças respiratórias em três faixas etárias: 0-14, 15-64 e acima de 65 anos de idade entre homens e mulheres que foram internadas em quatro hospitais em Windson com diagnósticos primário de doenças respiratórias de acordo com a Classificação Internacional de Doenças (CID) 9<sup>a</sup> Revisão (CID-9: 460 - 519) entre 1995 a 2000. Os dados de  $PM_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $O_3$  e CO foram

obtidos em quatro estações fixas automáticas de monitoramento em Windson. As análises foram realizadas através de dois métodos: regressão de Poisson via MAG, controlados por fatores de confusão (temperatura, umidade, dias transcorridos e dias da semana) e case-crossover. Verificou-se, nesse estudo, associações estatisticamente significativas entre  $PM_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$  e CO principalmente para mulheres. De acordo com as análises do MAG, os resultados mostraram associações para mulheres entre 0-14 anos de idade no dia da exposição (defasagem 0) para um aumento de  $10 \mu g/m^3$  de  $SO_2$  associado com um aumento nas internações de 11% por doenças respiratórias, para o CO dois dias após a exposição (defasagem 2) foi associado com um aumento de 7% nas internações hospitalares para a mesma faixa etária. Para os homens foi encontrado para um aumento de  $10 \mu g/m^3$  de  $PM_{10}$  um dia após a exposição (defasagem de 1 dia) associado com um aumento de 18% nas internações na faixa etária entre 15-64 anos de idade. Para análise do case-crossover os resultados mostraram associação para mulheres entre 0-14 anos de idade um dia após a exposição (defasagem 1) para um aumento de  $10 \mu g/m^3$  de  $NO_2$  associado com um aumento nas internações de 19% por doenças respiratórias, para o CO para um aumento de  $1000 \mu g/m^3$  foi associado 15% no dia da exposição, 19% um dia após a exposição e 22% dois dias após a exposição. Não foram encontradas associações estatisticamente significativas para o  $O_3$ .

Qian et al. (2007) realizaram uma pesquisa para avaliar a associação entre eventos de saúde e poluição atmosférica, além de temperatura e umidade relativa do ar incluídas no modelo como variáveis de confusão. Analisaram a associação entre dados por mortalidades específicas e as concentrações do  $PM_{10}$  (partículas aerodinâmicas inferior a  $10\mu$ ) na cidade de Wuhan, na China, no período compreendido entre 2001 -2004. Para entender a relação entre os desfechos de saúde e as concentrações dos poluentes foi utilizado o (MAG) para modelar o logaritmo do valor médio das concentrações de mortalidade por causas específicas. Foram encontrados efeitos significativos no dia corrente (defasagem 0) para aumentos de morte por doenças cardiovasculares em torno de 0.51% (IC<sub>95%</sub>[0.28-0.75%]), acidente vascular cerebral 0.44% (IC<sub>95%</sub>[0.16-0.72%]), cardíacas 0,49% (IC<sub>95%</sub> [0.08-0.89%]), respiratório 0,71% (IC<sub>95%</sub>[0.20-1.23%]), e cardiopulmonar 0,46% (IC<sub>95%</sub>[0.23-0.69%]) para

uma elevação de  $10\mu g/m^3$  nos níveis de concentração dos poluentes. Os efeitos foram mais significativos para a classe mais idosa do estudo.

Segala et al. (2008) realizaram um estudo em crianças menores de 3 anos na região de Paris, relacionando atendimentos de emergência nos hospitais por bronquiolite e os poluentes  $PM_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$  e fumaça negra (BS), utilizando a regressão de Poisson através do MAG no período entre 1997 e 2001. Alguns resultados encontrados pelos autores mostram que para um aumento de  $10\mu g/m^3$  de  $PM_{10}$  estava associado com 4% (IC<sub>95%</sub> [0.02% - 0.07%]) no número de atendimentos, já para o  $SO_2$  um aumento de  $10\mu g/m^3$  estava associado com 6% (IC<sub>95%</sub> [0.03% - 0.09%]) nos atendimentos de emergência por bronquiolite em crianças menores de 3 anos, para a BS e  $NO_2$  foram associados com um aumento de 3% nos atendimentos, quatro dias após a exposição (defasagem 4). Os autores concluíram também que a poluição do ar pode atuar como um gatilho na ocorrência de vários casos agudos de bronquiolite em crianças menores de 3 anos.

Chen et al. (2010) realizaram um estudo ecológico de séries temporais utilizando o MAG com regressão de Poisson para examinar a associação entre os poluentes  $PM_{10}$ ,  $SO_2$  e  $NO_2$  e o número de internações por causas específicas e respiratórias, em Xangai, China, usando três anos de dados de janeiro de 2005 a dezembro de 2007. As causas de internações foram codificadas de acordo com a Classificação Internacional de Doenças, 10<sup>a</sup> Revisão (CID 10): todas as causas não-acidental (A00-R99), as doenças cardiovasculares (I00-I99) e doenças respiratórias (J00-J98), os dados diários dos poluentes  $PM_{10}$ ,  $SO_2$  e  $NO_2$ , foram obtidos a partir da base de dados do Centro de Monitoramento Ambiental de Xangai. Para permitir o ajuste para o efeito do clima sobre a internação hospitalar, as variáveis meteorológicas como média diária de temperatura e umidade relativa do ar foram obtidas do banco de dados de meteorologia de Xangai.

A metodologia utilizada foi a padrão em estudos epidemiológicos de séries temporais, primeiro construiu o modelo central para internações hospitalares excluindo-se os poluentes atmosféricos. Depois incorporou no modelo as funções não-paramétricas natural spline (ns) para controlar a tendência de longo prazo (dias transcorridos) e as variáveis climá-

ticas, foi utilizada a função de auto correlação parcial (PACF) para guiar na seleção dos parâmetros do modelo. Especificamente foram utilizados 4 a 6 graus de liberdade (gl) por ano na variável dias transcorridos, quando a magnitude absoluta no gráfico PACF foi menor que 0.1 para as defasagens 1 e 2 o modelo básico foi considerado satisfatório, se este critério não fosse atendido, um termo auto regressivo (AR) até a defasagem 7 era introduzido no modelo. Para as variáveis temperatura e umidade foram usadas 3 gl para o período de estudo o qual foi bem controlado os efeitos sobre o desfecho de saúde. Os dias da semana foram utilizados variáveis dummy. Os resíduos do modelo básico foram examinados para checar se houve autocorrelação por meio do gráfico PACF. Após estabelecer o modelo básico, foram introduzidos os poluentes individualmente e analisado seus efeitos sobre as internações. Todas as análises foram conduzidas no R 2.8.1 usando o pacote mgv.

O estudo concluiu que a poluição do ar estava associada com maior risco a internação cardiovascular em Xangai. Para uma defasagem de 5 dias, um aumento de  $10\mu g/m^3$  na concentração de  $PM_{10}$ ,  $SO_2$  e  $NO_2$ , correspondiam a 0,18% (95% CI: -0,15%, 0,52%), 0,63% (95% CI: 0,03%, 1,23%) e 0,99% (95% CI: 0,10%, 1,88%) para aumento de internação hospitalar por doenças respiratórias respectivamente e 0,23% (95% CI: -0,03%, 0,48%), 0,65% (95% CI: 0,19%, 1,12%) e 0,80% (95% CI: 0,10%, 1,49%) para um aumento da internação por doenças cardiovasculares respectivamente.

Samoli et al. (2011) investigaram os efeitos de curto prazo causados pelos níveis diários dos poluentes  $PM_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$  e  $O_3$  na morbidade por asma em dois grupos de crianças entre 0 e 4 anos de idade e entre 5 e 14 anos no período de 2001 a 2004 em Atenas, Grécia. Foram obtidos dados diários de atendimentos de emergência por asma de acordo com a Classificação Internacional de Doenças (CID) 9ª Revisão (CID-9: 493; 493.9; 466.1). A associação foi feita utilizando o MAG através da regressão de Poisson controlados por número de dias transcorridos, dias da semana, temperatura, umidade relativa do ar. Os resultados evidenciaram associações estatisticamente significativas entre os aumentos nos níveis de poluição com os aumentos nos atendimentos por asma em crianças. Pôde-se

observar que um aumento de  $10\mu g/m^3$  para os poluentes  $PM_{10}$  e  $SO_2$  ocasionaram um acréscimo de 2,54% (IC<sub>95%</sub> [0.06% - 5.08%]) e 5.98% (IC<sub>95%</sub> [0.88% - 11.33%]), respectivamente no número de atendimentos por asma em crianças no grupo entre 0 e 4 anos de idade. Não foram encontradas associações estatisticamente significativas entre os atendimentos por asma e os poluentes  $NO_2$  e  $O_3$ .

Namdeo et al. (2011) realizaram um estudo na região metropolitana de Leeds, oeste de Yorkshire, no norte do Reino Unido, por um período de 5 anos entre 2001 a 2005. Abrangeu uma área de 24 km (leste para oeste) por 21 km (norte para o sul) com uma população total de aproximadamente 715.392 pessoas. Cerca de 15,3% da população estudada eram acima de 65 anos. Os dados de concentração ambiente de  $PM_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $O_3$  e CO foram obtidos em valores horários por  $\mu g/m^3$ . Foram obtidos em uma estação fixa automática de monitoramento localizada no centro de Leeds. Foram calculadas as médias diárias de 24 horas dos poluentes  $PM_{10}$  e  $SO_2$ , as máximas diárias de  $NO_2$  e as máximas diárias das médias móveis de 8 horas dos poluentes  $O_3$  e CO. Esses valores foram utilizados como substitutos da exposição dos poluentes para a população utilizada no modelo. A influência de três fatores meteorológicos, umidade relativa do ar, temperatura e velocidade do vento foram utilizadas no modelo. O desfecho utilizado no modelo como variável resposta foram todos os atendimentos por doenças respiratórias de acordo com a Classificação Internacional de Doenças (CID) 10ª Revisão (CID-10: J00 - J99) para cinco grupos analisados 0-59, 60-69, 70-74, 75-79 e acima de 80 anos de idade. A análise estatística foi desenvolvida através da regressão de Poisson via MAG, controlados pelos fatores de confusão, sazonalidade e tendência, como dias transcorridos, dias da semana, feriados e fatores meteorológicos. Foram encontrados efeitos significativos no dia da exposição (defasagem 0) para aumentos nos atendimentos por doenças respiratórias no grupo entre 70-74 anos de idade em torno de 2,5% para uma elevação de  $1000\mu g/m^3$  de CO e 4,64% dois dias após a exposição (defasagem 2) no grupo entre 75-79 anos de idade para um aumento de  $10\mu g/m^3$  de  $PM_{10}$ .

Almeida et al. (2011) conduziram um estudo para avaliar a exposição da poluição do ar e

mortalidade em Oporto, área metropolitana de Portugal, por um período de 4 anos entre 2000 a 2004. Os dados de concentração ambiente de  $PM_{10}$ ,  $NO_2$  e  $O_3$  foram obtidos em valores horários por  $\mu g/m^3$  e calculadas as médias diárias de 24 horas para  $PM_{10}$  e  $NO_2$ , e as máximas diárias das médias móveis de 8 horas do poluente  $O_3$ . O desfecho utilizado no modelo como variável resposta foram todos os atendimentos por doenças respiratórias de acordo com a Classificação Internacional de Doenças (CID-9: 460 - 519), (CID-10: J00 - J99), doenças cardiovasculares (CID-9: 390 - 459), (CID-10: I00 - I99) e para causa não acidental (CID-9: < 800 ), (CID-10: A00 - R99) em pessoas residentes em Oporto para todas as idade e maiores de 65 anos. A análise estatística foi desenvolvida através da regressão de Poisson via MAG, controlados pelos fatores de confusão, sazonalidade e tendência. Foram encontradas efeitos significativos de  $O_3$  para um aumento de 10  $\mu g/m^3$  na máxima diária da média móvel de 8 horas associado a um aumento de 0.95% (IC<sub>95%</sub> [0.30% - 1.60%]) e 1.58% (IC<sub>95%</sub> [0.45% - 2.73%]) na mortalidade não-acidental e mortalidade cardiovasculares, respectivamente. Também foram encontradas associações entre  $PM_{10}$  e mortalidade não-acidental em um efeito significativo de 0.67% (IC<sub>95%</sub> [0.03% - 1.32%]). As associações foram maiores para pessoas mais velhas. Não foram encontradas associações com o  $NO_2$ .

No Brasil, estudos ecológicos de séries temporais já avaliaram associação da poluição com mortalidade diária por todas as causas ou por causas específicas na população geral tanto em subgrupos considerados mais suscetíveis. Efeitos na morbidade também têm sido estudados utilizando-se a mesma metodologia (Saldiva et al., 1995).

Gouveia e Fletcher (2000a) realizaram um estudo em São Paulo por um período de 23 meses (Novembro 1992 a Setembro 1994) e encontraram aumentos significativos nas admissões hospitalares por doenças respiratórias e por pneumonia em crianças menores de 5 anos associados com  $O_3$  (5-8%),  $NO_2$  (9%) e  $PM_{10}$  (9%), para uma variação de cada poluente do 10º ao 90º percentil. Os efeitos foram maiores para pneumonia do que para doenças respiratórias, e também maiores entre crianças até um ano de idade.

Conceição et al. (2001) descreve e compara duas classes de modelo, tais como, os Mo-



delos Lineares Generalizados (MLG) e os Modelos Aditivos Generalizados (MAG), que podem ser utilizados para avaliar a associação entre poluição atmosférica e marcadores de morbidade e mortalidade. Como exemplo de aplicação, foi avaliada a associação entre mortalidade em idosos e poluição atmosférica na cidade de São Paulo no período de 1994 a 1997.

Os dados desse estudo foram obtidos do Programa de Aprimoramento das Informações de Mortalidade (PRO-AIM) e as concentrações diárias de poluentes ( $PM_{10}$ ,  $SO_2$ , CO e  $O_3$ ) foram obtidas da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). Informações acerca da temperatura e umidade relativa do ar foram obtidas do Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo. As duas classes de modelos produziram resultados coerentes, mas os modelos estatisticamente mais sofisticados (MAG) tiveram mais poder para detectar efeitos significativos. Sob os MLG, nenhum poluente explicou a mortalidade de forma significativa. Sob os MAG, houve efeitos significativos para o CO,  $SO_2$  e  $PM_{10}$ . Quando todos os poluentes foram incluídos simultaneamente no modelo, apenas o  $SO_2$  permaneceu significativo. O ozônio não se mostrou associado à mortalidade em nenhum dos modelos ajustados.

Martins et al. (2002) estudaram os efeitos causados pela poluição atmosférica na morbidade por gripe e por pneumonia em idosos no período de 1996 e 1998. Os dados diários de atendimentos por pneumonia e gripe em idosos foram obtidos em um pronto socorro médico de um hospital escola de referência no Município de São Paulo, de acordo com a Classificação Internacional de Doenças (CID) 10ª Revisão (CID10 - J10 a J18). Os poluentes atmosféricos (CO,  $O_3$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $PM_{10}$ ) e os dados meteorológicos (temperatura mínima e umidade relativa do ar) foram obtidos na Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental e no Instituto Astronômico e Geofísico da USP, respectivamente. Utilizou-se o MAG de regressão de Poisson para verificar a relação entre a pneumonia, gripe e poluição do ar. Os resultados encontrados relataram que os poluentes  $O_3$  e  $SO_2$  estão diretamente associados à pneumonia e à gripe, independentemente das variáveis de controle (Número de dias transcorridos, dias da semana, temperatura mínima e umidade relativa do ar).

Porém, na análise conjunta, eles perdem sua significância estatística. Pôde-se observar que um aumento interquartil para os poluentes  $O_3(38,80\mu g/m^3)$  e  $SO_2(15,05\mu g/m^3)$  ocasionou um acréscimo de 8,07% e 14,51%, respectivamente no número de atendimento por pneumonia e gripe em idosos, resultando que a poluição atmosférica promove efeitos adversos para a saúde de idosos.

Bakonyi et al. (2004) verificaram uma associação entre a poluição atmosférica e as admissões de crianças em hospitais na cidade de Curitiba no período entre 1999-2000. Nesse estudo foram utilizados os níveis de concentração de  $PM_{10}$ ,  $NO_2$ , fumaça e  $O_3$  e dados meteorológicos como temperatura e umidade relativa do ar. Para verificar a relação existente entre doenças respiratórias e poluição atmosférica, utilizou-se o mag, tendo como variável resposta o número diário de atendimentos por doenças respiratórias de acordo com a Classificação Internacional de Doenças (CID-9: 460 a 519) e como variáveis explicativas, as concentrações médias diárias dos poluentes atmosféricos. A análise foi ajustada para sazonalidade de longa duração (número de dias transcorridos), sazonalidade de curta duração (dias da semana), temperatura mínima e umidade média. Pôde-se observar que a associação entre a poluição do ar e atendimentos por doenças respiratórias foi estatisticamente significativa para o  $PM_{10}$ ,  $NO_2$  e fumaça, tanto para as concentrações diárias quanto para as médias móveis de dois e três dias. Para o  $O_3$ , apenas a média móvel de três dias apresentou efeito estatisticamente significativo. De maneira geral, os riscos relativos foram maiores para as médias móveis de três dias, o que mostra um efeito cumulativo da exposição aos poluentes do ar. No caso do  $O_3$ , o efeito também foi crescente e cumulativo porém, apenas a estimativa para a média móvel de três dias apresentou significância estatística.

Nascimento et al. (2006) analisaram os efeitos da poluição atmosférica na saúde das crianças na cidade de São José dos Campos-SP nos anos de 2000 a 2001. A metodologia utilizada foi um estudo ecológico de séries temporais utilizando o MAG de regressão de Poisson. Foram utilizados dados diários sobre o número de internações por pneumonia (CID- 10:J12-J18), em crianças com até 10 anos de idade , dados diários de poluentes

( $SO_2$ ,  $O_3$ ,  $PM_{10}$ ) e de temperatura e umidade relativa do ar. Os resultados relatam que os três poluentes apresentaram efeitos defasados nas internações por pneumonia, iniciada três a quatro dias após a exposição e decaindo rapidamente. Na estimativa de efeito acumulado de oito dias, observou-se, ao longo desse período que, para aumentos de  $24,7 \mu g/m^3$  na concentração média de  $PM_{10}$ , houve um acréscimo de 9,8% nas internações, mostrando a elevada susceptibilidade das crianças aos efeitos adversos advindo da exposição aos contaminantes atmosféricos.

Estudos similares foram realizados na RGV para analisar os efeitos da poluição do ar em crianças.

Ronchi (2002) realizou um estudo no período de janeiro de 1993 a dezembro de 1997 para analisar o possível efeito da poluição atmosférica de Vitória-ES sobre a saúde infantil. Foi investigada a associação entre poluição atmosférica e o número de internações hospitalares por causas respiratórias de acordo com a Classificação Internacional de Doenças (CID-9) em dois principais hospitais pediátrico da cidade que, juntos, detinham mais de 90% das internações e admissões pediátricas em pronto-socorro do Estado. Utilizou-se o MAG com regressão de Poisson, internações hospitalares por causas respiratórias e admissões em pronto-socorro foram consideradas variáveis dependentes de medidas de  $SO_2$ , controladas por sazonalidade, temperatura, umidade relativa do ar e doenças não-respiratórias. Verificou-se, nesse estudo, uma associação significativa entre o indicador de poluição  $SO_2$  e o número de admissões hospitalares por doenças respiratórias em crianças, nos hospitais estudados, além de redução do índice de morbidade respiratória associada à poluição atmosférica, no período compreendido entre 1995 a 1997, em comparação com o detectado no período de 1993 a 1994, devido a uma redução da contribuição relativa das indústrias à poluição atmosférica de Vitória-ES em decorrência da implantação de equipamentos de controle de emissão de poluentes atmosféricos.

Almeida (2006) investigou por meio do MAG, a relação existente entre a concentração média diária de  $PM_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$  e  $O_3$  e o número de atendimentos diários por doenças respiratórias de acordo com o CID-10, em crianças entre 0 a 6 anos na RGV no período

de 1º de janeiro de 2001 a 31 de dezembro de 2004. A variável de desfecho dados de atendimentos foram obtidos no HINSG, as variáveis explicativas dados diários de concentração dos poluentes atmosféricos  $PM_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$  e  $O_3$  e os fatores de confusão dados meteorológicos, temperatura e umidade relativa do ar foram obtidos na RAMQAR, atualmente operada pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA). As médias dos 24 valores horários de  $PM_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$  e  $O_3$  foram consideradas como representativas da concentração diária dos poluentes. Os dados dos poluentes foram agrupados por área de influência das estações da RAMQAR. Por meio do modelo de regressão final, estimou-se o risco relativo e o aumento percentual no número de atendimentos por causas respiratórias e seus respectivos intervalos de confiança para um intervalo interquartil (a diferença entre o terceiro e primeiro quartil - IQR) nas concentrações dos poluentes. Foram encontrados, no modelo de regressão final, coeficientes das defasagens simples e acumuladas significativas dos poluentes e para essas defasagens foram calculados os riscos relativos, os aumentos percentuais para um aumento de  $10\mu g/m^3$  nos níveis dos poluentes e os números de atendimentos diários esperados no ano, foi considerado o nível de significância 5% em todas as análises. Os resultados evidenciaram que para o grupo estudado, os efeitos agudos da poluição atmosférica são significativos, o principal poluente associado com a morbidade em crianças de 0 a 6 anos, por causas respiratórias foi o  $PM_{10}$ , seguido de  $NO_2$ ,  $SO_2$ , e  $O_3$ . Nesse mesmo estudo, os seguintes poluentes  $PM_{10}$  e  $SO_2$  apresentaram efeitos protetores nas estações Enseada do Suá e Vila Velha - Ibes, uma análise mais cuidadosa tem que ser investigada nessas estações por causa desses resultados inesperados.

Barbosa (2008) analisou a associação entre as concentrações dos poluentes atmosféricos, material particulado ( $PM_{10}$ ), dióxidos de nitrogênio ( $NO_2$ ), ozônio ( $O_3$ ) e o número de atendimentos hospitalares por doenças respiratórias (Classificação Internacional de Doenças, 10ª Revisão CID-10) em crianças de 0 a 6 anos residente no Município de Serra-ES, no período de janeiro de 2001 a dezembro de 2004, utilizando o Modelo Aditivo Generalizado e a técnica de Bootstrap para a construção de intervalos de confiança para os parâmetros do modelo, com o intuito de minimizar os efeitos da concurvidade (Subesti-

mação dos erros padrões que afeta os intervalos de confiança assintóticos dos parâmetros do modelo). Foi considerado como desfecho (variável de interesse) os atendimentos por doenças aéreas respiratórias, de acordo com o CID-10, em crianças de 0 a 6 anos de idade, esses dados foram coletados no banco de dados do Hospital Infantil Nossa Senhora da Glória (HINSG), localizado no município de Vitória-ES, somente foram considerados os atendimentos em crianças residentes no município de Serra-ES, as variáveis explicativas foram as concentrações médias diárias dos poluentes  $NO_2$ ,  $O_3$  e  $PM_{10}$  e as variáveis meteorológicas consideradas como fatores de confusão como médias diárias da temperatura máxima, média e mínima e umidade relativa do ar obtidos junto ao Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), sendo a estação de Laranjeiras/Serra-ES a região de abrangência do estudo. Foram consideradas como variáveis indicadoras os dias da semana, feriados e dias transcorridos no estudo para controlar a sazonalidade de curta duração e foram utilizadas funções suavizadoras *loess* para controlar a sazonalidade de longa duração. O trabalho concluiu que os níveis de concentrações dos poluentes em ambientes urbanos afeta diretamente os atendimentos hospitalares em crianças menores de 6 anos por causas respiratórias e que intervalos de confiança com amplitude menores e com percentuais de coberturas próximos ao valor nominal de 95% de confiança, podem ser utilizados para medir o impacto das concentrações na população.

É sabido que o tema poluição atmosférica e problemas respiratórios, apesar de bastante discutido, ainda apresenta muito espaço e grande necessidade de desenvolvimento em nossa região, pois é fundamental para a qualidade de vida da população. Os trabalhos pesquisados mostraram a relevância de estudar o comportamento das séries dos poluentes atmosféricos, para que sejam comprovados os seus efeitos deletérios na saúde. Foram revisados diversos trabalhos nos contextos mundial, nacional e local que apresentaram métodos utilizando séries temporais para explicar a associação entre os principais poluentes atmosféricos e marcadores de morbidade e mortalidade por causas respiratórias, onde foi possível observar uma padronização em relação à metodologia aplicada, entretanto muitos resultados inesperados foram encontrados nos estudos locais, ou seja, na RGV como efeitos protetores e não significância estatística de alguns poluentes em relação à saúde

da população. Uma análise mais cuidadosa na região precisa ser verificada. Diante disso, esta dissertação tem o objetivo de analisar a relação entre poluição atmosférica e número de atendimentos hospitalares por causas respiratórias na RGV.

## 4.1 Área de Estudo

Este trabalho é um estudo ecológico espacial e temporal, realizado na Região da Grande Vitória-ES (RGV), constituída pelos municípios de Vitória, Vila Velha, Cariacica, Serra, Viana, Guarapari e Fundão, que estão localizados na região sudeste do estado do Espírito Santo. A RGV abrange uma área de 2.318.917 km<sup>2</sup> e é um dos principais pólos de desenvolvimento urbano e industrial do estado, com população de aproximadamente 1.7 milhões de habitantes (Populacional, 2010). O estudo foi orientado para essa região devido às atividades industriais potencialmente poluidoras do estado do Espírito Santo, que estão instaladas nessa região, tais como siderurgia, pelletização, mineração, cimenteiras e pelo grande tráfego de veículos, variáveis que influenciam no aumento dos atendimentos por patologias respiratórias. Na região, existem oito redes automáticas de monitoramento da qualidade do ar (RAMQAr) que possibilitam as medições dos poluentes a serem estudados.

Para análise espacial foram agrupadas oito regiões com uma distância de aproximadamente 2 Km das RAMQAr. Essas redes de monitoramento estão localizadas nos bairros

de Carapina e de Laranjeiras no município de Serra-ES, duas em Vila Velha-ES, nos bairros Centro e Ibes, três em Vitória-ES nos bairros Centro, Enseada do Suá e Jardim Camburi e uma estação no município de Cariacica, localizada no centro de abastecimento (Ceasa). Todas estações são gerenciadas pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA). A Figura 4.1 apresenta a localização de cada estação da RAMQAr e sua área de abrangência.

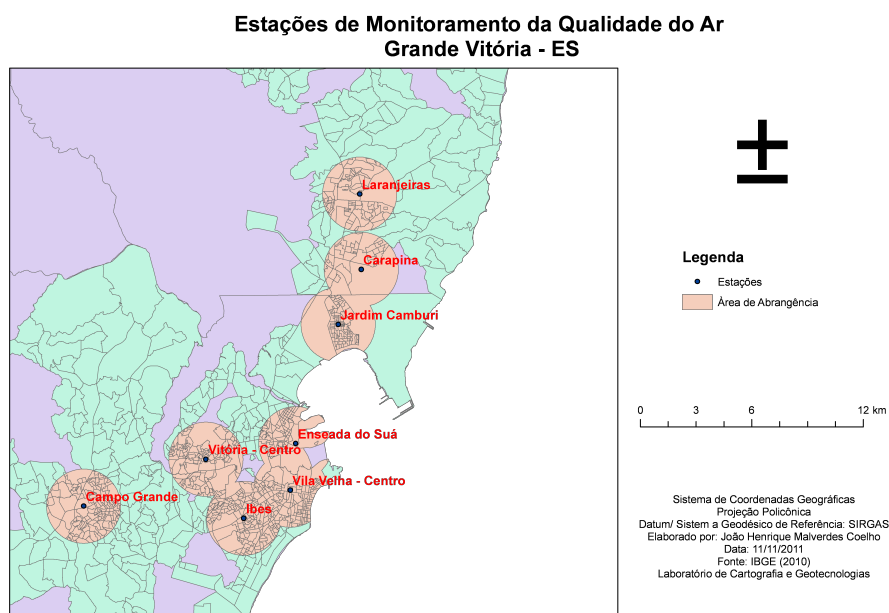


Figura 4.1: Área de abrangência

## 4.2 Período do Estudo

A análise dos dados de concentração de poluentes e número de atendimentos hospitalares por doenças respiratórias foram feitas para um período de 6 anos de janeiro de 2005 a dezembro de 2010 (2191 dias). Segundo Filleul et al. (2008), consideram 3 anos o período mínimo para observações das variações temporais dos fatores de confusão e dos efeitos estimados. Assim, para garantir estimativas não enviesadas da associação das flutuações temporais da variável de desfecho e as covariáveis este estudo utilizou um período longo de 6 anos.



## 4.3 Fonte de Dados

### 4.3.1 Desfecho

Os atendimentos por doenças respiratórias foram agrupados por faixa etária e local de residência, ou seja as crianças menores de 6 anos de idade atendidas com sintomas respiratórios nos setores de emergência de dois hospitais na RGV: o Hospital Infantil Nossa Senhora da Glória (HINSG)( rede pública) e o Hospital da Unimed (CIAS)( rede privada), durante o período de 1º de janeiro de 2005 a 31 de dezembro de 2010. As doenças respiratórias foram codificadas de acordo com a 10ª Revisão da Classificação Internacional de Doenças (CID-10: J00-J99). Essas crianças residiam nos bairros localizados a uma distância de aproximadamente 2 km das RAMQAr. Cada bairro foi localizado no mapa de áreas de influência de cada uma das estações da RAMQAr, conforme um estudo de dimensionamento da rede, realizado pela Universidade Federal do Espírito Santo (Santolim, 1991). A partir dessa informação, agrupou-se os atendimentos por área de influência.

### 4.3.2 Poluentes Ambientais

Os poluentes atmosféricos Material Particulado com volume aerodinâmico de até 10 micrômetros ( $PM_{10}$ ), Dióxido de Enxofre ( $SO_2$ ), Dióxido de Nitrogênio ( $NO_2$ ), Ozônio ( $O_3$ ) e Monóxido de Carbono (CO) para o período de janeiro de 2005 a dezembro de 2010 foram cedidos pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), que atualmente possui oito (8) estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar na Região da Grande Vitória-ES (RGV). Os monitores da RAMQAr medem em intervalos horários a concentração destes poluentes. Portanto, foi necessário, após a depuração do banco de dados recebido do IEMA, calcular as médias diárias dos poluentes  $PM_{10}$  e  $SO_2$ , a maior máxima horária de  $NO_2$  e máximo diário das médias móveis de oito horas de CO e  $O_3$ . Todos os poluentes em todas as estações foram medidos em micrograma por metro cúbico ( $\mu g/m^3$ ).

Falhas no monitoramento dos poluentes nas RAMQAr, durante o curso do estudo causaram lacunas nos registros das concentrações, tanto em dias isolados, como em vários dias consecutivos e foi necessário empregar um método de imputação. O procedimento de imputação dos dados seguiu metodologia descrita por Junger (2008), onde as estimativas obtidas são explicadas pela correlação espacial entre os níveis do mesmo poluente nos diferentes monitores e pela autocorrelação dos níveis desse poluente no mesmo monitor, ao longo do tempo. Esse método está implementado na biblioteca `mtsdi` (multivariate time-series data imputation), como um pacote no aplicativo estatístico R (R Development Core Team, 2011).

### 4.3.3 Variáveis Meteorológicas

As variáveis meteorológicas consideradas no estudo foram a temperatura expressa em graus Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ), umidade relativa do ar expressa em porcentagens (%) registradas pelos monitores de Carapina e Cariacica e precipitação pluviométrica expressa em milímetros (mm) registrada no monitor de Carapina, as únicas estações na região que medem essas variáveis. Esses dados meteorológicos foram cedidos pelo IEMA. Com essas informações, foi criado um banco de dados de meteorologia com as médias aritméticas das medidas de umidade e temperatura (máxima, média e mínima) registradas pelos monitores citados anteriormente e precipitação pluviométrica representada pelo volume diário na estação de Carapina. Foram incluídos também neste banco de dados, para cada dia, os valores de temperatura e umidade do dia corrente do atendimento médico (Lag0) do dia anterior (Lag1), de dois dias antes (Lag2) e médias móveis de dois dias (MA01) e três dias anteriores (MA02).

## 4.4 Modelo

Diariamente, uma grande parcela da população é atendida ou internada por doenças respiratórias e esse número representa uma *contagem*. Variável discreta com distribuição de Poisson é usualmente utilizada para descrever estocasticamente esse tipo de fenômeno. Nesse contexto, o modelo aditivo generalizado (MAG), com distribuição marginal de Poisson, é a ferramenta estatística para estimar a forma da curva da relação entre desfecho de saúde e poluição do ar. Essa metodologia de modelagem foi empregada também em outros trabalhos, ver por exemplo (Braga et al., 2001b; Lin et al., 1999; Farhat et al., 2005; Daumas et al., 2004; Bakonyi et al., 2004; Peel et al., 2005; Galan et al., 2003; Ostro et al., 1999b).

Seja  $\{Y_t\}$ ,  $t = 1, \dots, N$ , uma série de tempo de contagem formada por números inteiros não negativos e considerada neste trabalho como a variável resposta. A densidade condicional de  $\{Y_t\}$  dado o passado  $\mathfrak{S}_{t-1}$ , denotada por  $\{Y_t/\mathfrak{S}_{t-1}\}$ , possui uma distribuição de Poisson, com média  $\mu_t$ , se satisfazer

$$f(y_t; \mu_t/\mathfrak{S}_{t-1}) = \frac{e^{-\mu_t} \mu_t^{y_t}}{y_t!}, \quad t = 1, \dots, N. \quad (4.1)$$

Para o modelo de Poisson descrito na Equação 4.1 tem-se:

$$E[Y_t/\mathfrak{S}_{t-1}] = Var[Y_t/\mathfrak{S}_{t-1}] = \mu_t, \quad t = 1, \dots, N \quad (4.2)$$

onde,  $E[Y_t/\mathfrak{S}_{t-1}]$  e  $Var[Y_t/\mathfrak{S}_{t-1}]$  representam o valor esperado e a variância condicional de  $\{Y_t\}$ , respectivamente (Zeger, 1988).

O Modelo Aditivo Generalizado (MAG) é uma abordagem mais flexível do que os modelos lineares generalizados (McCullagh e Nelder, 1989), pois permite ajustes não-paramétricos para efeitos não-lineares (Hastie e Tibshirani, 1990).

Seja

$$X = [x_1 \dots x_p]' \quad (4.3)$$

o vetor de dimensão  $p$  de covariáveis que podem incluir os valores passados de  $Y_t$  e outras informações auxiliares tais como, os poluentes, as variáveis de confusão (tendência, sazonalidade, variáveis meteorológicas entre outras)(Kedem e Fokianos, 2002). Seja

$$Y_t^J / \mu_t^J \sim Poisson(\mu_t^J) \quad (4.4)$$

onde  $t = 1, \dots, N$ ,  $J$  corresponde ao ponto no espaço  $L$  ("in loco") ou  $R$  de regional.  $L$  assume valores  $L = 1, \dots, 8$  e  $R = 1$  (região geral). Nesta pesquisa,  $L$  corresponde às 8 regiões da RGV, ou seja, os bairros a uma distância de 2 Km das RAMQAr e  $R$  representa a região da Grande Vitória-ES, ou seja, estudo com a média de exposição dos poluentes entre as estações.

A superfície (curva) da relação entre  $Y_t$  e o vetor  $X$  é obtida por meio da transformação logarítmica de  $\mu_t^J$ , que pode ser escrita na forma:

$$\log(\mu_t^J) = \sum_{j=0}^p \beta_j^J X_j^J + \sum_{j=q+1}^p f(x_j^J) \quad \text{com } q \leq p \quad (4.5)$$

onde  $\beta^J = (\beta_0^J, \dots, \beta_p^J)'$  é o vetor dos coeficientes a serem estimados (variáveis de poluição e/ou indicadoras) e  $f(x_j^J)$  são funções suavizadoras para as variáveis de confusão (temperatura e umidade).  $\beta_0^J$  corresponde ao intercepto associado ao vetor de valores unitários. O Modelo 4.5 é usualmente referido como semi-paramétrico, pois envolve adição de relação paramétrica e não paramétrica, onde  $\beta^J$  é o vetor dos coeficientes do modelo da parte paramétrica para as variáveis de poluição ( $PM_{10}$ ,  $SO_2$ , etc.) e as indicadoras (chuvas, dias da semana e feriados). Para estimação e inferência dos parâmetros do modelo utiliza-se, em geral, métodos de estimação por máxima ou quase-verossimilhança e suas propriedades assintóticas (Kedem e Fokianos, 2002).

As funções não paramétricas são estimadas por meio de funções suavizadoras, como por

exemplo "splines", "loess", médias móveis entre outras (Friedman, 1991). Todo o processo de modelagem foi realizado no aplicativo R 2.14.1 com o pacote ARES (Junger e de Leon, 2011).

## 4.5 Risco Relativo

Como descrito a seguir, o risco relativo (RR) é uma razão da probabilidade do evento ocorrer no grupo exposto em relação ao grupo não exposto (controle). Em estudos epidemiológicos, como saúde e poluição do ar, o risco relativo é a taxa de desenvolvimento de problemas respiratórios em relação à exposição ao poluente.

Em análise discreta, o risco relativo de eventos A e B é definido (Bishop e Fienberg, 2007) como

$$RR(A, B) = \frac{P(A/B)}{P(A/B^c)} \quad (4.6)$$

onde  $P[.]$  corresponde a probabilidade definida em um espaço de probabilidade e  $B^c$  é o complementar de  $B$ . Por analogia, a função risco relativo de uma variável  $Y$  em um nível  $x$  da variável independente  $X$ , denotado por  $RR(x)$ , é definida (Baxter et al., 1997) como:

$$RR(x) = \frac{E(Y/X = x)}{E(Y/X = 0)} \quad (4.7)$$

Note que  $RR(x)$  é a razão entre o valor esperado de  $Y$  em um nível  $x$  da variável independente  $X$  e o valor esperado de  $Y$  para  $X = 0$  (grupo controle). No caso do modelo MAG, com distribuição marginal de Poisson,  $RR(x)$  é estimado da forma,

$$\hat{RR}(x = k) = e^{\binom{k}{\hat{\beta}}} \quad (4.8)$$

onde  $k$  é a variação da concentração do poluente que pode, por exemplo, assumir o valor

de  $10\mu g/m^3$ , da variação interquartílica, entre outros.  $\hat{\beta}$  é o coeficiente estimado associado ao poluente em estudo. O  $\hat{RR}(x)$  é calculado para cada valor específico de  $J$  (local ou regional).

Neste estudo, os cálculos dos valores dos  $RR(x)$  correspondem ao aumento de  $k = 1000$  ( $\mu g/m^3$ ) nos níveis de CO e de  $k = 10$  ( $\mu g/m^3$ ) para os demais poluentes. Os resultados são apresentados em aumentos percentuais nos números de atendimentos médicos e são calculados através da expressão:

$$\% \hat{RR}(x) = (\hat{RR}(x) - 1) \times 100 \quad (4.9)$$

Neste trabalho foi adotado o nível de significância  $\alpha = 5\%$  para testar a hipótese nula  $H_0 : \%RR(x) = 0$ , o que é equivalente à  $H_0 : RR(x) = 1$ .

Os intervalos de confiança (IC) para o risco relativo foram calculados em base na teoria assintótica do MAG (Wood, 2006). Para um nível  $\alpha$  e  $N$  grande, o IC para  $\%RR(x)$  é dado por:

$$e^{\hat{\beta}k} \pm z_{\alpha/2} s_p k \quad (4.10)$$

onde  $\hat{\beta}$  é o coeficiente estimado de  $\beta$ ,  $s_p$  é o desvio padrão de  $\hat{\beta}$ ,  $k$  é a variação da concentração do poluente e  $z_{\alpha/2}$  é o quantil  $\alpha/2$  da distribuição normal padrão. O IC é também calculado para cada específico valor de  $J$  (local ou regional).

## 4.6 Análise Estatística

A estratégia de modelagem consistiu em definir um modelo central que contenha toda a informação conhecida (tendência, sazonalidade, dias da semana, feriados e as condições

meteorológicas), para explicar a variabilidade dos atendimentos respiratórios, exceto a concentração dos poluentes. Uma vez definido o modelo central, a variável de exposição é adicionada no modelo central assumindo-se que a associação com a variável resposta é linear, e assim estimar seus efeitos sobre os atendimentos. A escolha de cada variável para compor o modelo central requer uma análise específica que depende de sua significância no modelo. Essas escolhas foram baseadas em testes e diagnósticos em cada etapa do processo de modelagem, a escolha das covariáveis e a forma como elas se relacionam com os atendimentos foi determinada por uma série de diagnósticos. Os diagnósticos foram usados para avaliar se os pressupostos do modelo estavam sendo preservados a fim de garantir a validade e a precisão das estimativas obtidas. Os diagnósticos de seleção dos modelos neste estudo foram baseados na análise residual e do Critério de Informação de Akaike (AIC)(Hastie e Tibshirani, 1990).

Os ajustes das componentes estruturais de longo prazo da série de atendimento foram feitos por meio da função suavizadora "spline" sobre a covariável tempo, que representou o número de dias transcorridos desde o início das observações até o final. Essa abordagem permitiu que os dois componentes estruturais sazonalidade e tendência fossem controlados simultaneamente (Schwartz, 1996). O grande problema desse método é saber o quanto suave deve ser a curva para um controle adequado da tendência e da sazonalidade. Apesar de existir métodos automáticos para seleção do grau de suavização da curva como, por exemplo, a validação cruzada e a validação cruzada generalizada (Wahba, 2000), normalmente não produzem resultados satisfatórios na prática. Então, o processo de seleção foi empírico, com base nos diagnósticos do modelo central, na análise residual e em estatísticas de parcimônia (Critério de Informação de Akaike - AIC). Em geral, com graus de liberdade suficientes as curvas suaves são capazes de controlar também as variações cíclicas intermediárias.

Os dias de semana e feriados foram ajustados por meio de variáveis indicadoras e as condições meteorológicas, temperatura e umidade relativa do ar, através de funções splines. A quantidade de chuva em um dado dia pode distorcer a associação entre poluição do ar e

atendimentos por sintomas respiratórios em crianças. Chuvas também tendem a diminuir a concentração de contaminantes em suspensão na atmosfera, sendo assim foi incluído no modelo um indicador de precipitação pluviométrica.

As manifestações biológicas dos efeitos da poluição sobre a saúde, aparentemente, apresentam um comportamento que mostra uma defasagem em relação à exposição do indivíduo aos agentes poluidores, ou seja, eventos que ocorrem num determinado dia podem estar associados, aos níveis de poluição daquele dia e/ou de dias anteriores (Braga et al., 2000; Gouveia e Fletcher, 2000a). Neste estudo, investigou-se os efeitos respiratórios associados aos níveis de poluição no dia da consulta (Lag0) e nos três dias anteriores (Lag1, Lag2, Lag3). O efeito acumulado foi avaliado com as médias móveis dos níveis dos poluentes de dois a oito dias (MA01, MA02, MA03, MA04, MA05, MA06, MA07) (Katsouyanni et al., 1996).



## CAPÍTULO 5

## RESULTADOS

Esse capítulo apresenta os resultados obtidos na presente pesquisa. A avaliação dos resultados foi baseado no modelo aditivo generalizado considerando a influência dos principais poluentes nos atendimentos por doenças respiratórias em crianças de 0 a 6 anos de idade residentes nas áreas de abrangências das estações de monitoramento da qualidade do ar, e está dividida em duas seções: a primeira apresenta a estatística descritiva das principais variáveis em estudo e seus comportamentos ao longo do tempo, na segunda parte o ajuste do modelo MAG.

### 5.1 Análise Descritiva

A seguir são apresentados tabelas e gráficos construídos com o objetivo de resumir os dados meteorológicos, poluentes atmosféricos e atendimentos por doenças respiratórias, em crianças de 0 a 6 anos de idade, utilizados nesta pesquisa.

Nessas mesmas tabelas, as médias dos poluentes nas RAMQAR são baseados em dados "in loco" e são, em geral, bem próximas e diferenciadas de forma significativa da média

geral (RGV). Essa evidência empírica mostra que as médias locais  $E(\mu_t^L)$ , ( $L = 1, \dots, 8$ ), são diferentes da média regional  $E(\mu_t^R)$ .

Esse é um resultado esperado, pois o processo não é estacionário nos momentos, isto é,  $E(\mu_t^L) \neq E(\mu_t^R)$ , para  $L = 1, \dots, 8$ . Esse resultado justifica o estudo proposto no sentido de comparar o desfecho de saúde com relação aos poluentes nas áreas espacialmente discriminadas (áreas em torno das RAMQAr) com a região geral (RGV).

### 5.1.1 Atendimentos Hospitalares

A Figura 5.1 apresenta o "plot" das contagens diárias de atendimentos, em cada RAMQAr e na Grande Vitória-ES, suavizada por uma "splines" com 12 graus de liberdade, definidos por meio de critérios de modelagem, por exemplo AIC e análise residual (Dominici et al., 2002). O ajuste não paramétrico evidência uma tendência decrescente ao longo do tempo, tanto nas localidades, como também, na Grande Vitória-ES. A tendência decrescente pode ser talvez explicada por controle da poluição do ar nos últimos anos. Nessa figura, também é evidenciado um padrão de sazonalidade com picos nos períodos referentes a extremos de temperatura. Esse aumento esperado deve a dois fatores principais, as baixas temperaturas e os aumentos nas concentrações dos poluentes primários.

A Tabela 5.1 mostra a média, desvio padrão, e percentis para os números diários de atendimentos por doenças respiratórias nas áreas de abrangência de cada RAMQAr e na Grande Vitória-ES. O total da amostra de atendimentos foi  $N=46421$ , observados no período de janeiro de 2005 a dezembro de 2010. Percebe-se através dessa tabela que a região da Enseada do Suá, o número de atendimentos é maior do que nas outras regiões, este fato pode ser explicado, devido aos hospitais, HINSG e CIAS, que foram a base de dados deste estudo, ficarem próximo dessa região.

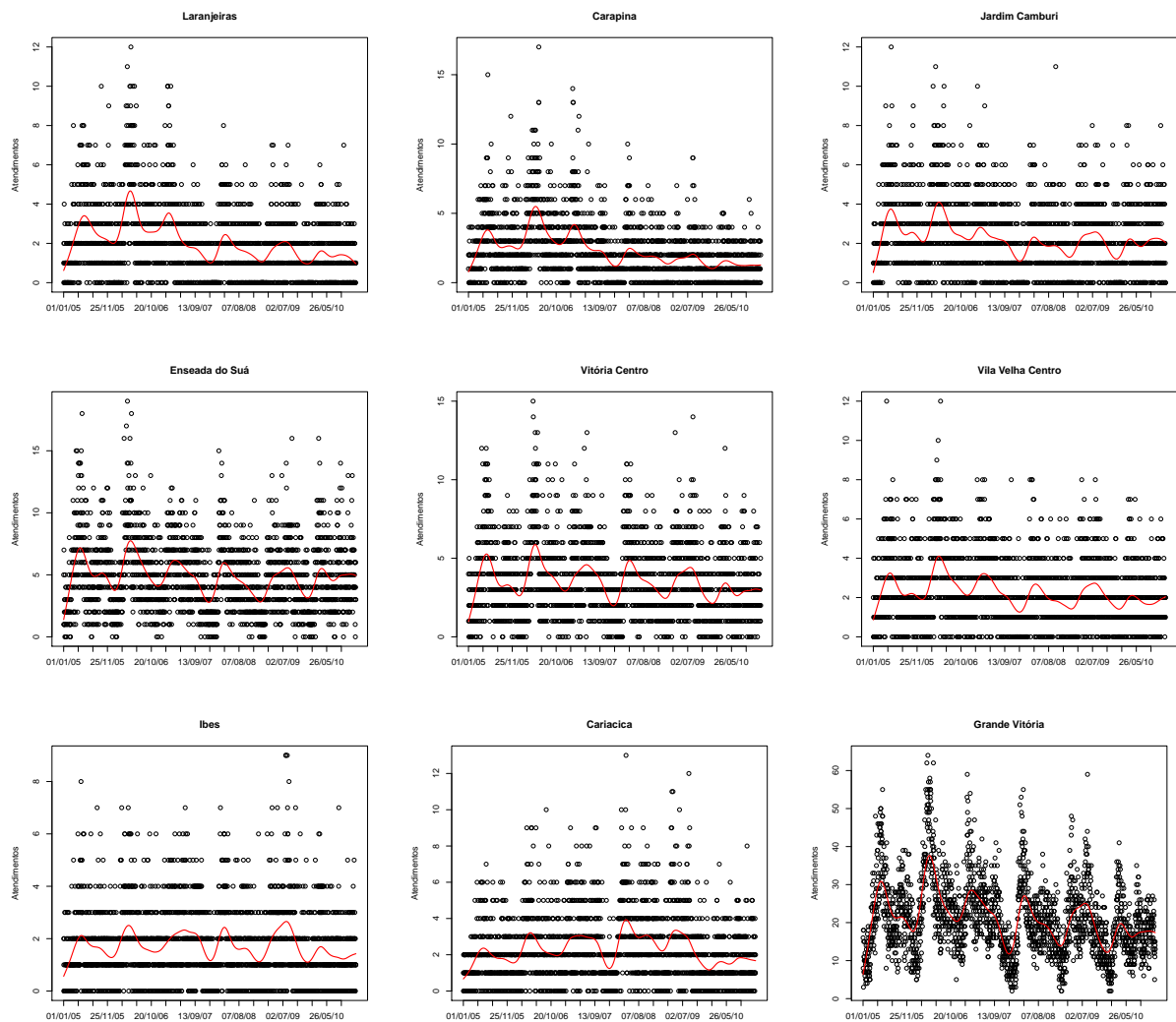


Figura 5.1: Contagens diárias de atendimentos por doenças respiratório em crianças menores de 6 anos nas áreas de abrangência de cada RAMQAR e para a Grande Vitória-ES entre 2005 a 2010, suavizada por uma spline com 12 graus de liberdade.

Tabela 5.1: Estatísticas descritivas dos dados de contagens diários de atendimentos por doenças do aparelho respiratório em crianças menores de 6 anos, jan/2005 a dez/2010

RAMQAr	média	desvio padrão	min	max	p25	p50	p75
Laranjeiras	2.05	1.83	0.00	12.00	1.00	2.00	3.00
Carapina	2.31	2.10	0.00	17.00	1.00	2.00	3.00
Jardim Camburi	2.24	1.82	0.00	12.00	1.00	2.00	3.00
Enseada do Sua	4.84	2.86	0.00	19.00	3.00	4.00	6.00
Vitória Centro	3.50	2.39	0.00	15.00	2.00	3.00	5.00
Vila Velha Ibes	1.72	1.48	0.00	9.00	1.00	1.00	3.00
Vila Velha Centro	2.25	1.76	0.00	12.00	1.00	2.00	3.00
Cariacica	2.28	1.91	0.00	13.00	1.00	2.00	3.00
Grande Vitória	21.19	9.90	2.00	64.00	14.00	20.00	26.00

### 5.1.2 Material Particulado $PM_{10}$

A Tabela 5.2 apresenta as médias diárias do  $PM_{10}$ . Observa-se que as estações têm médias bem próximas, exceto a estação de Cariacica, que apresenta maior média. Isso pode ser justificado pelo fato da RAMQAr se encontrar no Centro de Abastecimento do Espírito Santo (CEASA/ES), que além de possuir um tráfego interno excessivo de veículos de grande porte, esse local está próximo de duas vias de intenso tráfego de veículos pesados (BR-262 e BR-101). Essa proximidade dessas fontes emissoras pode produzir medidas de exposição distorcidas por ocorrência muito pontuais, como por exemplo a permanência de um veículo ligado próximo ao monitor.

Tabela 5.2: Estatísticas descritivas das medidas diárias de concentrações de Material Particulado  $PM_{10}$ , medidas em cada uma das estações de monitoramento, jan/2005 a dez/2010

RAMQAr	média	desvio padrão	min	max	p25	p50	p75
Laranjeiras	32.90	11.39	7.45	106.88	25.21	31.60	38.86
Carapina	23.02	7.96	5.75	88.25	18.08	21.67	26.50
Jardim Camburi	26.95	8.06	5.46	78.08	21.50	25.92	31.63
Enseada do Sua	29.39	9.18	7.46	83.58	23.21	28.13	34.46
Vitória Centro	26.09	7.23	6.08	70.42	21.51	25.08	30.08
Vila Velha Ibes	29.24	9.67	5.00	88.13	23.19	28.13	34.46
Vila Velha Centro	23.49	8.22	5.04	90.75	18.04	22.33	27.48
Cariacica	43.06	15.94	8.83	117.88	32.52	41.13	51.46
Grande Vitória	29.27	7.73	7.86	75.90	24.42	28.66	33.59

A Figura 5.2 apresenta as séries de concentração média diária para o material particulado para cada uma das estações de monitoramento e para a Grande Vitória. Observa-se que o  $PM_{10}$  atendeu ao padrão primário de qualidade do ar (linha azul) em todos os dias do período em estudo, mas em relação às diretrizes da OMS (linha vermelha), o poluente ultrapassou várias vezes essas diretrizes.

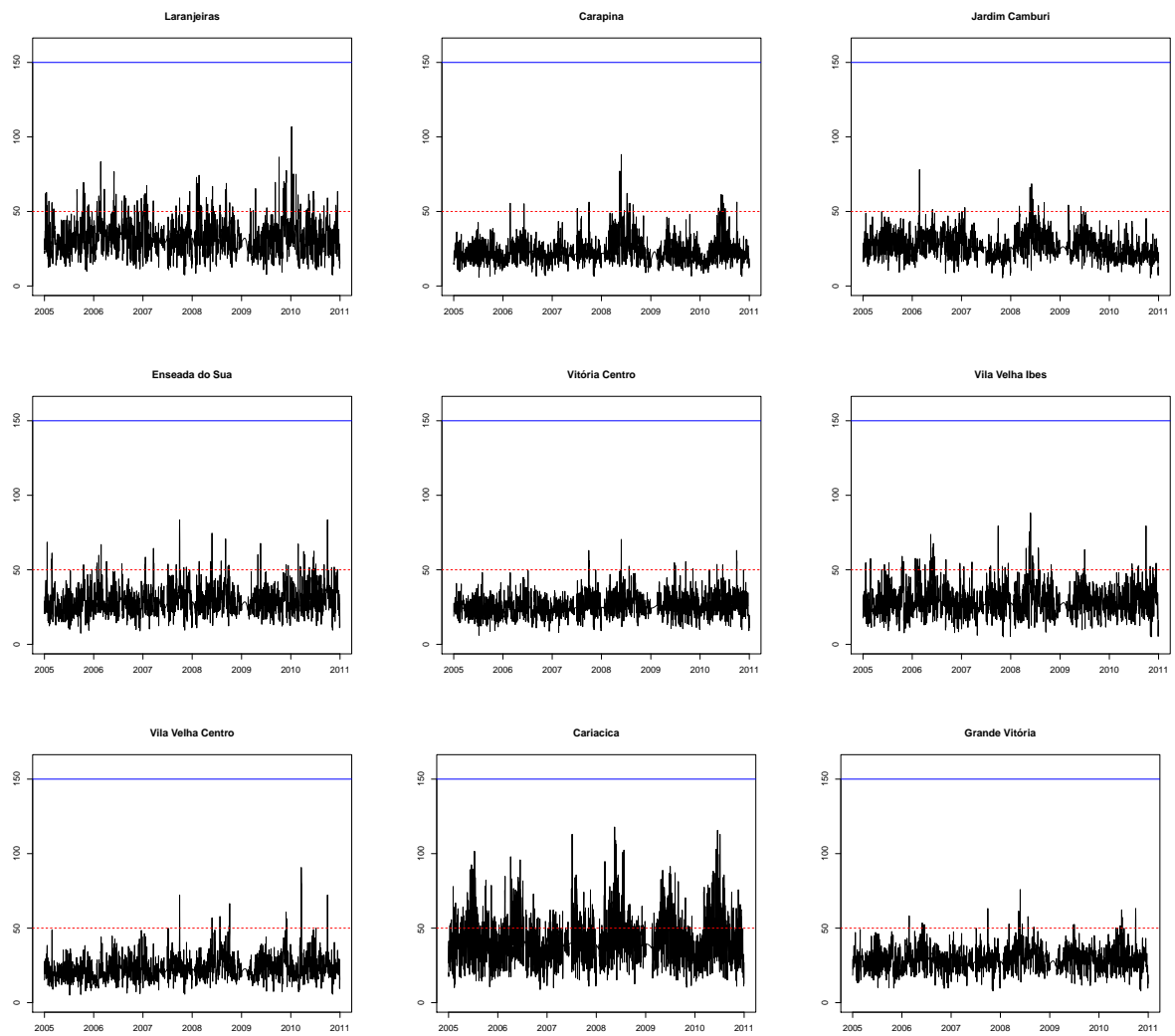


Figura 5.2: Médias diárias de concentrações de Material Particulado  $PM_{10}$  e padrão CONAMA (linha azul) e diretrizes OMS (linha vermelha), para cada estação de monitoramento, jan/2005 a dez/2010

### 5.1.3 Dióxido de Enxofre $SO_2$

Na análise do  $SO_2$  (Tabela 5.3), as estações apresentaram uma média bem próxima, com exceção da estação de Cariacica que apresentou a menor média diária igual a 5.50 ( $\mu g/m^3$ ).

Tabela 5.3: Estatísticas descritivas das medidas diárias de concentrações de Dióxido de Enxofre  $SO_2$ , medidas em cada uma das estações de monitoramento, jan/2005 a dez/2010

RAMQAr	média	desvio padrão	min	max	p25	p50	p75
Laranjeiras	12.61	5.79	2.07	52.61	8.59	11.61	15.93
Jardim Camburi	14.15	7.49	0.96	54.70	9.73	12.35	16.12
Enseada do Sua	16.32	7.91	1.92	49.81	10.49	15.02	21.99
Vitoria Centro	15.77	6.32	2.62	44.63	10.85	15.29	19.85
Vila Velha Ibes	10.73	6.20	0.25	41.38	5.97	9.79	14.15
Vila Velha Centro	11.99	5.80	0.50	54.16	8.61	11.21	13.98
Cariacica	5.50	2.62	0.00	19.82	3.42	5.32	6.98
Grande Vitória	12.44	3.11	4.89	26.48	10.07	12.16	14.57

As séries abaixo apresentam um comportamento sazonal e verifica-se que as médias diárias de concentração e os desvios-padrão das médias das estações são semelhantes (ver Tabela 5.3 e Figura 5.3), devido a essas características as séries têm um comportamento bastante homogêneo. Observa-se também que o poluente  $SO_2$  não ultrapassou o padrão primário e secundário de qualidade do ar estabelecido pela legislação (Resolução CONAMA 03/90), mas quando foi comparado com as diretrizes da OMS foi ultrapassado várias vezes.

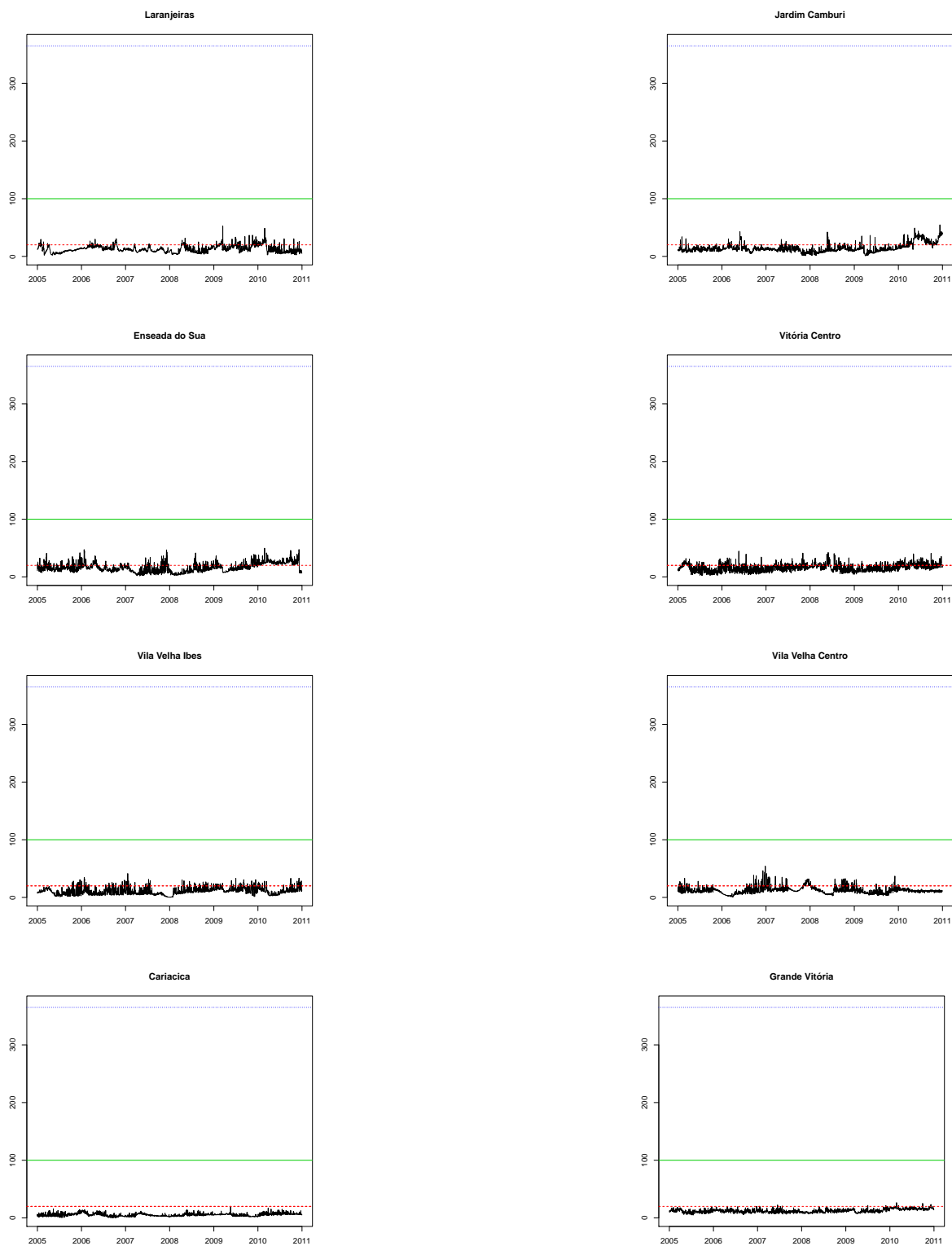


Figura 5.3: Médias diárias de concentrações de Dióxido de Enxofre  $SO_2$  diretrizes OMS (linha vermelha), padrão secundário CONAMA (linha verde) e padrão primário CONAMA (linha azul) para cada estação de monitoramento, jan/2005 a dez/2010



### 5.1.4 Dióxido de Nitrogênio $NO_2$

No que tange ao poluente  $NO_2$  (Tabela 5.4), observa-se que as estações de Vitória Centro e de Cariacica apresentaram maiores variabilidades em relação às demais estações.

Tabela 5.4: Estatísticas descritivas das máximas diárias de concentrações de Dióxido de Nitrogênio  $NO_2$ , medidas em cada uma das estações de monitoramento, jan/2005 a dez/2010

RAMQAr	média	desvio padrão	min	max	p25	p50	p75
Laranjeiras	41.23	14.85	10.00	115.27	31.19	38.82	47.70
Jardim Camburi	42.07	12.76	1.17	127.04	32.50	40.94	49.98
Enseada do Sua	44.10	14.29	9.04	198.80	35.51	42.90	51.40
Vitoria Centro	55.78	15.27	13.10	168.35	46.38	54.71	63.83
Vila Velha Ibes	38.39	11.15	9.60	100.50	31.00	37.70	45.99
Cariacica	50.65	19.35	8.65	220.25	36.80	49.20	62.36
Grande Vitória	45.37	11.05	19.06	114.93	37.31	44.47	52.26

A Figura 5.4 apresenta as séries de concentração máximas diárias de concentrações de Dióxido de Nitrogênio  $NO_2$  para cada uma das estações de monitoramento. Observa-se que o poluente  $NO_2$  está longe de ultrapassar o padrão primário de qualidade do ar estabelecido pela legislação (Resolução CONAMA 03/90), apesar da estação de Cariacica e Enseada do Suá terem ultrapassado o padrão secundário de qualidade do ar.

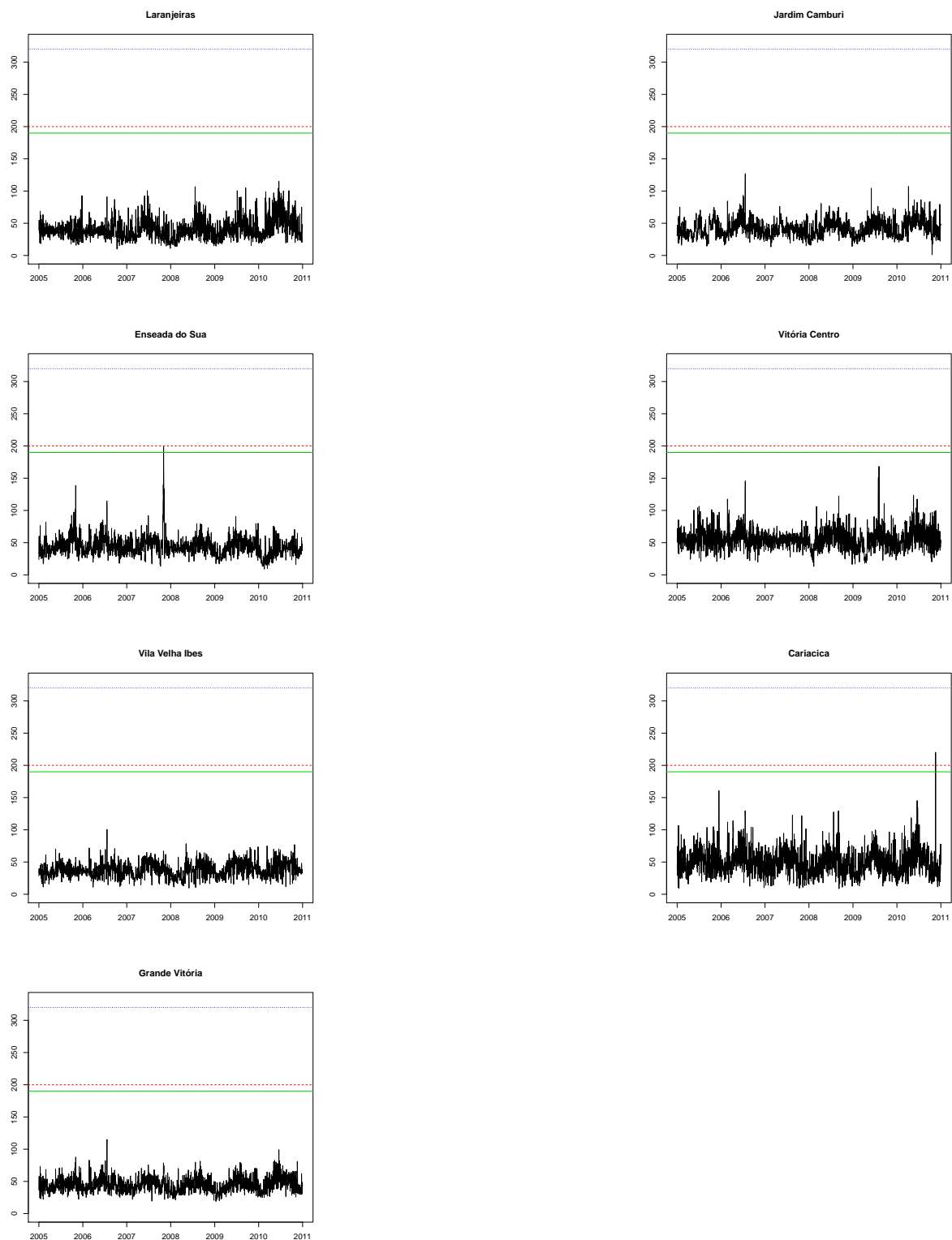


Figura 5.4: Máximas diárias de concentrações de Dióxido de Nitrogênio  $NO_2$  diretrizes OMS (linha vermelha), padrão secundário CONAMA (linha verde) e padrão primário CONAMA (linha azul) para cada estação de monitoramento, jan/2005 a dez/2010

### 5.1.5 Monóxido de Carbono CO

A Tabela 5.5 apresenta a análise descritiva de CO onde observa-se que a estação de Vitória Centro apresenta maior concentração das médias móveis de 8 horas do poluente em relação às demais estações, com média igual à 1730.91 ( $\mu g/m^3$ ) e desvio padrão de 715.34 ( $\mu g/m^3$ ).

Tabela 5.5: Estatísticas descritivas das médias móveis 8 horas de concentrações de Monóxido de Carbono CO, medidas em cada uma das estações de monitoramento, jan/2005 a dez/2010

RAMQAr	média	desvio padrão	min	max	p25	p50	p75
Laranjeiras	647.58	175.55	212.01	1750.02	529.60	619.98	724.33
Enseada do Sua	783.30	276.71	80.22	2250.68	580.37	740.89	944.23
Vitória Centro	1730.91	715.34	451.73	4814.23	1201.61	1611.22	2152.23
Vila Velha Ibes	657.24	267.07	155.40	2551.97	475.72	608.19	773.41
Cariacica	609.79	266.86	87.28	3700.05	412.67	577.28	769.46
Grande Vitória	885.76	231.24	295.17	2141.53	724.83	866.60	1031.10

A Figura 5.5 apresenta as séries médias móveis 8 horas de concentrações de Monóxido de Carbono CO, medidas em cada uma das estações de monitoramento, jan/2005 a dez/2010. Observa-se que o poluente CO está longe de ultrapassar o padrão primário de qualidade do ar estabelecido pela legislação (Resolução CONAMA 03/90).

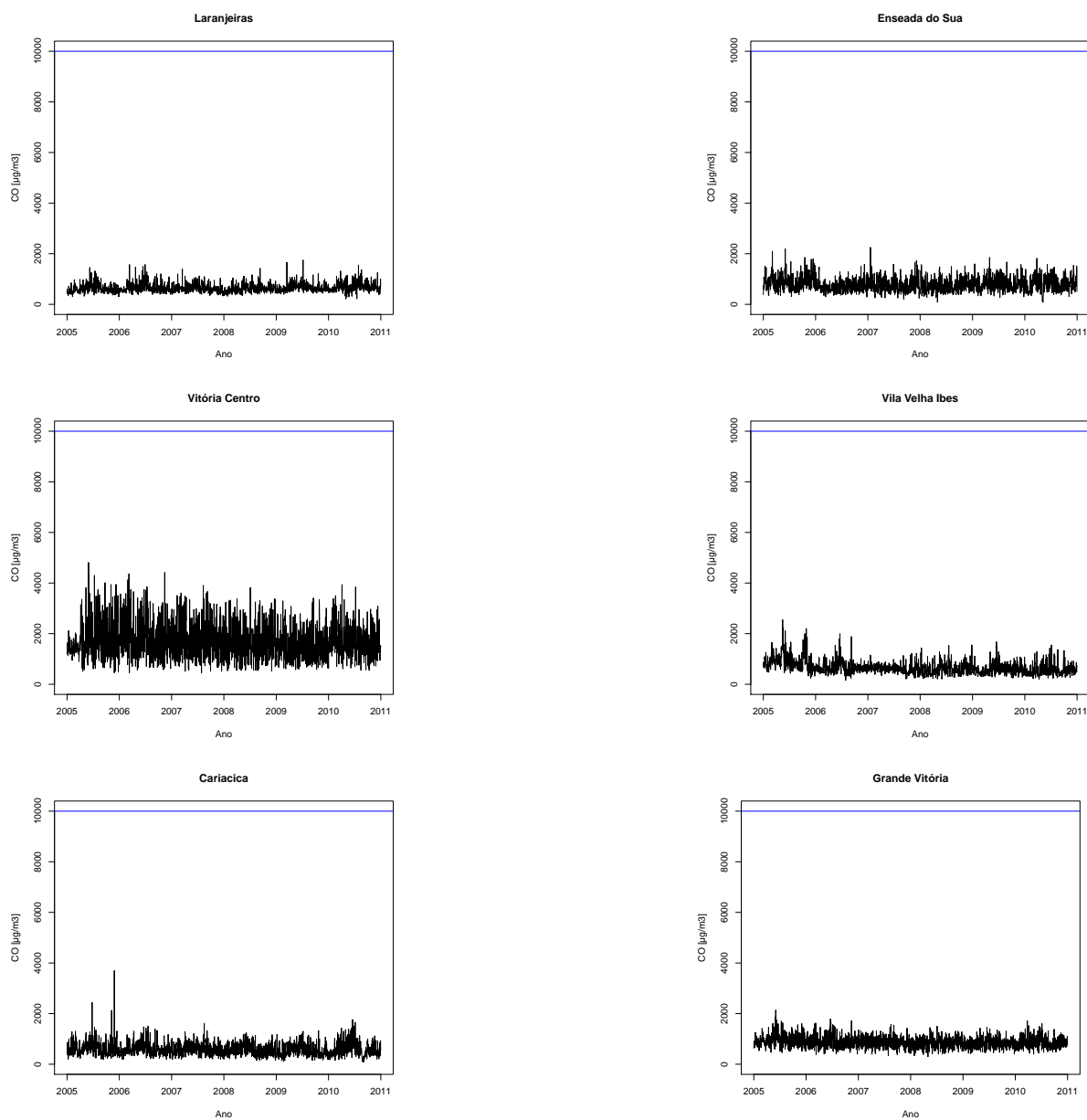


Figura 5.5: Médias móveis de 8 Horas de concentrações de Monóxido de Carbono CO padrão, padrão primário e secundário CONAMA (linha azul) para cada estação de monitoramento, jan/2005 a dez/2010

### 5.1.6 Ozônio $O_3$

Na Figura 5.6 apresenta as séries médias móveis de 8 horas de concentrações de  $O_3$ , nas 4 estações que medem esse poluente, e a média aritmética dessas redes que representa toda região (Grande Vitória-ES). Observa-se nessa figura, que a média entre as RAMQAr (região geral), os níveis de  $O_3$ , permaneceram dentro do padrão exigido, entretanto, quando comparado com cada estação ("in loco"), apenas a estação da Enseada do Suá não ultrapassou as diretrizes da OMS ( $100\mu g/m^3$  média móvel de 8 horas - linha vermelha).

Conforme os dados da Tabela 5.6, para análise descritiva de  $O_3$ , observa-se que a estação de Vila Velha Ibes apresenta maior variabilidade das médias móveis de 8 horas de concentrações, em relação às demais estações, com média igual a  $54.48 (\mu g/m^3)$  e desvio padrão de  $16.38 (\mu g/m^3)$ .

Tabela 5.6: Estatísticas descritivas das médias móveis 8 horas de concentrações de Ozônio, medidas em cada uma das estações de monitoramento, jan/2005 a dez/2010

RAMQAr	média	desvio padrão	min	max	p25	p50	p75
Laranjeiras	43.34	12.98	14.34	106.38	34.60	40.55	50.01
Enseada do Sua	38.66	10.99	9.40	94.62	31.45	36.72	44.79
Vila velha Ibes	54.48	16.38	17.89	140.11	42.34	52.37	64.51
Cariacica	37.79	12.59	8.54	105.69	28.31	37.30	46.02
Grande Vitória	43.57	10.83	16.93	93.63	35.54	42.21	49.91

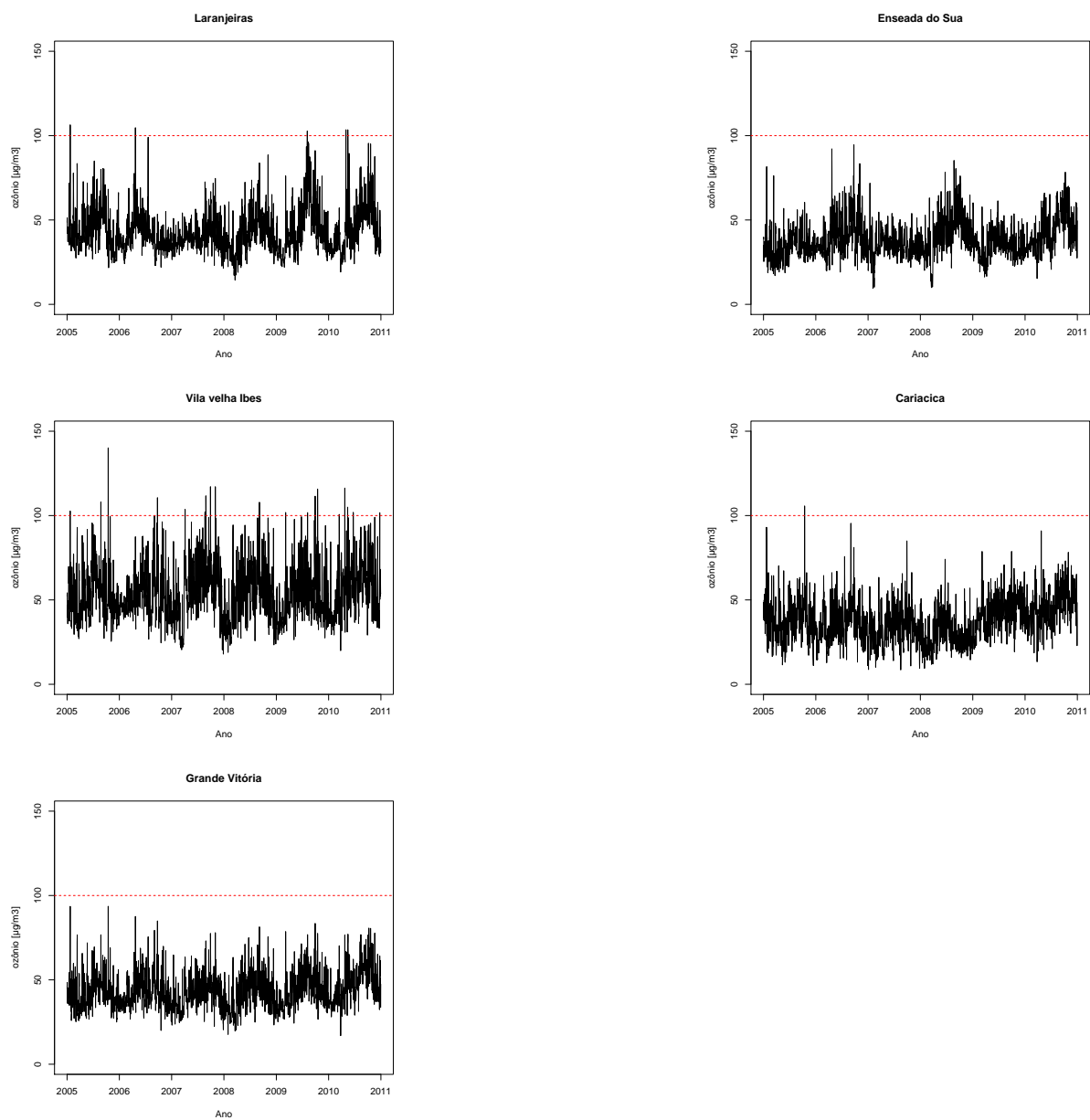


Figura 5.6: Médias móveis de 8 Horas de concentrações de Ozônio, diretrizes OMS (linha vermelha) para cada estação de monitoramento, jan/2005 a dez/2010

### 5.1.7 Variáveis Meteorológicas

A Figura 5.7 apresenta as séries das médias diárias das variáveis meteorológicas medidas nas estações de monitoramento de Carapina e Cariacica entre jan/2005 e dez/2010. Nota-se que as temperaturas apresentam um comportamento aparentemente estacionário com componente sazonal, no entanto, a temperatura média máxima apresentou maior variabilidade em relação às demais (ver Tabela 5.7).

Tabela 5.7: Médias das variáveis meteorológicas na RGV, jan/2005 a dez/2010.

Variáveis	média	desvio padrão	min	max	p25	p50	p75
Temperatura mínima(°C)	20.85	2.47	13.10	25.98	19.05	21.15	22.80
Temperatura média(°C)	24.43	2.45	17.00	30.80	22.63	24.41	26.36
Temperatura máxima(°C)	29.36	3.28	19.40	39.70	27.20	29.43	31.60
Umidade relativa(%)	77.47	6.21	61.79	97.27	73.11	77.10	81.44
Chuva(mm)	3.78	11.31	0.00	117.80	0.00	0.00	1.80

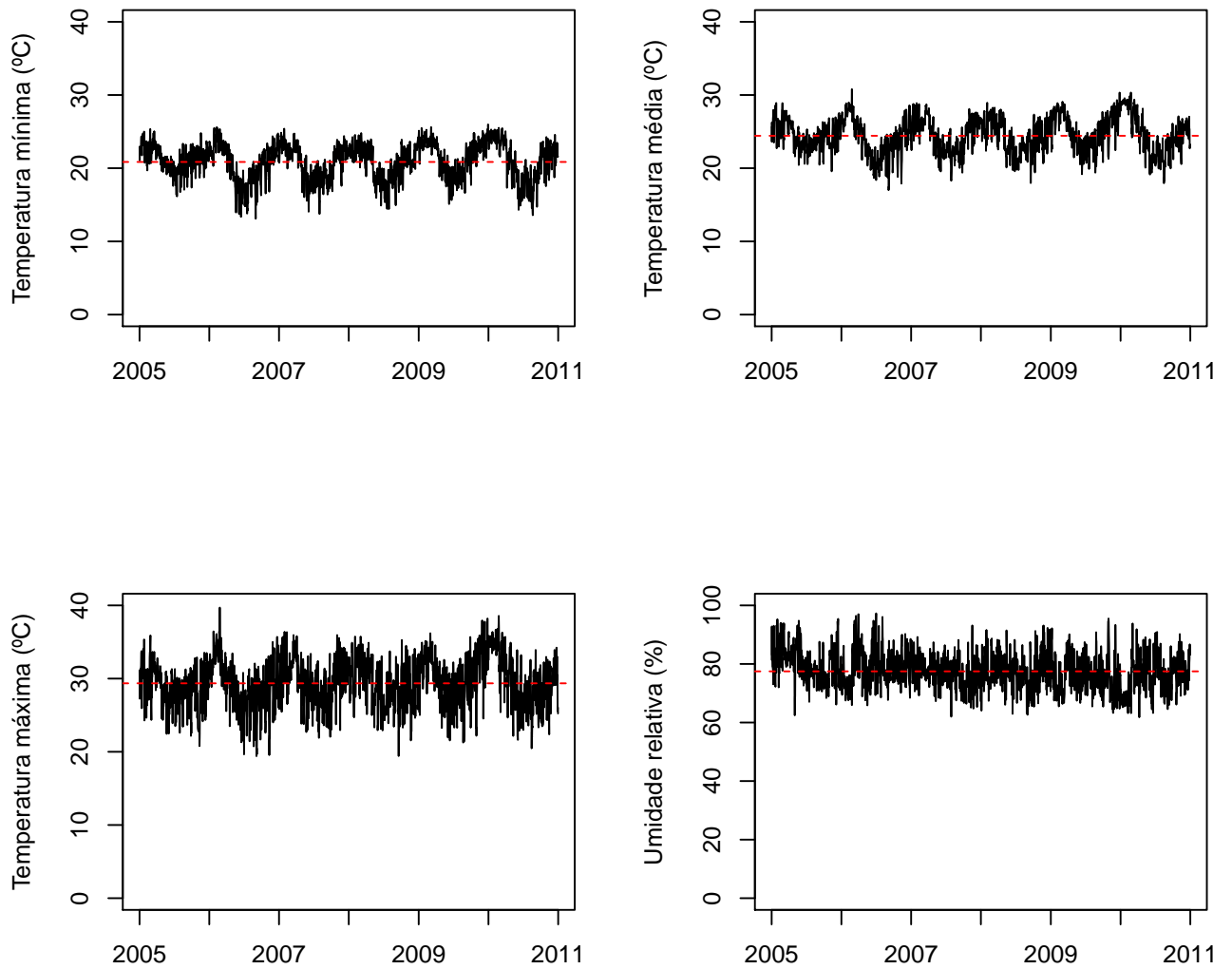


Figura 5.7: Médias diárias das variáveis meteorológicas na RGV, jan/2005 a dez/2010 -(linha vermelha média aritmética).



A Figura 5.8 apresenta o volume diário de chuvas na estação de Carapina, a única na região que mede essa variável, a linha vermelha no gráfico representa a média diária do volume pluviométrico medido nessa estação.

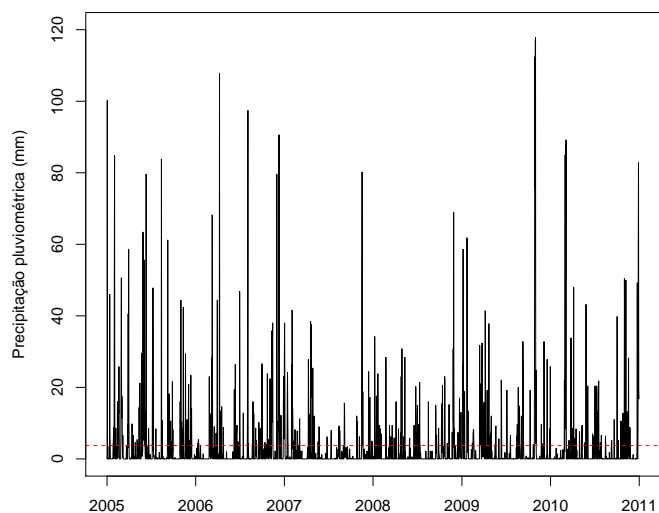


Figura 5.8: Volume diário de chuvas na RGV, jan/2005 a dez/2010

De acordo com os quadros descritivos discutidos acima, percebe-se que na RGV a concentração dos poluentes não é uniformemente distribuída, isto é, cada localidade apresenta uma particularidade dos poluentes de maior incidência, isto justifica-se devido às características específicas de cada região.

## 5.2 Ajuste do Modelo

Nesta seção, serão apresentados os ajustes dos modelos MAG aos dados de atendimentos por doenças respiratórias e as estimativas dos efeitos da poluição ambiental na população infantil por cada região de abrangência das RAMQAr ("in loco") e para toda região da Grande Vitória-ES (região geral).

Os efeitos de defasagens simples e cumulativas dos poluentes nos atendimentos por doenças respiratórias serão visualizados nas figuras adjacentes. Nessas figuras, os dados das colunas são na ordem que aparecem: defasagem de exposição, aumentos percentuais, limites inferiores e superiores do intervalo de confiança, valor-p.

## **Modelo ajustado - Grande Vitória-ES**

A análise do diagnóstico do ajuste do modelo para a região geral (RGV) descrito na Tabela 5.8 está apresentada na Figura 5.9. Em base, nesses "plots" observa-se que não existe evidência empírica de mal ajuste do modelo, isto é, a Figura 5.9 mostra que os resíduos não são correlacionados e são aproximadamente normais. Também, a análise não detectou a ocorrência de "outliers". Essas análises gráficas residuais fornecem o suporte necessário para o bom ajuste do modelo e, conseqüentemente, realizar inferências. Equivalentemente, os outros modelos ajustados "in loco" não aqui apresentados nesta Seção, mas disponíveis no Apêndice C, de maneira análoga, os resíduos apresentaram propriedades equivalentes. Assim a qualidade dos modelos ajustados é garantida pelas propriedades empíricas mostradas pelos resíduos.

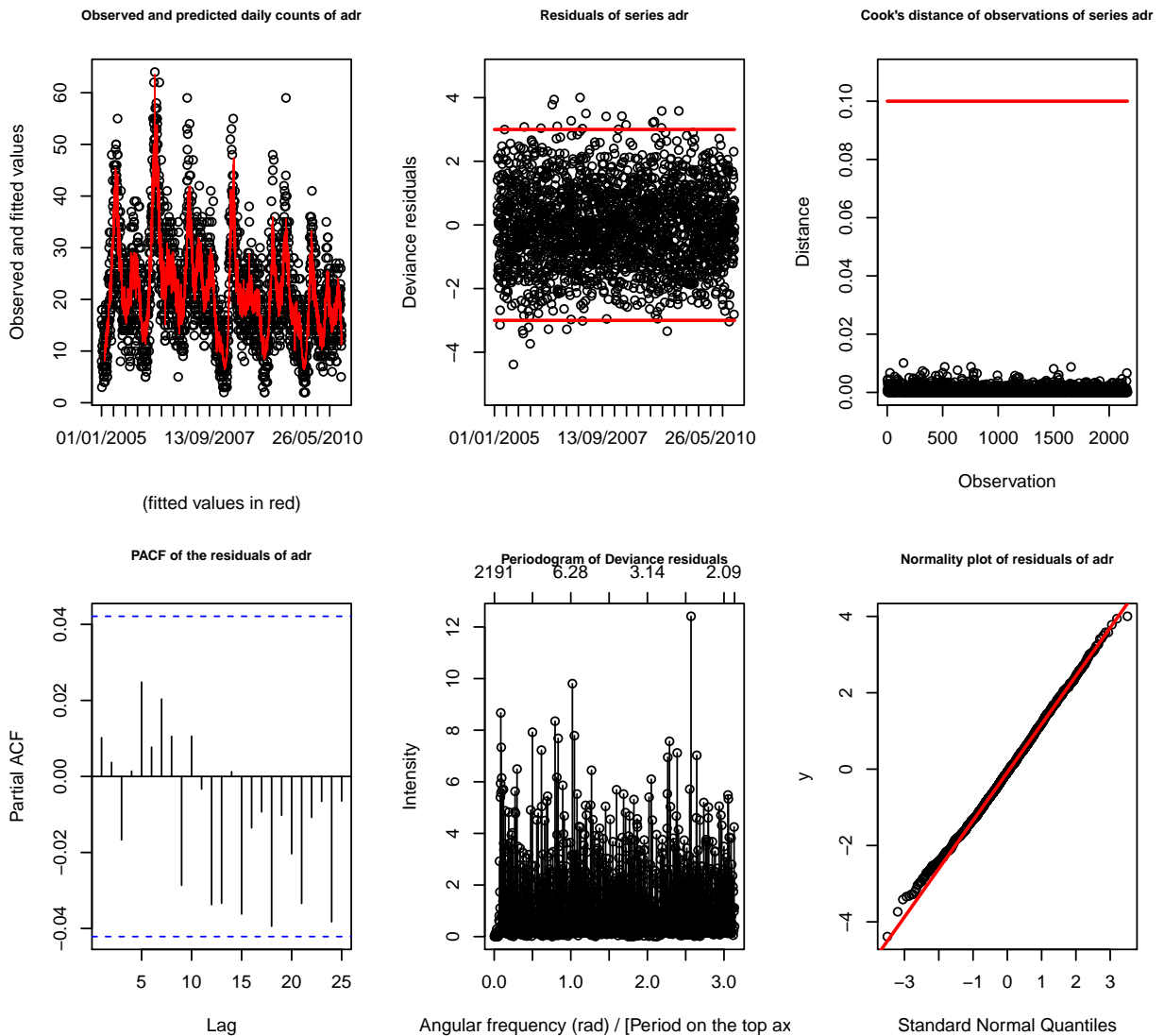


Figura 5.9: Diagnóstico do Modelo Central para RGV - Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

Como uma das etapas das estimativas dos parâmetros do modelo, a Tabela 5.8 apresenta estimativas do ajuste do modelo de regressão MAG, os desvios padrão, os valores padronizados "z" e probabilidades de significância (p-valores), para a região geral. As estimativas dos parâmetros "in loco" (nas localidades) não são aqui apresentadas, e encontram-se no Apêndice B. Os valores significativos dos testes para testar  $H_0$ :

$\beta_j^R = 0$ , com  $j=1,2,\dots,16$ , onde são especificados com asteriscos.

Tabela 5.8: Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do  $PM_{10}$  da média móvel 7 dias para RGV

Variável	Estimativas	Erro Padrão	z valor	Pr(> z )
Intercepto	2.6648524	0.5638629	4.726	2.29e-06 ***
segunda-feira	0.1738421	0.0171617	10.130	< 2e-16 ***
terça-feira	0.0419283	0.0177129	2.367	0.017928 *
quarta-feira	0.0343674	0.0177412	1.937	0.052727 .
quinta-feira	0.0236142	0.0177524	1.330	0.183454
sexta-feira	0.0235917	0.0177593	1.328	0.184041
sábado	0.0416488	0.0177312	2.349	0.018829 *
feriado1	0.1515499	0.0255912	5.922	3.18e-09 ***
feriado2	-0.0565832	0.0790745	-0.716	0.474258
chuvas	-0.0017657	0.0009078	-1.945	0.051769 .
enchentes	0.0033590	0.0445817	0.075	0.939941
l(residuo, 1)	0.0140426	0.0038181	3.678	0.000235 ***
l(residuo, 2)	0.0136020	0.0038234	3.558	0.000374 ***
l(residuo, 16)	-0.0145500	0.0038394	-3.790	0.000151 ***
$PM_{10}$ mm06	0.0032402	0.0014942	2.169	0.030116 *

Significância: \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \*\* 0.05 . 0.1 . . 1

A Tabela 5.9 apresenta os coeficientes de correlação de Pearson dos poluentes entre si. Embora as correlações tenha valores moderados, o teste estatístico indicou que são significativos, onde a mais acentuada correlação foi observada entre os poluentes CO e NO2. As demais Tabelas de correlação de Pearson dos poluentes nas localidades RAMQAR encontram-se no Apêndice A.

Tabela 5.9: Correlação entre os poluentes na Grande Vitória

	PM10	SO2	NO2	CO	O3
PM10	1.00	0.31	0.37	0.35	0.14
SO2	0.31	1.00	0.10	0.22	-0.04
NO2	0.37	0.10	1.00	0.56	0.37
CO	0.35	0.22	0.56	1.00	-0.21
O3	0.14	-0.04	0.37	-0.21	1.00

Os riscos relativos e os respectivos intervalos de confiança, para cada modelo ajustado "in loco" e na região geral, foram calculados para os poluentes e os resultados estão descritos nas tabelas e figuras a seguir.

A Tabela 5.10 apresenta, para a região geral, os riscos relativos estimados para um aumento de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nos níveis de material particulado ( $PM_{10}$ ). Os efeitos, estatisticamente significativos, foram de 2.43%, 2.73% e 3.29% nas médias móveis de 5, 6 e 7 dias, respectivamente. Ao analisar os padrões da Figura 5.10, o gradiente evidencia claramente os efeitos de  $PM_{10}$  nos atendimentos, para defasagens cumulativas.

Tabela 5.10: Aumentos percentuais nos atendimentos por doenças respiratórias em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $PM_{10}$  na RGV, jan/2005 a dez/2010.

Exposição a $PM_{10}$	%RR	Inferior	Superior	p.valor
dia da exposição	0.99	-0.50	2.50	0.19
defasagem de 1 dia	0.04	-1.35	1.46	0.95
defasagem de 2 dias	0.81	-0.58	2.23	0.25
defasagem de 3 dias	1.10	-0.29	2.51	0.12
média móvel de 2 dias	0.69	-1.02	2.42	0.43
média móvel de 3 dias	1.13	-0.82	3.12	0.26
média móvel de 4 dias	1.77	-0.44	4.03	0.12
média móvel de 5 dias	2.43	-0.05	4.97	0.05*
média móvel de 6 dias	2.73	0.00	5.53	0.05*
média móvel de 7 dias	3.29	0.31	6.36	0.03*
média móvel de 8 dias	2.50	-0.67	5.77	0.12

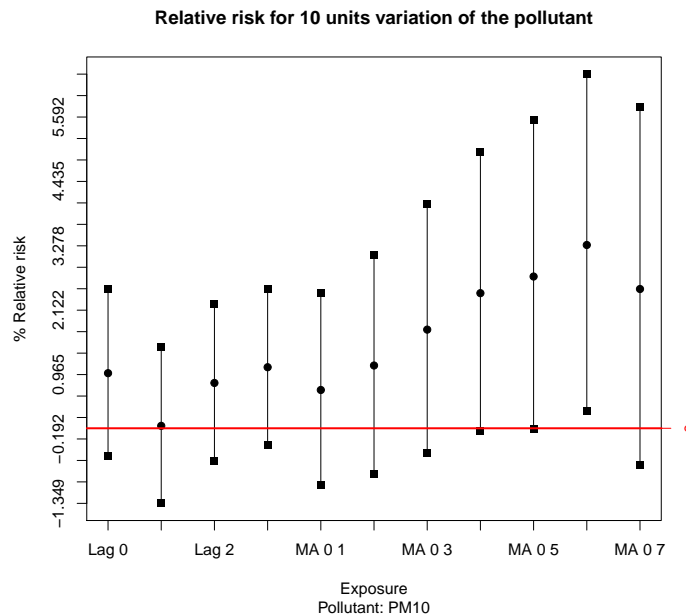


Figura 5.10: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{10}$  na RGV, jan/2005 a dez/2010

A Tabela 5.11 mostra os efeitos significativos do RR encontrados para  $\text{SO}_2$ . Na defasagem simples, foram significativos os valores dos RR no dia corrente (lag0) e dois dias após a exposição (lag2). Isso significa que um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nos níveis de  $\text{SO}_2$ , em um dado dia, acarretaria um acréscimo nos atendimentos no dia da exposição cerca de 4.47%, e dois dias após a exposição cerca de 5.26%. Analogamente, o mesmo acréscimo nos níveis das médias móveis de 2, 3, 4 e 5 dias de  $\text{SO}_2$  foram associados, para cada um desses indicadores, e um aumento de cerca de 6.47%, 8.80%, 8.76% e 7.09% nos atendimentos por doenças respiratórias, respectivamente. Esses efeitos significativos bem como os não significativos podem ser visualizados na Figura 5.11.

Tabela 5.11: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{SO}_2$  na RGV, jan/2005 a dez/2010.

Exposição a $\text{SO}_2$	%RR	Inferior	Superior	p.valor
dia da exposição	4.47	-0.01	9.14	0.05 *
defasagem de 1 dia	4.20	-0.20	8.79	0.06
defasagem de 2 dias	5.26	0.81	9.90	0.02*
defasagem de 3 dias	1.43	-2.89	5.94	0.52
média móvel de 2 dias	6.47	0.99	12.26	0.02*
média móvel de 3 dias	8.80	2.55	15.44	0.01*
média móvel de 4 dias	8.76	1.93	16.05	0.01*
média móvel de 5 dias	7.09	-0.13	14.84	0.05*
média móvel de 6 dias	3.70	-3.71	11.69	0.34
média móvel de 7 dias	2.23	-5.45	10.53	0.58
média móvel de 8 dias	0.00	-7.85	8.52	1.00

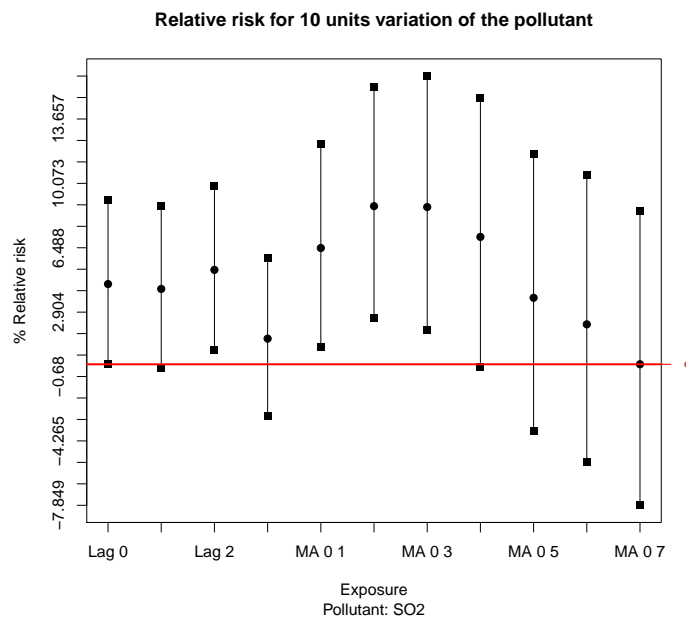


Figura 5.11: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{SO}_2$  na RGV, jan/2005 a dez/2010

Ao examinar os valores da Tabela 5.12 e os padrões da Figura 5.12 conclui-se que o  $\text{NO}_2$  parece não afetar os atendimentos, ou seja, o aumento nesse indicador de poluição do

ar não se mostrou associado com aumentos no número médio de atendimentos diários por doenças respiratórias em crianças menores de 6 anos na RGV, pois os testes não evidenciaram nenhuma rejeição da hipótese nula ( $H_0:RR=1$  ou  $H_0: \%RR=0$ ).

Tabela 5.12: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu g/m^3$  de  $NO_2$  na RGV, jan/2005 a dez/2010.

Exposição a $NO_2$	%RR	Inferior	Superior	p.valor
dia da exposição	0.25	-0.89	1.40	0.67
defasagem de 1 dia	-0.90	-2.04	0.25	0.12
defasagem de 2 dias	-0.45	-1.56	0.67	0.43
defasagem de 3 dias	-0.16	-1.25	0.94	0.78
média móvel de 2 dias	-0.50	-1.90	0.93	0.49
média móvel de 3 dias	-0.77	-2.39	0.88	0.36
média móvel de 4 dias	-0.82	-2.63	1.01	0.38
média móvel de 5 dias	-0.91	-2.86	1.09	0.37
média móvel de 6 dias	-0.91	-3.02	1.25	0.41
média móvel de 7 dias	-0.37	-2.63	1.95	0.75
média móvel de 8 dias	-0.31	-2.72	2.16	0.81

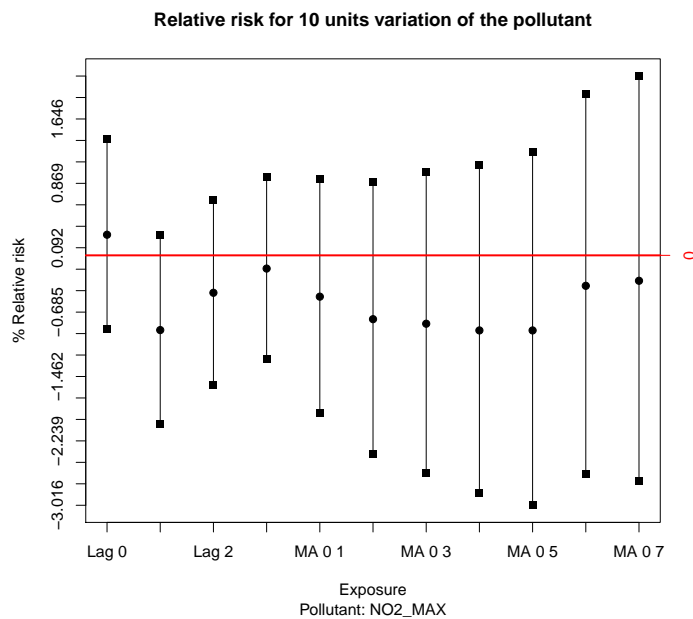


Figura 5.12: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu g/m^3$  de  $NO_2$  na RGV, jan/2005 a dez/2010



Na Tabela 5.13 e na Figura 5.13 são apresentados os efeitos do  $O_3$ .

Tabela 5.13: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu g/m^3$  de  $O_3$  na RGV, jan/2005 a dez/2010.

Exposição a $O_3$	%RR	Inferior	Superior	p.valor
dia da exposição	0.54	-0.54	1.62	0.33
defasagem de 1 dia	0.46	-0.59	1.52	0.39
defasagem de 2 dias	0.07	-0.97	1.13	0.89
defasagem de 3 dias	-0.32	-1.36	0.73	0.55
média móvel de 2 dias	0.74	-0.55	2.05	0.26
média móvel de 3 dias	0.69	-0.78	2.19	0.36
média móvel de 4 dias	0.45	-1.20	2.12	0.60
média móvel de 5 dias	0.34	-1.46	2.17	0.71
média móvel de 6 dias	0.92	-1.04	2.91	0.36
média móvel de 7 dias	0.66	-1.42	2.78	0.54
média móvel de 8 dias	0.60	-1.60	2.86	0.60

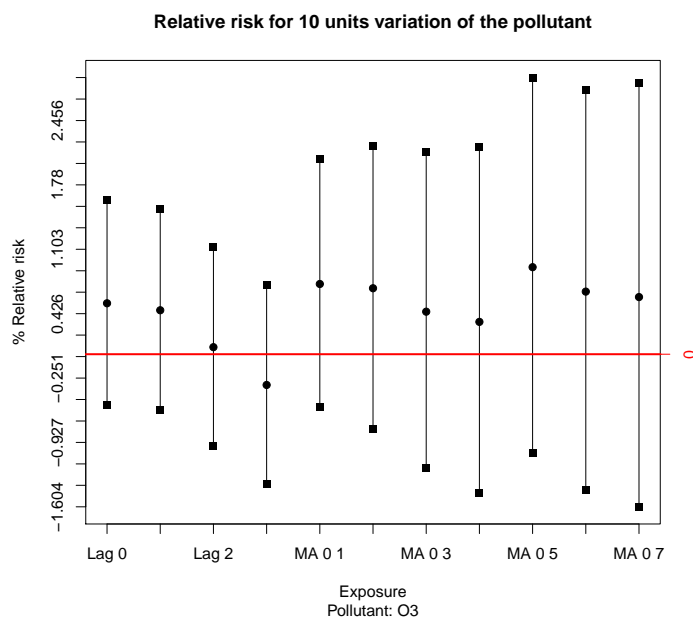


Figura 5.13: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu g/m^3$  de  $O_3$  na RGV, jan/2005 a dez/2010

A Tabela 5.14 mostra que os efeitos relativos à CO correspondem, na sua maioria, aumentos percentuais nos atendimentos, embora nenhum também tenha atingido significância estatística. Esses efeitos podem ser comprovados na Figura 5.14, onde observa-se que o de três dias de defasagem foi o de maior magnitude.

Tabela 5.14: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de CO na RGV, jan/2005 a dez/2010.

Exposição a CO	%RR	Inferior	Superior	p.valor
dia da exposição	1.83	-3.25	7.17	0.49
defasagem de 1 dia	-3.61	-8.21	1.23	0.14
defasagem de 2 dias	0.39	-4.37	5.39	0.87
defasagem de 3 dias	4.60	-0.26	9.70	0.06
média móvel de 2 dias	-1.69	-7.76	4.76	0.60
média móvel de 3 dias	-1.24	-8.30	6.37	0.74
média móvel de 4 dias	2.15	-5.97	10.98	0.61
média móvel de 5 dias	3.23	-5.74	13.05	0.49
média móvel de 6 dias	2.53	-7.11	13.17	0.62
média móvel de 7 dias	4.89	-5.72	16.70	0.38
média móvel de 8 dias	5.83	-5.60	18.65	0.33

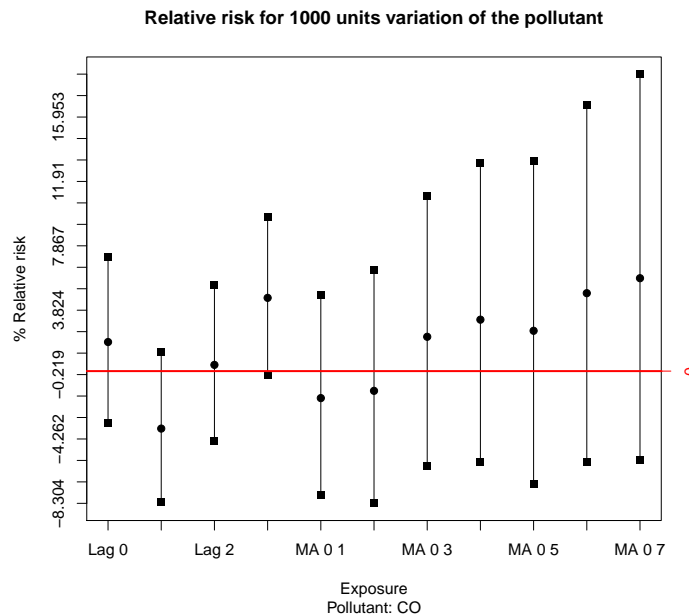


Figura 5.14: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{CO}$  na RGV, jan/2005 a dez/2010

## Efeitos Estimados - RAMQAR Laranjeiras

Os efeitos de defasagens simples e cumulativas de  $\text{PM}_{10}$  nos atendimentos por doenças respiratórias na região de abrangência da estação de Laranjeiras podem ser visualizados na Tabela 5.15 e na Figura 5.15. Observa-se que para um aumento de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{10}$  um dia após a exposição, está associado a um aumento de 4.49%, e com efeitos acumulados variando entre 4.50% e 5.17% de aumento nos atendimentos.

Tabela 5.15: Aumentos percentuais nos atendimentos por doenças respiratórias em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{10}$  na Estação de Laranjeiras, jan/2005 a dez/2010.

Exposição a $\text{PM}_{10}$	%RR	Inferior	Superior	p.valor
dia da exposição	2.34	-0.59	5.37	0.12
defasagem de 1 dia	4.49	1.45	7.62	0.00*
defasagem de 2 dias	2.68	-0.18	5.62	0.07
defasagem de 3 dias	0.45	-2.29	3.27	0.75
média móvel de 2 dias	4.50	1.04	8.08	0.01*
média móvel de 3 dias	5.17	1.35	9.13	0.01 *
média móvel de 4 dias	4.66	0.60	8.89	0.02 *
média móvel de 5 dias	4.12	-0.15	8.58	0.06
média móvel de 6 dias	3.92	-0.54	8.59	0.09
média móvel de 7 dias	3.68	-0.95	8.53	0.12
média móvel de 8 dias	3.26	-1.52	8.27	0.18

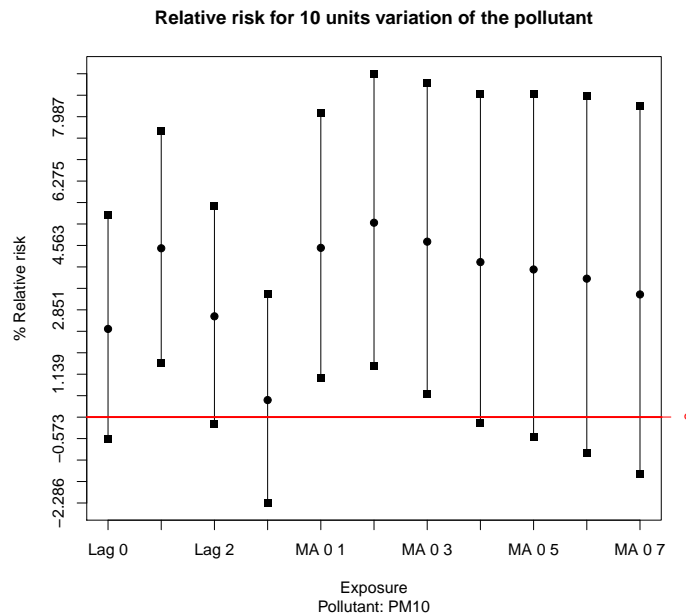


Figura 5.15: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{10}$  na Estação de Laranjeiras, jan/2005 a dez/2010

A Tabela 5.16 e a Figura 5.16, observa-se que para um aumento de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{SO}_2$  no

dia da exposição, está associado a um aumento de 10.68% nos atendimentos por doenças respiratórias na região de abrangência da estação de Laranjeiras.

Tabela 5.16: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{SO}_2$  na Estação de Laranjeiras, jan/2005 a dez/2010.

Exposição a $\text{SO}_2$	%RR	Inferior	Superior	p.valor
dia da exposição	10.68	1.09	21.17	0.03*
defasagem de 1 dia	2.46	-6.74	12.57	0.61
defasagem de 2 dias	-3.42	-12.20	6.23	0.47
defasagem de 3 dias	-0.58	-9.58	9.31	0.90
média móvel de 2 dias	9.47	-1.97	22.26	0.11
média móvel de 3 dias	5.63	-6.59	19.44	0.38
média móvel de 4 dias	4.54	-8.38	19.28	0.51
média móvel de 5 dias	1.46	-11.75	16.65	0.84
média móvel de 6 dias	3.11	-10.89	19.31	0.68
média móvel de 7 dias	0.14	-14.00	16.59	0.99
média móvel de 8 dias	-1.61	-16.00	15.23	0.84

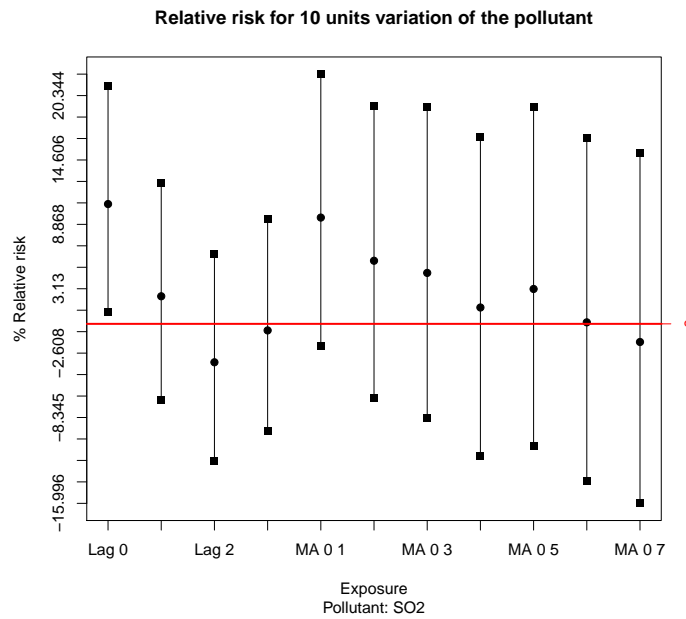


Figura 5.16: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{SO}_2$  na Estação de Laranjeiras, jan/2005 a dez/2010

Examinando os valores da Tabela 5.17 e os padrões da Figura 5.17 conclui-se que o  $\text{NO}_2$  parece não afetar os atendimentos, ou seja, o aumento nesse indicador de poluição do ar não se mostrou associado com aumentos no número médio de atendimentos diários por doenças respiratórias em crianças menores de 6 anos na região de abrangência da estação de Laranjeiras, pois os testes não evidenciaram nenhuma rejeição da hipótese nula ( $H_0: \text{RR}=1$  ou  $H_0: \% \text{RR}=0$ ).

Tabela 5.17: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{NO}_2$  na Estação de Laranjeiras, jan/2005 a dez/2010.

Exposição a $\text{NO}_2$	%RR	Inferior	Superior	p.valor
dia da exposição	1.53	-1.16	4.30	0.27
defasagem de 1 dia	-0.16	-2.92	2.67	0.91
defasagem de 2 dias	-2.73	-5.48	0.09	0.06
defasagem de 3 dias	0.29	-2.39	3.05	0.83
média móvel de 2 dias	1.16	-2.32	4.76	0.52
média móvel de 3 dias	-0.92	-4.98	3.32	0.67
média móvel de 4 dias	-0.66	-5.23	4.14	0.78
média móvel de 5 dias	0.46	-4.57	5.75	0.86
média móvel de 6 dias	-0.05	-5.41	5.62	0.99
média móvel de 7 dias	1.00	-4.75	7.09	0.74
média móvel de 8 dias	1.97	-4.14	8.48	0.54

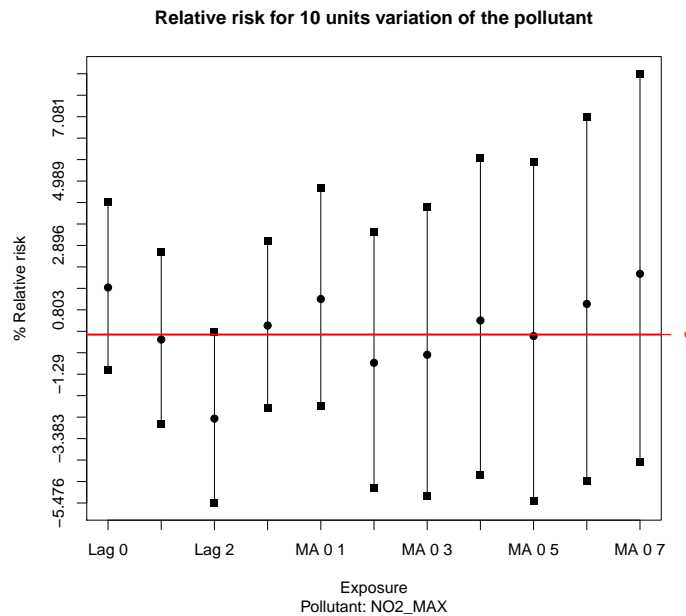


Figura 5.17: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{NO}_2$  na Estação de Laranjeiras, jan/2005 a dez/2010

Na Tabela 5.18 e na Figura 5.18, observa-se que para um aumento de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{O}_3$

no dia da exposição, o poluente está associado a um aumento de 3.23% nos atendimentos. Analogamente, o mesmo acréscimo nos níveis da média móvel de 3 dias de  $O_3$  está associado a um aumento de 4.13%.

Tabela 5.18: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu g/m^3$  de  $O_3$  na Estação de Laranjeiras, jan/2005 a dez/2010.

Exposição a $O_3$	%RR	Inferior	Superior	p.valor
dia da exposição	3.23	0.17	6.37	0.04 *
defasagem de 1 dia	1.65	-1.40	4.80	0.29
defasagem de 2 dias	1.78	-1.29	4.94	0.26
defasagem de 3 dias	1.34	-1.69	4.46	0.39
média móvel de 2 dias	3.57	-0.14	7.41	0.06
média móvel de 3 dias	4.13	-0.08	8.51	0.05 *
média móvel de 4 dias	4.47	-0.15	9.29	0.06
média móvel de 5 dias	4.56	-0.41	9.77	0.07
média móvel de 6 dias	3.94	-1.33	9.49	0.15
média móvel de 7 dias	4.06	-1.50	9.94	0.16
média móvel de 8 dias	2.91	-2.88	9.03	0.33



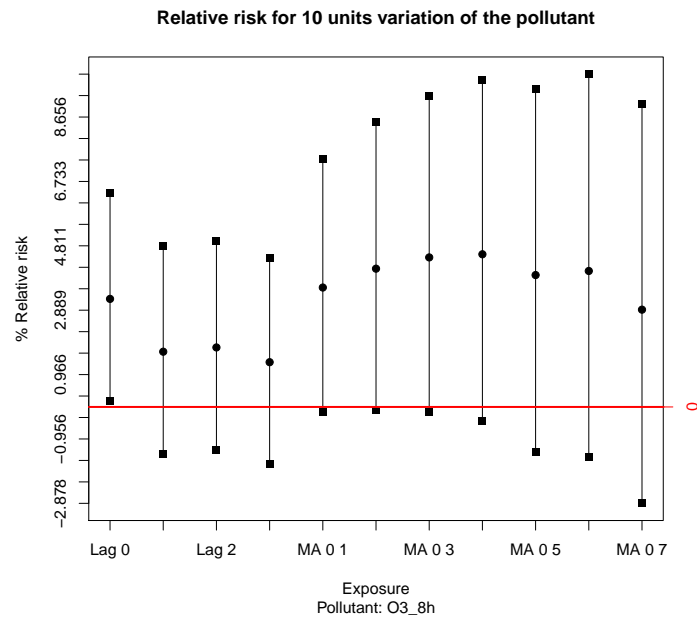


Figura 5.18: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{O}_3$  na Estação de Laranjeiras, jan/2005 a dez/2010

A Tabela 5.19 e a Figura 5.19 observa-se que para um aumento de  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nos níveis de CO, 3 dias após a exposição, o poluente está associado a um aumento de 1.78% nos atendimentos.

Tabela 5.19: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de CO na Estação de Laranjeiras, jan/2005 a dez/2010.

Exposição a CO	%RR	Inferior	Superior	p.valor
dia da exposição	-1.19	-2.98	0.64	0.20
defasagem de 1 dia	0.28	-1.61	2.21	0.77
defasagem de 2 dias	-0.43	-2.30	1.46	0.65
defasagem de 3 dias	1.78	-0.02	3.62	0.05 *
média móvel de 2 dias	-0.82	-3.19	1.60	0.50
média móvel de 3 dias	-1.16	-4.03	1.79	0.44
média móvel de 4 dias	0.39	-2.95	3.84	0.82
média móvel de 5 dias	0.26	-3.39	4.05	0.89
média móvel de 6 dias	-0.79	-4.70	3.27	0.70
média móvel de 7 dias	-0.91	-5.12	3.48	0.68
média móvel de 8 dias	-1.31	-5.79	3.38	0.58

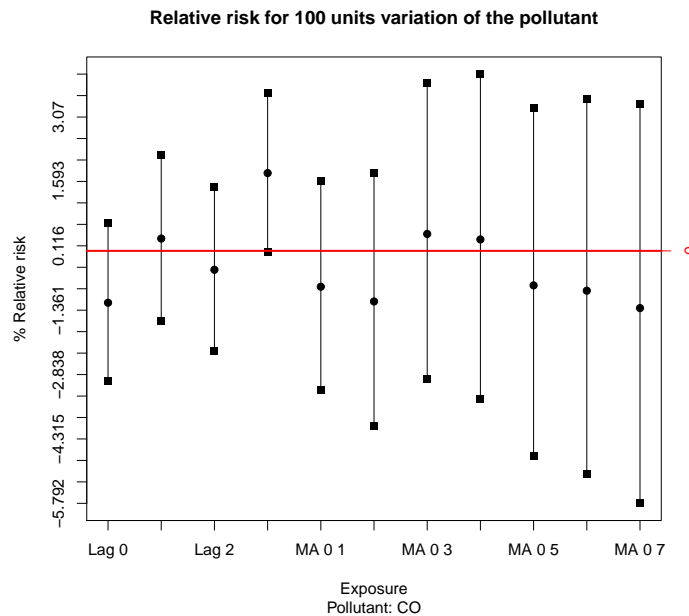


Figura 5.19: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{CO}$  na Estação de Laranjeiras, jan/2005 a dez/2010

## Efeitos Estimados - RAMQAR Carapina

Os efeitos significativos encontrados para  $\text{PM}_{10}$  na área de abrangência da RAMQAR de Carapina (Apêndice D) foram de um dia após a exposição e os cumulativos a partir da média móvel de 5 dias. Um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  em um dado dia acarretaria um acréscimo estatisticamente significativo de cerca de 4.66% um dia depois da exposição nos atendimentos (Tabela 5.20). Analogamente, o mesmo acréscimo nos níveis das médias móveis de 6, 7 e 8 dias de  $\text{PM}_{10}$  está associado a um aumento que variam entre 8.36% e 12.27% no número médio de atendimentos. Esses efeitos significativos, bem como os não significativos podem ser visualizados na Figura 5.20.

Tabela 5.20: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{10}$  na Estação de Carapina, jan/2005 a dez/2010.

Exposição a $\text{PM}_{10}$	%RR	Inferior	Superior	p.valor
dia da exposição	0.41	-3.69	4.67	0.85
defasagem de 1 dia	4.66	0.48	9.02	0.03 *
defasagem de 2 dias	3.38	-0.73	7.67	0.11
defasagem de 3 dias	-0.34	-4.32	3.81	0.87
média móvel de 2 dias	3.77	-1.29	9.09	0.15
média móvel de 3 dias	5.63	-0.27	11.88	0.06
média móvel de 4 dias	5.15	-1.45	12.20	0.13
média móvel de 5 dias	6.27	-1.11	14.20	0.10
média móvel de 6 dias	8.36	0.16	17.23	0.05 *
média móvel de 7 dias	12.27	3.15	22.19	0.01 *
média móvel de 8 dias	11.50	1.85	22.06	0.02 *

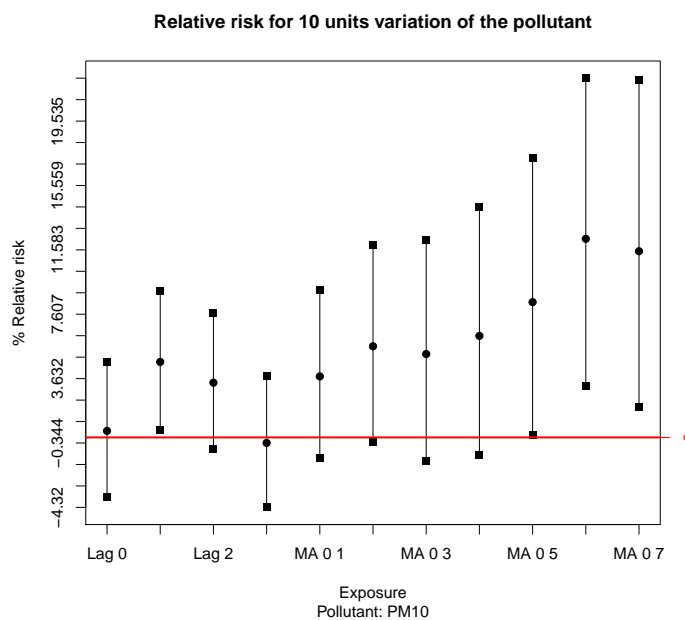


Figura 5.20: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{10}$  na Estação de Carapina, jan/2005 a dez/2010

## Efeitos Estimados - RAMQAr - Jardim Camburi

Foram encontradas associações estatisticamente significativas entre aumentos na concentração de poluentes e aumentos no número médio diários de atendimentos por doenças respiratórias na área de abrangência da RAMQAr de Jardim Camburi (Apêndice D). Foi observado um efeito significativo para a exposição acumulada de 6, 7 e 8 dias de 10.59%, 12.08% e 11.82%, respectivamente, para um aumento de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nos níveis de  $PM_{10}$  (Tabela 5.21 e Figura 5.21).

Tabela 5.21: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $PM_{10}$  na Estação de Jardim Camburi, jan/2005 a dez/2010.

Exposição a $PM_{10}$	%RR	Inferior	Superior	p.valor
dia da exposição	-1.30	-5.96	3.59	0.60
defasagem de 1 dia	1.02	-3.62	5.88	0.67
defasagem de 2 dias	4.09	-0.46	8.84	0.08
defasagem de 3 dias	2.68	-1.67	7.21	0.23
média móvel de 2 dias	-0.18	-5.89	5.88	0.95
média móvel de 3 dias	2.83	-3.78	9.89	0.41
média móvel de 4 dias	4.43	-2.85	12.27	0.24
média móvel de 5 dias	7.37	-0.66	16.03	0.07
média móvel de 6 dias	10.59	1.79	20.16	0.02 *
média móvel de 7 dias	12.08	2.63	22.40	0.01 *
média móvel de 8 dias	11.82	1.87	22.73	0.02 *

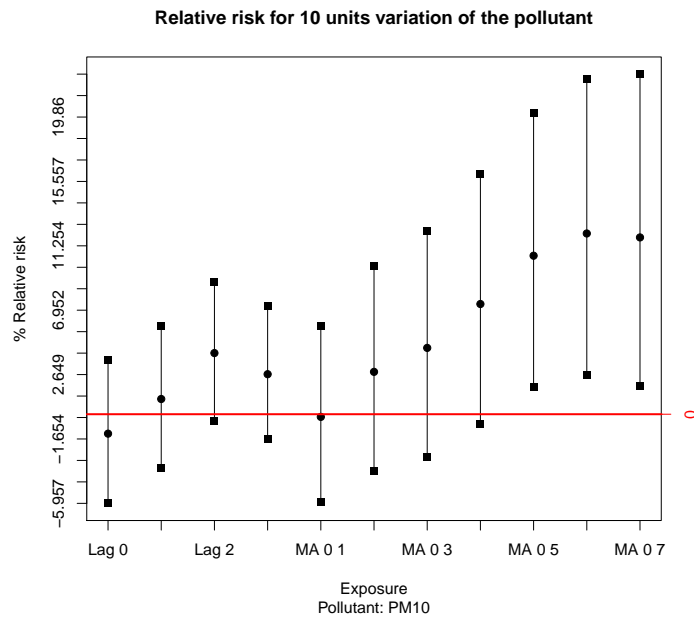


Figura 5.21: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{10}$  na Estação de Jardim Camburi, jan/2005 a dez/2010

O efeito de  $\text{SO}_2$  foram significativos dois dias após um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  na concentração desse poluente, associado com um aumento de 9.71% nos atendimentos. Examinando esses efeitos graficamente na Figura 5.22, um gradiente claro se forma para os indicadores cumulativos de defasagens, que atinge a significância estatística na média móvel de 7 dias com um aumento associado a 13.52% nos atendimentos.

Tabela 5.22: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{SO}_2$  na Estação de Jardim Camburi, jan/2005 a dez/2010.

Exposição a $\text{SO}_2$	%RR	Inferio	Superior	p.valor
dia da exposição	-0.20	-7.77	7.98	0.96
defasagem de 1 dia	-1.13	-8.71	7.07	0.78
defasagem de 2 dias	9.71	1.68	18.37	0.02 *
defasagem de 3 dias	1.85	-5.76	10.08	0.64
média móvel de 2 dias	-0.96	-9.97	8.94	0.84
média móvel de 3 dias	5.09	-5.38	16.72	0.35
média móvel de 4 dias	5.41	-5.84	18.00	0.36
média móvel de 5 dias	8.85	-3.37	22.60	0.16
média móvel de 6 dias	11.02	-1.96	25.72	0.10
média móvel de 7 dias	13.52	-0.24	29.18	0.05*
média móvel de 8 dias	13.94	-0.37	30.30	0.06

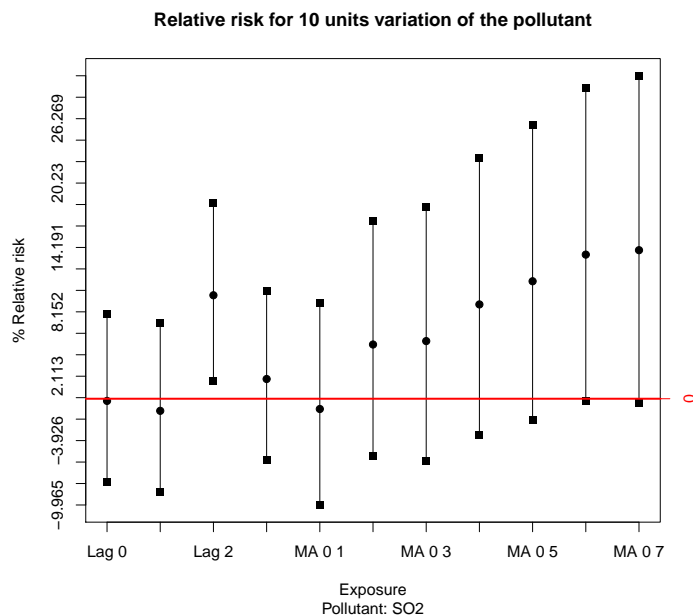


Figura 5.22: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{SO}_2$  na Estação de Jardim Camburi, jan/2005 a dez/2010

O efeito de  $\text{NO}_2$  foi significativo apenas para a defasagem 2, para um aumento de 3.85%

nos atendimentos, associado a um aumento de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  na concentração desse poluente (Tabela 5.23 e a Figura 5.23).

Tabela 5.23: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{NO}_2$  na Estação de Jardim Camburi, jan/2005 a dez/2010.

Exposição a $\text{NO}_2$	%RR	Inferior	Superior	p.valor
dia da exposição	1.36	-1.57	4.38	0.37
defasagem de 1 dia	0.62	-2.24	3.57	0.67
defasagem de 2 dias	3.85	0.99	6.80	0.01 *
defasagem de 3 dias	0.93	-1.84	3.78	0.51
média móvel de 2 dias	1.44	-2.06	5.06	0.43
média móvel de 3 dias	3.68	-0.29	7.82	0.07
média móvel de 4 dias	3.80	-0.51	8.30	0.08
média móvel de 5 dias	4.00	-0.63	8.84	0.09
média móvel de 6 dias	3.01	-1.87	8.13	0.23
média móvel de 7 dias	3.10	-2.04	8.52	0.24
média móvel de 8 dias	2.48	-2.89	8.14	0.37



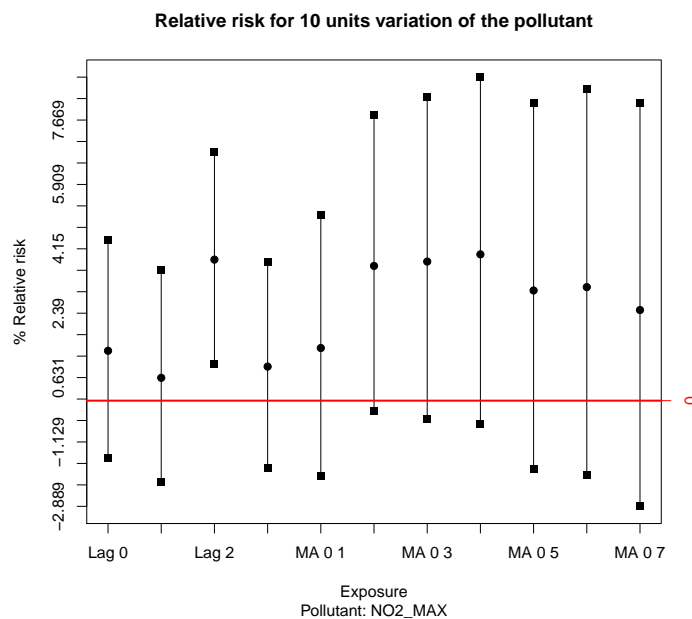


Figura 5.23: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{NO}_2$  na Estação de Jardim Camburi, jan/2005 a dez/2010

## Modelo ajustado - RAMQAr - Enseada do Suá

Os efeitos de defasagens simples e cumulativas de  $\text{PM}_{10}$  nos atendimentos por doenças respiratórias podem ser visualizados na Tabela 5.24 e na Figura 5.24. O aumento de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  na concentração desse poluente mostrou estar associado com aumento de 2.41% nos atendimentos por doenças respiratórias três dias após a exposição.

Tabela 5.24: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{10}$  na Estação da Enseada do Suá, jan/2005 a dez/2010.

Exposição a $\text{PM}_{10}$	RR	Inferior	Superior	p.valor
dia da exposição	-1.23	-3.57	1.15	0.31
defasagem de 1 dia	-0.54	-2.77	1.74	0.64
defasagem de 2 dias	-0.62	-2.83	1.63	0.59
defasagem de 3 dias	2.41	0.17	4.71	0.03 *
média móvel de 2 dias	-1.26	-3.98	1.54	0.38
média móvel de 3 dias	-1.47	-4.52	1.68	0.36
média móvel de 4 dias	0.10	-3.32	3.64	0.95
média móvel de 5 dias	0.60	-3.14	4.49	0.76
média móvel de 6 dias	0.33	-3.70	4.53	0.87
média móvel de 7 dias	-0.14	-4.44	4.36	0.95
média móvel de 8 dias	-0.85	-5.37	3.90	0.72

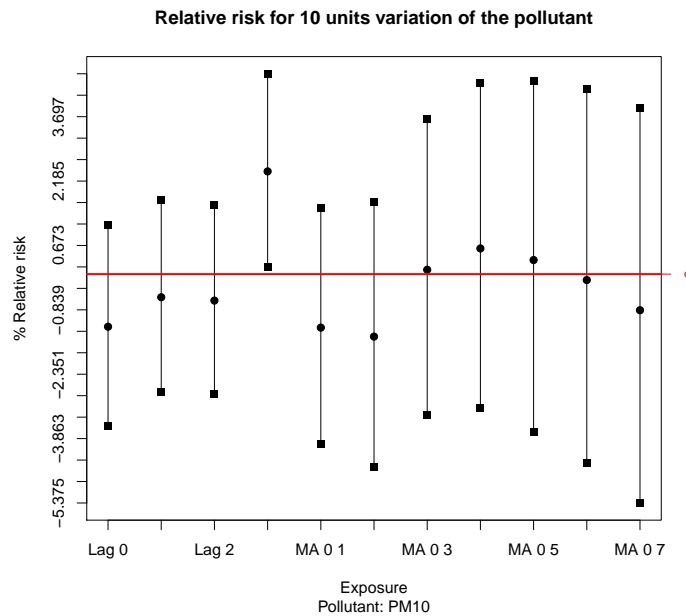


Figura 5.24: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{10}$  na Estação da Enseada do Suá, jan/2005 a dez/2010

A Tabela 5.25 e a Figura 5.25 apresenta os efeitos estimados para o poluente  $\text{SO}_2$ . Nessa

tabela, observa-se que o poluente não apresentou associação estatisticamente significativa com atendimentos na região analisada, pois os testes não evidenciaram nenhuma rejeição da hipótese nula ( $H_0:RR=1$  ou  $H_0: \%RR=0$ ).

Tabela 5.25: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu g/m^3$  de  $SO_2$  na Estação da Enseada do Suá, jan/2005 a dez/2010.

Exposição a $SO_2$	RR	Inferior	Superior	p.valor
dia da exposição	-2.77	-7.12	1.80	0.23
defasagem de 1 dia	1.19	-2.97	5.52	0.58
defasagem de 2 dias	2.09	-1.91	6.25	0.31
defasagem de 3 dias	0.55	-3.37	4.62	0.79
média móvel de 2 dias	-0.95	-6.10	4.47	0.72
média móvel de 3 dias	0.66	-4.89	6.53	0.82
média móvel de 4 dias	0.85	-4.97	7.02	0.78
média móvel de 5 dias	0.37	-5.67	6.79	0.91
média móvel de 6 dias	0.03	-6.24	6.72	0.99
média móvel de 7 dias	-0.79	-7.25	6.13	0.82
média móvel de 8 dias	-1.25	-7.92	5.91	0.73

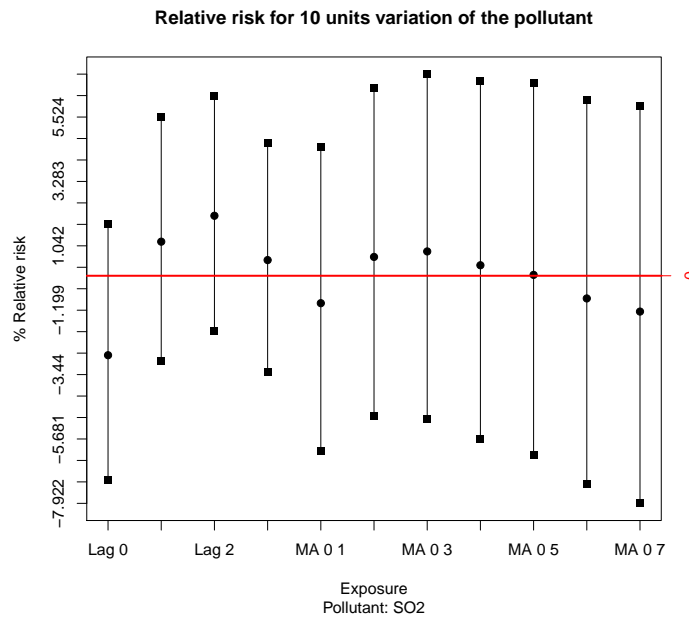


Figura 5.25: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{SO}_2$  na Estação da Enseada do Suá, jan/2005 a dez/2010

Examinando os valores da Tabela 5.26 e os padrões da Figura 5.26 conclui-se que o  $\text{NO}_2$  parece não afetar os atendimentos, ou seja, o aumento nesse indicador de poluição do ar não se mostrou associado com aumentos no número médio de atendimentos na região de abrangência da estação da Enseada do Suá.

Tabela 5.26: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{NO}_2$  na Estação da Enseada do Suá, jan/2005 a dez/2010.

Exposição a $\text{NO}_2$	RR	Inferior	Superior	p.valor
dia da exposição	-0.45	-2.14	1.28	0.61
defasagem de 1 dia	-0.12	-1.82	1.60	0.89
defasagem de 2 dias	-1.20	-2.88	0.51	0.17
defasagem de 3 dias	0.41	-1.28	2.13	0.64
média móvel de 2 dias	-0.40	-2.41	1.65	0.70
média móvel de 3 dias	-1.03	-3.24	1.24	0.37
média móvel de 4 dias	-0.69	-3.07	1.76	0.58
média móvel de 5 dias	-0.30	-2.84	2.30	0.82
média móvel de 6 dias	-0.65	-3.33	2.11	0.64
média móvel de 7 dias	-0.37	-3.20	2.53	0.80
média móvel de 8 dias	-0.28	-3.23	2.77	0.86

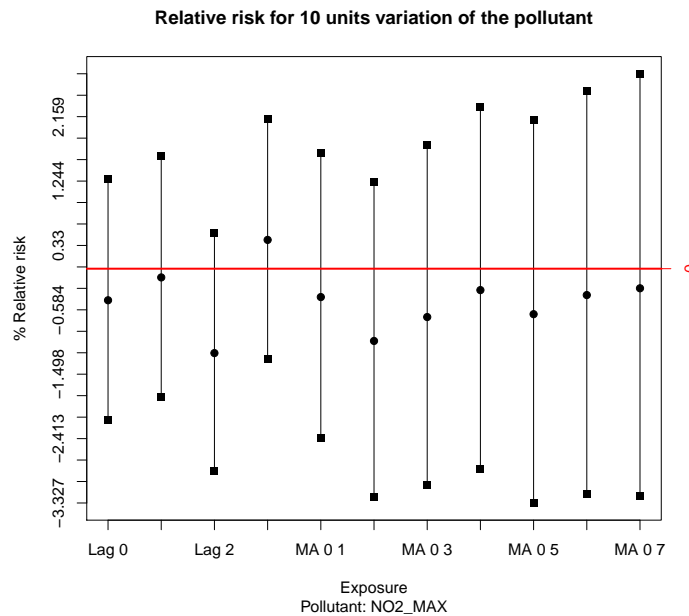


Figura 5.26: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{NO}_2$  na Estação da Enseada do Suá, jan/2005 a dez/2010

Os efeitos de defasagens simples e cumulativas do  $\text{O}_3$  nos atendimentos podem ser visuali-

zados na Tabela 5.27 e na Figura 5.27. Os efeitos estimados de  $O_3$  não foram significativos estatisticamente, ou seja, o aumento neste indicador de poluição do ar não se mostrou associado com aumentos no número de atendimentos na região de abrangência da estação da Enseada do Suá.

Tabela 5.27: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu g/m^3$  de  $O_3$  na Estação da Enseada do Suá, jan/2005 a dez/2010.

Exposição a $O_3$	RR	Inferior	Superior	p.valor
dia da exposição	0.20	-2.07	2.52	0.87
defasagem de 1 dia	-0.16	-2.45	2.18	0.89
defasagem de 2 dias	-0.55	-2.77	1.73	0.63
defasagem de 3 dias	-0.89	-3.10	1.36	0.43
média móvel de 2 dias	0.03	-2.74	2.88	0.98
média móvel de 3 dias	-0.34	-3.46	2.89	0.84
média móvel de 4 dias	-0.84	-4.24	2.68	0.64
média móvel de 5 dias	-1.29	-4.95	2.50	0.50
média móvel de 6 dias	-0.66	-4.60	3.45	0.75
média móvel de 7 dias	-0.42	-4.62	3.96	0.85
média móvel de 8 dias	0.38	-4.07	5.05	0.87

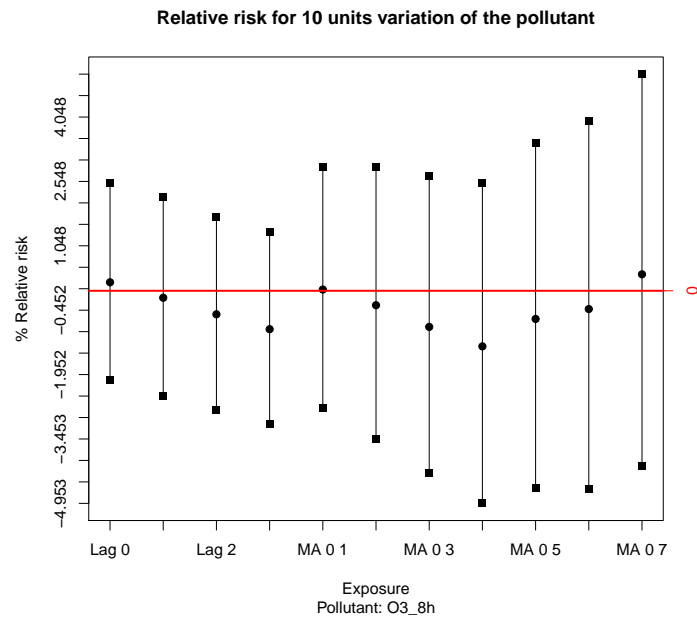


Figura 5.27: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{O}_3$  na Estação da Enseada do Suá, jan/2005 a dez/2010

Examinando os valores da Tabela 5.28 e os padrões da Figura 5.28 conclui-se que o CO parece não afetar os atendimentos, ou seja, o aumento nesse indicador de poluição do ar não se mostrou associado com aumentos no número médio de atendimentos na região de abrangência da estação da Enseada do Suá.

Tabela 5.28: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de CO na Estação da Enseada do Suá, jan/2005 a dez/2010.

Exposição a CO	RR	Inferior	Superior	p.valor
dia da exposição	-4.21	-11.58	3.77	0.29
defasagem de 1 dia	-6.58	-13.69	1.11	0.09
defasagem de 2 dias	-3.74	-11.07	4.20	0.35
defasagem de 3 dias	3.77	-4.02	12.19	0.35
média móvel de 2 dias	-8.64	-17.43	1.10	0.08
média móvel de 3 dias	-10.46	-20.44	0.77	0.07
média móvel de 4 dias	-7.45	-18.91	5.64	0.25
média móvel de 5 dias	-6.61	-19.17	7.89	0.35
média móvel de 6 dias	-4.86	-18.55	11.12	0.53
média móvel de 7 dias	-0.89	-16.05	17.00	0.92
média móvel de 8 dias	1.38	-15.02	20.95	0.88



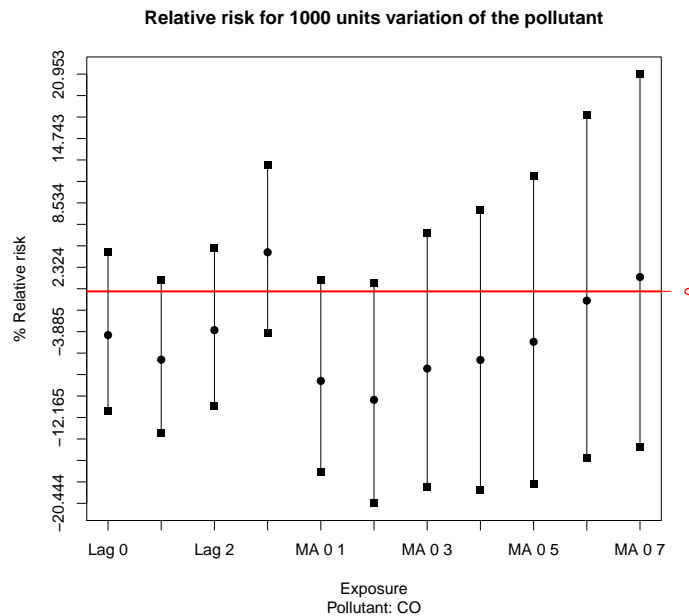


Figura 5.28: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{CO}$  na Estação da Enseada do Suá, jan/2005 a dez/2010

## Efeitos Estimados - RAMQAr - Vitória Centro

A Tabela 5.29 apresenta os efeitos estimados para um aumento de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de ( $\text{PM}_{10}$ ), sobre o número de atendimentos. Os efeitos estimados foram de 4.08% no dia da exposição (lag0) e de 6.58% e 7.13% na média móvel de 6 e 7 dias, respectivamente. Gradientes claros podem ser percebidos nos efeitos de  $\text{PM}_{10}$  nos atendimentos, para defasagens cumulativas (Figura 5.29).

Tabela 5.29: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $PM_{10}$  na Estação de Vitória Centro, jan/2005 a dez/2010.

Exposição a $PM_{10}$	%RR	Inferior	Superior	p.valor
dia da exposição	4.08	0.54	7.76	0.02 *
defasagem de 1 dia	-2.19	-5.55	1.29	0.21
defasagem de 2 dias	-0.24	-3.61	3.24	0.89
defasagem de 3 dias	1.02	-2.37	4.54	0.56
média móvel de 2 dias	1.35	-2.87	5.75	0.54
média móvel de 3 dias	1.01	-3.79	6.04	0.69
média móvel de 4 dias	1.59	-3.77	7.25	0.57
média móvel de 5 dias	4.10	-1.88	10.46	0.18
média móvel de 6 dias	6.58	-0.03	13.64	0.05 *
média móvel de 7 dias	7.13	0.01	14.75	0.05*
média móvel de 8 dias	5.48	-1.95	13.48	0.15

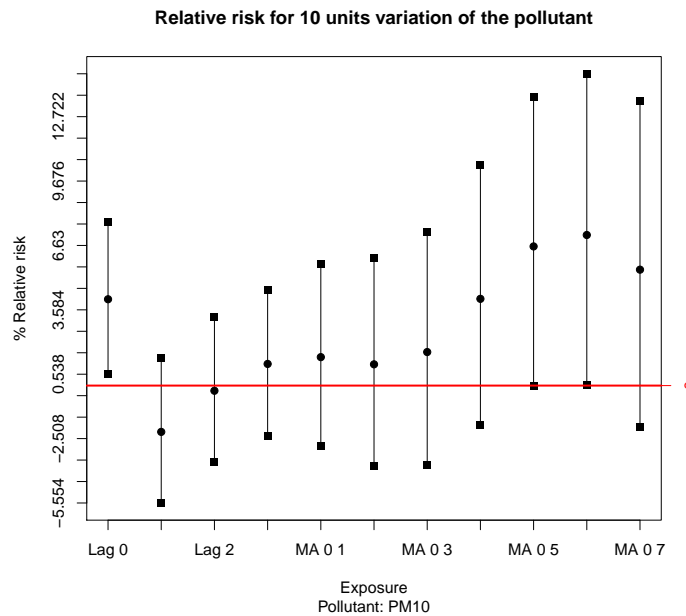


Figura 5.29: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $PM_{10}$  na Estação de Vitória Centro, jan/2005 a dez/2010

De acordo com a Tabela 5.30 e o gráfico da Figura 5.30, nota-se que para o  $SO_2$  da

Estação de Vitória Centro não foram encontrados efeitos deletérios sobre o número médio de atendimentos diários por doenças respiratórias em crianças. Assim, o aumento neste indicador de poluição do ar não se mostrou associado com aumentos no número médio de atendimentos.

Tabela 5.30: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{SO}_2$  na Estação de Vitória Centro, jan/2005 a dez/2010.

Exposição a $\text{SO}_2$	%RR	Inferior	Superior	p.valor
dia da exposição	-0.96	-5.29	3.56	0.67
defasagem de 1 dia	-3.77	-8.01	0.68	0.10
defasagem de 2 dias	-0.29	-4.68	4.30	0.90
defasagem de 3 dias	-0.29	-4.68	4.30	0.90
média móvel de 2 dias	-3.66	-8.91	1.89	0.19
média móvel de 3 dias	-3.44	-9.47	2.99	0.29
média móvel de 4 dias	-3.39	-10.09	3.80	0.35
média móvel de 5 dias	-1.68	-9.05	6.28	0.67
média móvel de 6 dias	-2.43	-10.24	6.05	0.56
média móvel de 7 dias	-2.99	-11.20	5.99	0.50
média móvel de 8 dias	-3.20	-11.81	6.25	0.49

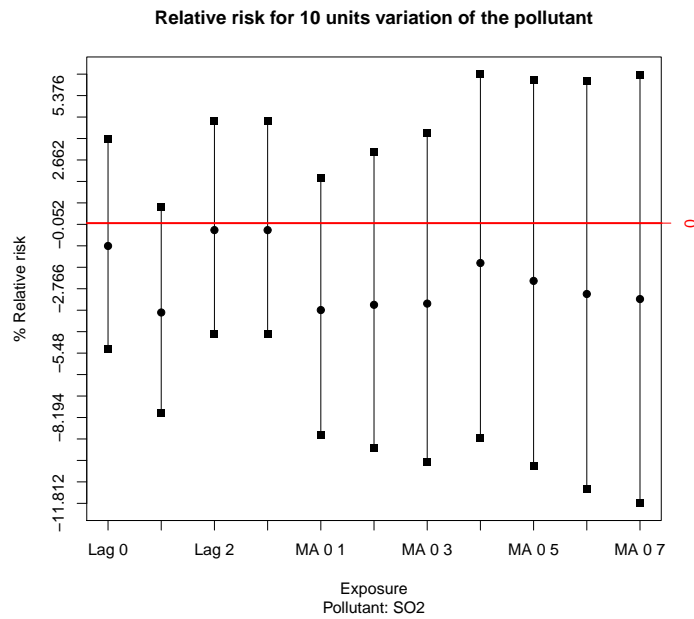


Figura 5.30: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{SO}_2$  na Estação de Vitória Centro, jan/2005 a dez/2010

Em relação a  $\text{NO}_2$  e atendimentos por doenças respiratórias em crianças, apenas os efeitos cumulativos 6, 7 e 8 dias foram estatisticamente significativos, cerca de 3.56% a 4.32% nos atendimentos relativos a este desfecho podem ser explicados por um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{NO}_2$  (Tabela 5.31 e Figura 5.31).

Tabela 5.31: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{NO}_2$  na Estação de Vitória Centro, jan/2005 a dez/2010.

Exposição a $\text{NO}_2$	%RR	Inferior	Superior	p.valor
dia da exposição	1.07	-0.64	2.81	0.22
defasagem de 1 dia	-0.62	-2.31	1.09	0.48
defasagem de 2 dias	0.63	-1.07	2.36	0.47
defasagem de 3 dias	0.89	-0.81	2.62	0.31
média móvel de 2 dias	0.34	-1.76	2.49	0.75
média móvel de 3 dias	0.73	-1.69	3.21	0.56
média móvel de 4 dias	1.24	-1.46	4.02	0.37
média móvel de 5 dias	1.89	-1.07	4.93	0.21
média móvel de 6 dias	3.56	0.35	6.88	0.03*
média móvel de 7 dias	3.88	0.46	7.42	0.03 *
média móvel de 8 dias	4.32	0.70	8.06	0.02 *

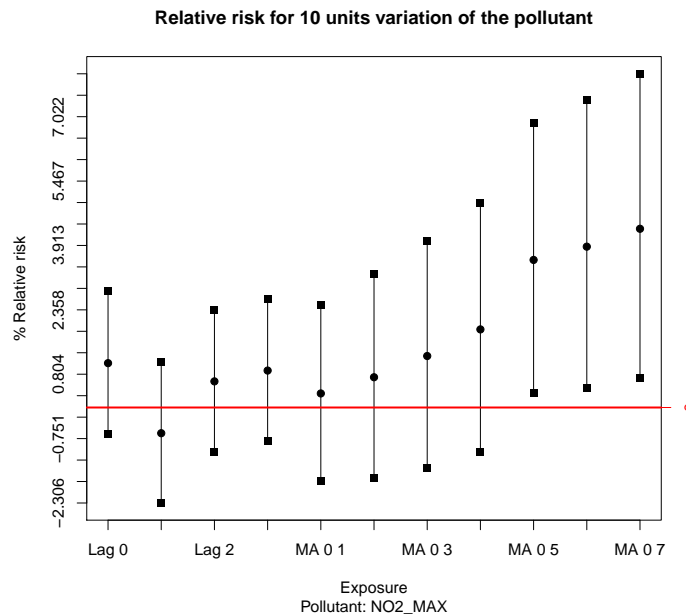


Figura 5.31: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{NO}_2$  na Estação de Vitória Centro, jan/2005 a dez/2010

A Tabela 5.32 representa os resultados relativos para o poluente CO, enquanto a Figura

5.32 exibe os padrões correspondentes. Nenhum efeito significativo de CO nos atendimentos foi obtido, ou seja, os teste não evidenciaram nenhuma rejeição da hipótese nula ( $H_0:RR=1$  ou  $H_0: \%RR=0$ ).

Tabela 5.32: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $1000 \mu g/m^3$  de CO na Estação de Vitória Centro, jan/2005 a dez/2010.

Exposição a CO	%RR	Inferior	Superior	p.valor
dia da exposição	1.54	-2.14	5.37	0.42
defasagem de 1 dia	-3.02	-6.60	0.69	0.11
defasagem de 2 dias	-1.64	-5.35	2.21	0.40
defasagem de 3 dias	0.79	-2.90	4.62	0.68
média móvel de 2 dias	-1.15	-5.65	3.56	0.63
média móvel de 3 dias	-2.26	-7.58	3.37	0.42
média móvel de 4 dias	-1.67	-7.79	4.86	0.61
média móvel de 5 dias	-1.28	-8.07	6.00	0.72
média móvel de 6 dias	-0.62	-7.99	7.34	0.87
média móvel de 7 dias	-2.82	-10.50	5.51	0.49
média móvel de 8 dias	-0.43	-8.73	8.63	0.92

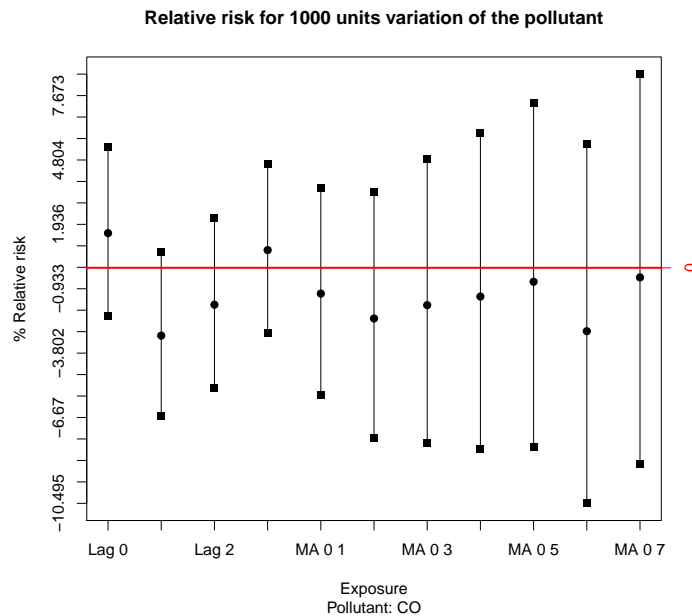


Figura 5.32: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{CO}$  na Estação de Vitória Centro, jan/2005 a dez/2010

## Efeitos Estimados - RAMQAR Vila Velha Ibes

O  $\text{CO}$  foi o único poluente que apresentou efeitos estatisticamente significativos nos atendimentos na região de abrangência de Vila Velha Ibes. Os efeitos de dois e três dias após a exposição foram, respectivamente, 2.24% e 1.97% para um aumento de  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nos níveis de  $\text{CO}$ . Cerca de 3% nos atendimentos relativos a este desfecho pode ser explicado para o mesmo acréscimo nos níveis da média móvel de  $\text{CO}$  de 4 a 6 dias (Tabela 5.33). Devido à crescente magnitude dos efeitos simples, os efeitos cumulativos apresentam um gradiente acentuado (Figura 5.33).

Tabela 5.33: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{CO}$  na Estação de Vila Velha Ibes, jan/2005 a dez/2010.

Exposição a $\text{CO}$	RR	Inferior	Superior	p.valor
dia da exposição	-0.02	-1.50	1.48	0.98
defasagem de 1 dia	0.68	-0.82	2.20	0.38
defasagem de 2 dias	2.24	0.72	3.79	0.00*
defasagem de 3 dias	1.97	0.46	3.51	0.01 *
média móvel de 2 dias	0.48	-1.34	2.33	0.61
média móvel de 3 dias	1.89	-0.24	4.07	0.08
média móvel de 4 dias	3.01	0.60	5.48	0.01*
média móvel de 5 dias	2.96	0.34	5.65	0.03 *
média móvel de 6 dias	2.99	0.20	5.86	0.04 *
média móvel de 7 dias	2.88	-0.06	5.91	0.06
média móvel de 8 dias	3.04	-0.07	6.24	0.06

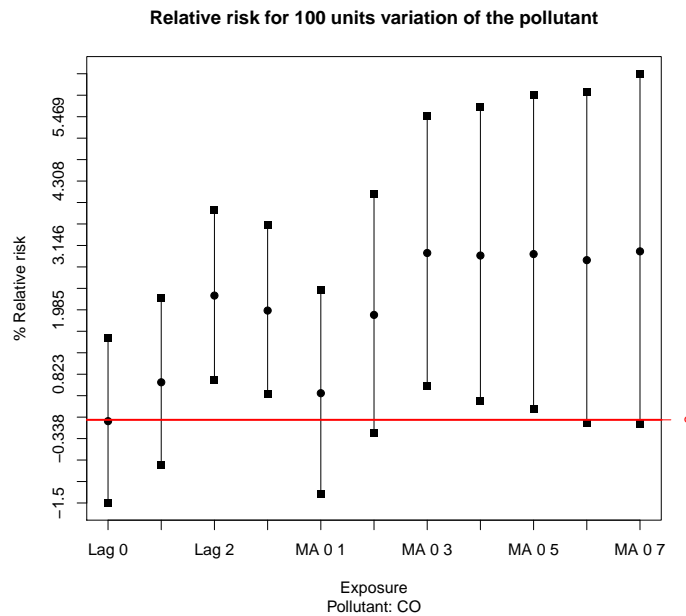


Figura 5.33: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{CO}$  na Estação de Vila Velha Ibes, jan/2005 a dez/2010

Os efeitos de defasagens simples e cumulativas de  $\text{PM}_{10}$  nos atendimentos podem ser



visualizados na Tabela 5.34 e na Figura 5.34. Os efeitos estimados de  $PM_{10}$  não foram significativos estatisticamente, ou seja, o aumento neste indicador de poluição do ar não se mostrou associado com aumentos no número de atendimentos na região de abrangência da estação de Vila Velha Ibes.

Tabela 5.34: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu g/m^3$  de  $PM_{10}$  na Estação de Vila velha Ibes, jan/2005 a dez/2010.

Exposição a $PM_{10}$	RR	Inferior	Superior	p.valor
dia da exposição	-1.11	-4.90	2.83	0.58
defasagem de 1 dia	1.73	-2.13	5.74	0.39
defasagem de 2 dias	-0.12	-3.94	3.84	0.95
defasagem de 3 dias	0.07	-3.70	3.99	0.97
média móvel de 2 dias	0.45	-4.16	5.28	0.85
média móvel de 3 dias	0.32	-5.02	5.96	0.91
média móvel de 4 dias	0.36	-5.73	6.86	0.91
média móvel de 5 dias	-0.48	-7.19	6.71	0.89
média móvel de 6 dias	0.17	-7.12	8.03	0.96
média móvel de 7 dias	1.71	-6.15	10.24	0.68
média móvel de 8 dias	1.51	-6.74	10.50	0.73

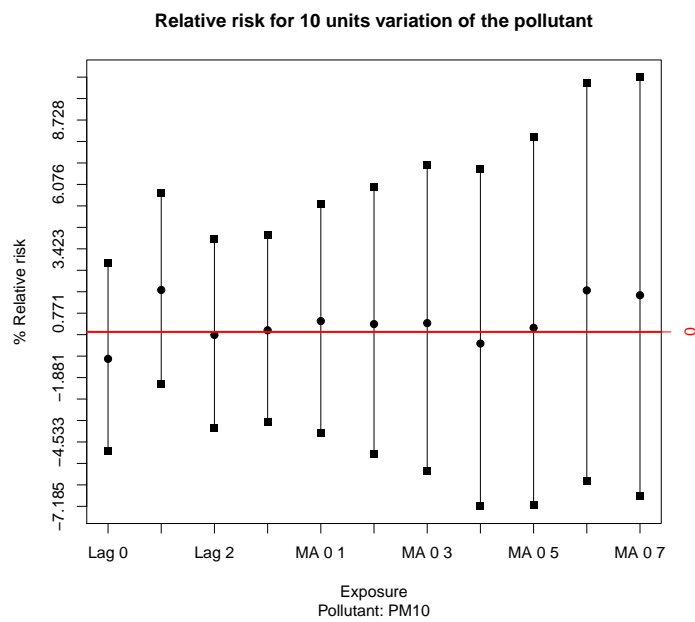


Figura 5.34: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{10}$  na Estação de Vila Velha Ibes, jan/2005 a dez/2010

De acordo com a Tabela 5.35 e a Figura 5.35 observa-se que para o  $\text{SO}_2$  não apresentou associação estatisticamente significativa com atendimentos por doenças respiratórias na região analisada.

Tabela 5.35: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{SO}_2$  na Estação de Vila Velha Ibes, jan/2005 a dez/2010.

Exposição a $\text{SO}_2$	RR	Inferior	Superior	p.valor
dia da exposição	0.27	-6.83	7.92	0.94
defasagem de 1 dia	0.48	-7.09	8.67	0.90
defasagem de 2 dias	-4.12	-11.81	4.23	0.32
defasagem de 3 dias	-0.71	-8.41	7.63	0.86
média móvel de 2 dias	0.59	-8.56	10.66	0.90
média móvel de 3 dias	-2.25	-13.24	10.14	0.71
média móvel de 4 dias	-3.11	-16.32	12.18	0.67
média móvel de 5 dias	-4.27	-18.73	12.76	0.60
média móvel de 6 dias	-7.00	-21.80	10.60	0.41
média móvel de 7 dias	-6.09	-21.77	12.74	0.50
média móvel de 8 dias	-2.90	-20.09	17.98	0.77

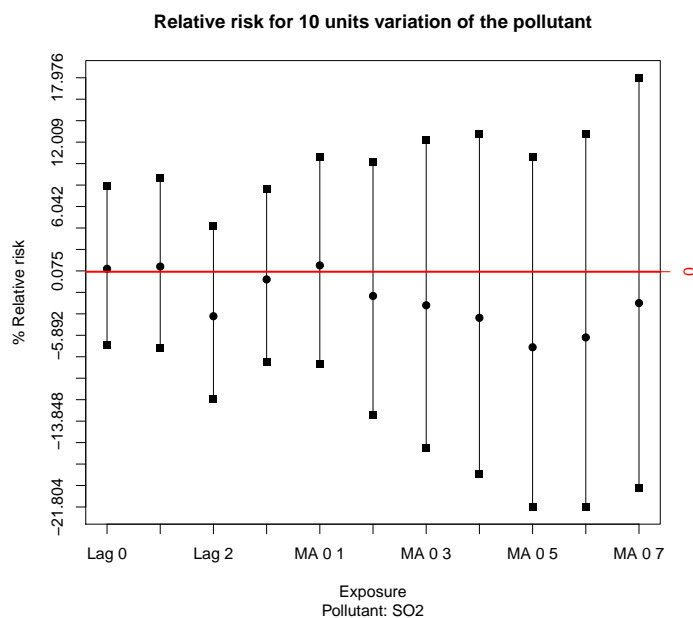


Figura 5.35: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{SO}_2$  na Estação de Vila Velha Ibes, jan/2005 a dez/2010

Examinando os valores da Tabela 5.36 e os padrões da Figura 5.36 conclui-se que o  $\text{NO}_2$

parece não afetar os atendimentos, ou seja, o aumento nesse indicador de poluição do ar não se mostrou associado com aumentos no número médio de atendimentos na região de abrangência da estação de Vila velha Ibes.

Tabela 5.36: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu g/m^3$  de  $NO_2$  na Estação de Vila Velha Ibes, jan/2005 a dez/2010.

Exposição a $NO_2$	RR	Inferior	Superior	p.valor
dia da exposição	-1.11	-4.46	2.36	0.53
defasagem de 1 dia	-1.95	-5.28	1.50	0.26
defasagem de 2 dias	1.37	-2.14	5.00	0.45
defasagem de 3 dias	0.87	-2.70	4.57	0.64
média móvel de 2 dias	-2.29	-6.35	1.94	0.28
média móvel de 3 dias	-1.21	-5.97	3.80	0.63
média móvel de 4 dias	-0.65	-6.09	5.10	0.82
média móvel de 5 dias	0.08	-5.94	6.49	0.98
média móvel de 6 dias	0.07	-6.37	6.95	0.98
média móvel de 7 dias	-0.39	-7.16	6.87	0.91
média móvel de 8 dias	0.27	-6.88	7.98	0.94

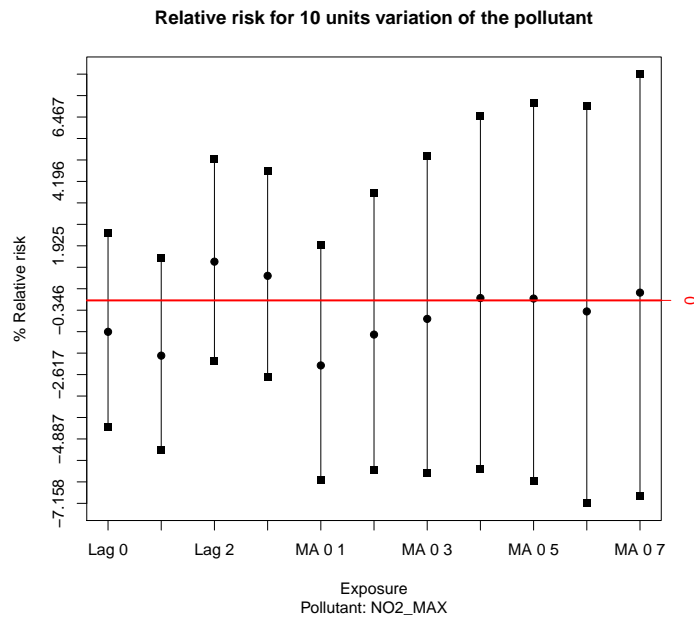


Figura 5.36: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{NO}_2$  na Estação de Vila Velha Ibes, jan/2005 a dez/2010

NA Tabela 5.37 e na Figura 5.37, observa-se que para um aumento de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{O}_3$  parece não afetar os atendimentos, ou seja, o aumento nesse indicador de poluição do ar não se mostrou associado com aumentos no número médio de atendimentos na região de abrangência da estação de Vila velha Ibes.

Tabela 5.37: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{O}_3$  na Estação de Vila Velha Ibes, jan/2005 a dez/2010.

Exposição a $\text{O}_3$	RR	Inferior	Superior	p.valor
dia da exposição	-0.81	-3.06	1.48	0.48
defasagem de 1 dia	0.48	-1.76	2.77	0.68
defasagem de 2 dias	-0.24	-2.51	2.08	0.84
defasagem de 3 dias	-0.13	-2.43	2.22	0.91
média móvel de 2 dias	-0.25	-2.99	2.58	0.86
média móvel de 3 dias	-0.38	-3.54	2.89	0.82
média móvel de 4 dias	-0.44	-3.99	3.24	0.81
média móvel de 5 dias	-0.15	-4.05	3.92	0.94
média móvel de 6 dias	0.28	-3.92	4.67	0.90
média móvel de 7 dias	1.38	-3.11	6.08	0.55
média móvel de 8 dias	1.28	-3.45	6.24	0.60

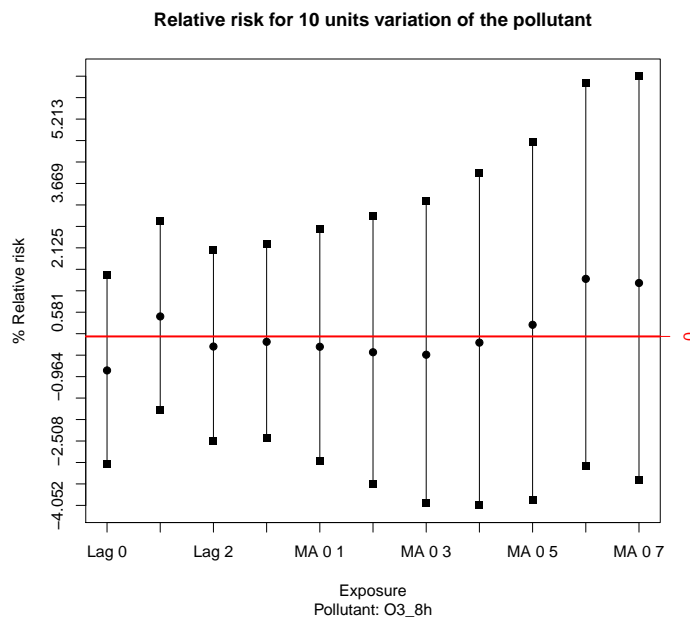


Figura 5.37: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{O}_3$  na Estação de Vila Velha Ibes, jan/2005 a dez/2010

## Efeitos Estimados - RAMQAr - Vila Velha Centro

A Tabela 5.38 apresenta os efeitos estimados para o poluente  $PM_{10}$ . Nessa tabela, verifica-se que, apenas os efeitos acumulados de 7 e de 8 dias foram estatisticamente significativos, variando em torno de 9%. Entretanto, gradientes claros podem ser percebidos nos efeitos de  $PM_{10}$  nos atendimentos, para defasagens simples (Figura 5.38).

Tabela 5.38: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu g/m^3$  de  $PM_{10}$  na Estação de Vila Velha Centro, jan/2005 a dez/2010.

Exposição a $PM_{10}$	%RR	Inferior	Superior	p.valor
dia da exposição	0.34	-3.67	4.52	0.87
defasagem de 1 dia	0.77	-3.29	4.99	0.71
defasagem de 2 dias	2.05	-1.99	6.26	0.32
defasagem de 3 dias	2.89	-1.04	6.98	0.15
média móvel de 2 dias	0.76	-3.96	5.71	0.76
média móvel de 3 dias	1.90	-3.50	7.60	0.50
média móvel de 4 dias	3.46	-2.54	9.83	0.26
média móvel de 5 dias	4.77	-1.76	11.74	0.16
média móvel de 6 dias	6.26	-0.76	13.79	0.08
média móvel de 7 dias	9.05	1.54	17.12	0.02*
média móvel de 8 dias	9.01	1.19	17.42	0.02 *

O aumento estimado no número médio de atendimentos diários devido a um aumento de  $10 \mu g/m^3$  de  $SO_2$  foi de 8.70% para a exposição no mesmo dia (lag0) e de 11.31% e 11.90% para exposição acumulada de 2 e 3 dias, respectivamente (Tabela 5.39). Para os indicadores de dias simples de  $SO_2$  há um gradiente decrescente ao longo das defasagens. Por outro lado, os efeitos cumulativos de  $SO_2$  são todos de maior magnitude (Figura 5.39).

Tabela 5.39: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{SO}_2$  na Estação de Vila Velha Centro, jan/2005 a dez/2010.

Exposição a $\text{SO}_2$	%RR	Inferior	Superior	p.valor
dia da exposição	8.70	1.12	16.85	0.02 *
defasagem de 1 dia	4.74	-2.94	13.02	0.23
defasagem de 2 dias	1.81	-5.56	9.75	0.64
defasagem de 3 dias	-0.57	-7.50	6.89	0.88
média móvel de 2 dias	11.31	1.23	22.40	0.03*
média móvel de 3 dias	11.90	0.04	25.17	0.05*
média móvel de 4 dias	10.18	-2.58	24.60	0.12
média móvel de 5 dias	13.08	-0.61	28.67	0.06
média móvel de 6 dias	13.05	-1.24	29.42	0.08
média móvel de 7 dias	14.42	-0.67	31.80	0.06
média móvel de 8 dias	12.39	-3.02	30.25	0.12

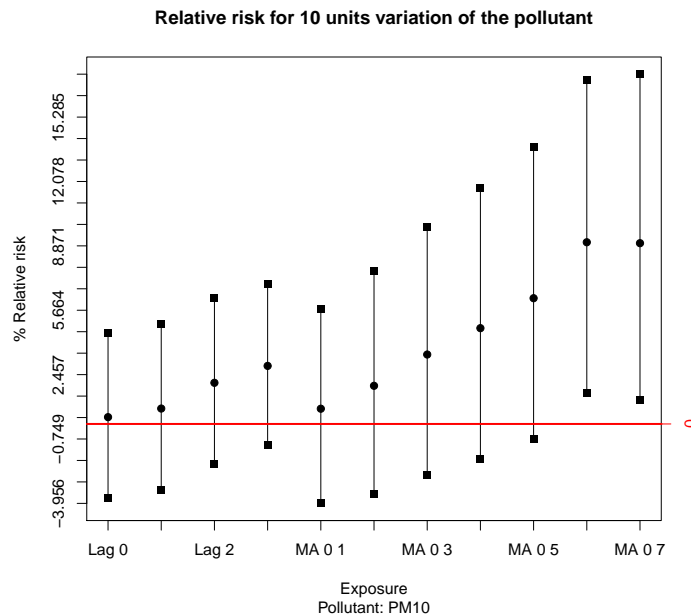


Figura 5.38: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{10}$  na Estação de Vila Velha Centro, jan/2005 a dez/2010



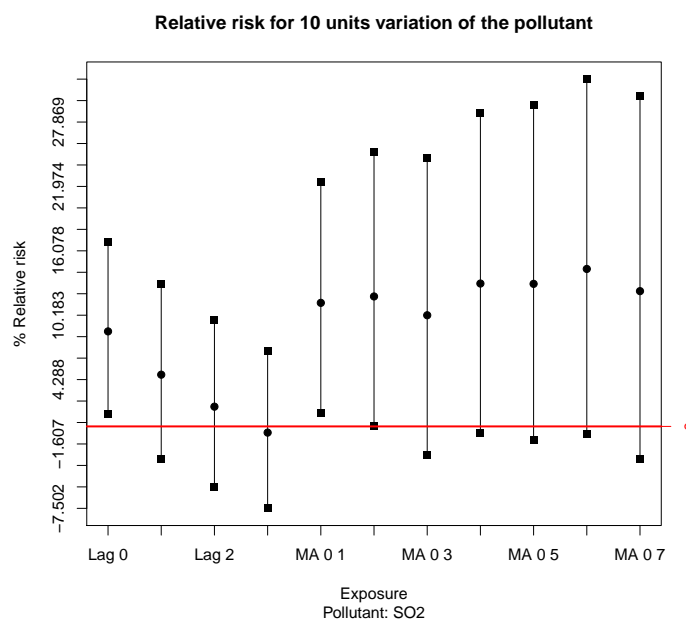


Figura 5.39: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{SO}_2$  na Estação de Vila Velha Centro, jan/2005 a dez/2010

## Efeitos Estimados - RAMQAr - Cariacica

Na análise dos poluentes monitorados na Estação de Cariacica, apenas as variações nos níveis de  $\text{SO}_2$ , e  $\text{PM}_{10}$  foram associadas de forma estatisticamente significativa com as variações de atendimentos por doenças respiratórias em crianças nos bairros de abrangência da Estação de Cariacica (Apêndice D). Observa-se que dois dias após um aumento na concentração do  $\text{SO}_2$  de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  é associado a um aumento de aproximadamente 7.57% nos atendimentos (Tabela 5.40). Examinando os efeitos acumulados de  $\text{SO}_2$ , graficamente na Figura 5.40, nenhuma defasagem ou indicador de exposição acumulada foi estatisticamente significativa, embora todos os percentuais de risco relativos estimados tenham sido maiores que zero (o que corresponde a efeitos adversos).

Tabela 5.40: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{SO}_2$  na Estação de Cariacica, jan/2005 a dez/2010.

Exposição a $\text{SO}_2$	%RR	Inferior	Superior	p.valor
dia da exposição	-0.10	-6.19	6.37	0.97
defasagem de 1 dia	1.09	-5.12	7.71	0.74
defasagem de 2 dias	7.57	1.17	14.38	0.02*
defasagem de 3 dias	3.91	-2.27	10.48	0.22
média móvel de 2 dias	0.74	-6.81	8.91	0.85
média móvel de 3 dias	6.01	-3.13	16.00	0.20
média móvel de 4 dias	8.23	-2.05	19.60	0.12
média móvel de 5 dias	3.57	-7.07	15.43	0.53
média móvel de 6 dias	2.13	-9.00	14.64	0.72
média móvel de 7 dias	2.94	-8.87	16.27	0.64
média móvel de 8 dias	5.05	-7.51	19.32	0.45

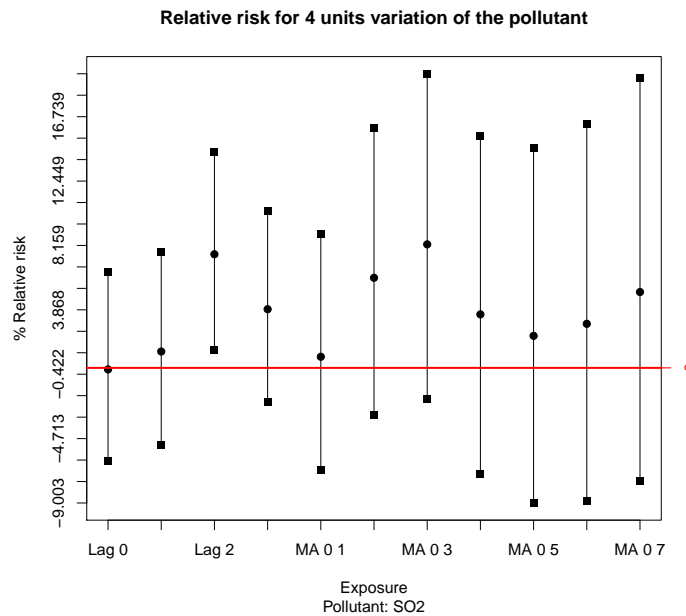


Figura 5.40: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{SO}_2$  na Estação de Cariacica, jan/2005 a dez/2010

Os efeitos significativos encontrados para  $\text{PM}_{10}$  são de três dias e os cumulativos a partir

da média móvel de sete dias. De acordo com a estratégia de relato dos resultados escolhidos, um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $PM_{10}$  em um dado dia acarretaria um acréscimo estatisticamente significativo de cerca de 2.62% nos atendimentos por doenças respiratórias três dias depois (Tabela 5.41). Analogamente, o mesmo acréscimo nos níveis das médias móveis de 7 e 8 dias de  $PM_{10}$  está associado, para cada um desses indicadores, a um aumento de cerca de 4,53% e 4,77% nos atendimentos por doenças respiratórias, respectivamente. Examinando os padrões da Figura 5.41, percebe-se um gradiente claro que se forma para os indicadores cumulativos de defasagens, culminando com efeitos estatisticamente significativos para as médias móveis de 7 e de 8 dias.

Tabela 5.41: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $PM_{10}$  na Estação de Cariacica, jan/2005 a dez/2010.

Exposição a $PM_{10}$	%RR	Inferior	Superior	p.valor
dia da exposição	0.86	-1.30	3.06	0.44
defasagem de 1 dia	0.29	-1.81	2.43	0.79
defasagem de 2 dias	1.15	-0.91	3.25	0.27
defasagem de 3 dias	2.62	0.58	4.71	0.01*
média móvel de 2 dias	0.83	-1.74	3.46	0.53
média móvel de 3 dias	1.50	-1.44	4.52	0.32
média móvel de 4 dias	3.09	-0.20	6.50	0.07
média móvel de 5 dias	3.29	-0.31	7.02	0.07
média móvel de 6 dias	3.72	-0.18	7.78	0.06
média móvel de 7 dias	4.53	0.36	8.88	0.03 *
média móvel de 8 dias	4.77	0.40	9.34	0.03 *

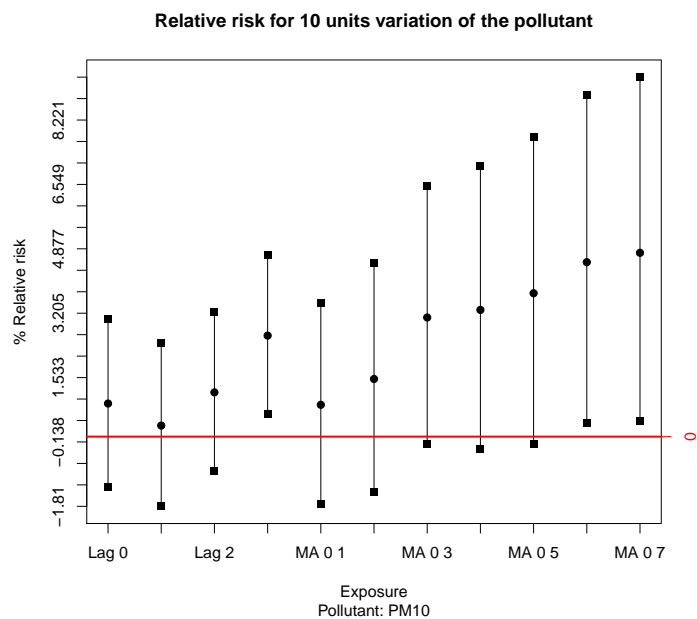


Figura 5.41: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{10}$  na Estação de Cariacica, jan/2005 a dez/2010

Os efeitos relativos à CO alternam entre positivos e negativos, embora nenhum tenha atingido significância estatística (Tabela 5.42). Examinando esses efeitos graficamente na Figura 5.42, observa-se que o de três dias de defasagem, bem como o cumulativo de oito dias são os de maior magnitude.

Tabela 5.42: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de CO na Estação de Cariacica, jan/2005 a dez/2010.

Exposição a CO	%RR	Inferior	Superior	p.valor
dia da exposição	5.56	-8.03	21.17	0.44
defasagem de 1 dia	-10.38	-22.50	3.63	0.14
defasagem de 2 dias	-1.15	-13.81	13.36	0.87
defasagem de 3 dias	7.31	-5.73	22.15	0.29
média móvel de 2 dias	-4.10	-20.18	15.21	0.65
média móvel de 3 dias	-4.81	-23.48	18.40	0.66
média móvel de 4 dias	1.52	-20.42	29.52	0.90
média móvel de 5 dias	-7.67	-29.15	20.33	0.56
média móvel de 6 dias	-0.85	-25.12	31.28	0.95
média móvel de 7 dias	7.43	-20.09	44.42	0.64
média móvel de 8 dias	12.47	-17.51	53.36	0.46

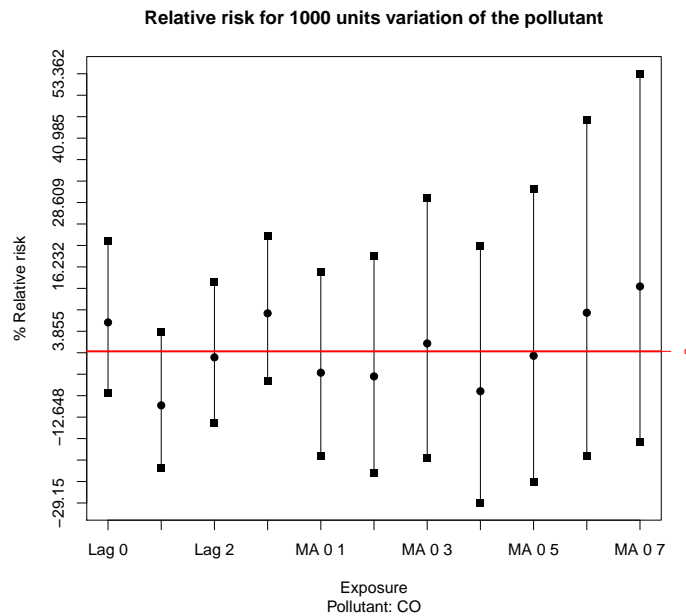


Figura 5.42: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de CO na Estação de Cariacica, jan/2005 a dez/2010

Nenhum efeito significativo de  $\text{NO}_2$  nos atendimentos foi obtido. A Tabela 5.43 resume

os resultados relativos a  $NO_2$  enquanto a Figura 5.43 exhibe os padrões correspondentes. Note que todos os poluentes estão longe de serem significantes.

Tabela 5.43: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu g/m^3$  de  $NO_2$  na Estação de Cariacica, jan/2005 a dez/2010.

Exposição a $NO_2$	%RR	Inferior	Superior	p.valor
dia da exposição	-0.00	-1.88	1.91	1.00
defasagem de 1 dia	-1.09	-3.03	0.89	0.28
defasagem de 2 dias	0.77	-1.14	2.73	0.43
defasagem de 3 dias	-0.41	-2.27	1.47	0.66
média móvel de 2 dias	-0.84	-3.23	1.62	0.50
média móvel de 3 dias	-0.21	-3.03	2.70	0.89
média móvel de 4 dias	-0.50	-3.65	2.76	0.76
média móvel de 5 dias	-1.43	-4.82	2.08	0.42
média móvel de 6 dias	-1.48	-5.09	2.26	0.43
média móvel de 7 dias	-0.63	-4.44	3.33	0.75
média móvel de 8 dias	0.13	-3.88	4.30	0.95

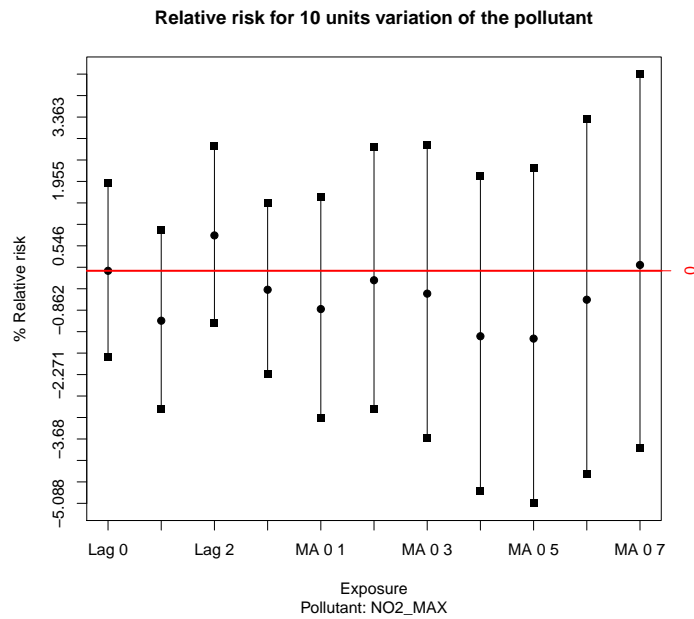


Figura 5.43: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{NO}_2$  na Estação de Cariacica, jan/2005 a dez/2010

Em relação aos efeitos do poluente  $\text{O}_3$  nos atendimentos, nenhum efeito foi significativo (Tabela 5.44). Examinando os padrões exibidos na Figura 5.44, conclui-se que os níveis observados do  $\text{O}_3$  no período de estudo e na região de abrangência de Cariacica parecem estar longe de afetar os atendimentos por doenças respiratórias em crianças.

Tabela 5.44: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $O_3$  na Estação de Cariacica, jan/2005 a dez/2010.

Exposição a $O_3$	%RR	Inferior	Superior	p.valor
dia da exposição	0.74	-2.43	4.02	0.65
defasagem de 1 dia	-0.65	-3.72	2.50	0.68
defasagem de 2 dias	0.69	-2.25	3.71	0.65
defasagem de 3 dias	1.58	-1.34	4.60	0.29
média móvel de 2 dias	0.04	-3.81	4.04	0.99
média móvel de 3 dias	0.53	-3.76	5.00	0.81
média móvel de 4 dias	1.48	-3.18	6.37	0.54
média móvel de 5 dias	2.26	-2.74	7.51	0.38
média móvel de 6 dias	1.53	-3.70	7.03	0.57
média móvel de 7 dias	0.01	-5.38	5.71	1.00
média móvel de 8 dias	-0.89	-6.49	5.04	0.76

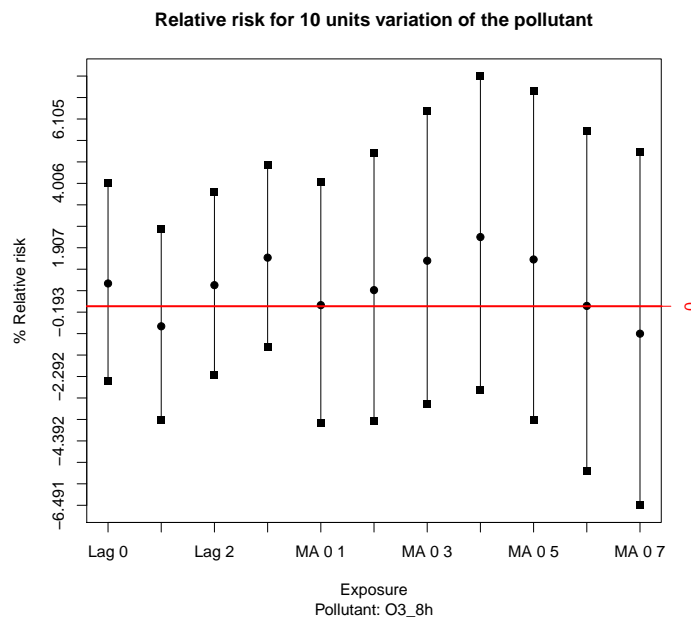


Figura 5.44: Aumentos percentuais nos atendimentos por DAR em crianças menores de 6 anos para um acréscimo de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $O_3$  na Estação de Cariacica, jan/2005 a dez/2010

Todos os resultados significativos estão resumidos na Tabela 5.45, que sumariza os aumentos percentuais (%RR), os intervalos de confiança e a probabilidade de significância



(p-valor) dos coeficientes das defasagens simples e acumuladas significativas para os atendimentos diários por causas respiratórias das estações de monitoramento.

Os resultados significativos dos aumentos percentuais e seus respectivos intervalos de confiança para cada localidade como também para a região geral, estão apresentados na Tabela 5.45, como especificados anteriormente, os ajustes dos modelos para cada localidade e os diagnósticos dos modelos encontram-se nos Apêndice C e D, respectivamente.

Tabela 5.45: Aumento percentual e intervalo de confiança de 95% dos atendimentos pediátricos de emergência por sintomas respiratórios. RGV, 2005-2010.

Exposição a $PM_{10}$	% RR (IC 95%)	p-valor	RAMQAr
acumulado de 5 dias	2.43 (-0.05; 4.97)	0.05	Grande Vitória
acumulado de 6 dias	2.73 (-0.00; 5.53)	0.05	Grande Vitória
acumulado de 7 dias	3.29 (0.31; 6.36)	0.03	Grande Vitória
defasagem de 1 dia	4.49 (1.45; 7.62)	0.00	Laranjeiras
acumulado de 2 dias	4.50 (1.04; 8.08)	0.01	Laranjeiras
acumulado de 3 dias	5.17 (1.35; 9.13)	0.01	Laranjeiras
acumulado de 4 dias	4.66 (0.60; 8.89)	0.02	Laranjeiras
defasagem de 1 dia	4.66 (0.48; 9.02)	0.03	Carapina
acumulado de 6 dias	8.36 (0.16; 17.23)	0.05	Carapina
acumulado de 7 dias	12.27 (3.15; 22.19)	0.01	Carapina
acumulado de 8 dias	11.50 (1.85; 22.06)	0.02	Carapina
acumulado de 6 dias	10.59 (1.79; 20.16)	0.02	Jardim Camburi
acumulado de 7 dias	12.08 (2.63; 22.40)	0.01	Jardim Camburi
acumulado de 8 dias	11.82 (1.87; 22.73)	0.02	Jardim Camburi
defasagem de 3 dias	2.41 (0.17; 4.71)	0.03	Enseada do Suá
dia corrente	4.08 (0.54; 7.76)	0.02	Vitória Centro
acumulado de 6 dias	6.58 (-0.03; 13.64)	0.05	Vitória Centro
acumulado de 7 dias	7.13 (0.01; 14.75)	0.05	Vitória Centro
acumulado de 7 dias	9.05 (1.54; 17.12)	0.02	Vila Velha Centro
acumulado de 8 dias	9.01 (1.19; 17.42)	0.02	Vila Velha Centro
defasagem de 3 dias	2.62 (0.58; 4.71)	0.01	Cariacica
acumulado de 7 dias	4.53 (0.36; 8.88)	0.03	Cariacica
acumulado de 8 dias	4.77 (0.40; 9.34)	0.03	Cariacica
Exposição a $SO_2$	% RR (IC 95%)	p-valor	RAMQAr
dia corrente	4.47 (-0.01; 9.14)	0.05	Grande Vitória
defasagem de 2 dias	5.26 (0.81; 9.90)	0.02	Grande Vitória
acumulado de 2 dias	6.47 (0.99; 12.26)	0.02	Grande Vitória
acumulado de 3 dias	8.80 (2.55; 15.44)	0.01	Grande Vitória
acumulado de 4 dias	8.76 (1.93; 16.05)	0.01	Grande Vitória
acumulado de 5 dias	7.09 (0.13; 14.84)	0.05	Grande Vitória
dia corrente	10.68 (1.09; 21.17)	0.03	Laranjeiras
defasagem de 2 dias	9.71 (1.68; 18.37)	0.02	Jardim Camburi
acumulado de 7 dias	13.52 (-0.24; 29.18)	0.05	Jardim Camburi
dia corrente	8.70 (1.12; 16.85)	0.02	Vila Velha Centro
acumulado de 2 dias	11.31 (1.23; 22.40)	0.03	Vila Velha Centro
defasagem de 3 dias	11.90 (0.04; 25.17)	0.05	Vila Velha Centro
defasagem de 2 dias	7.57 (1.17; 14.38)	0.02	Cariacica
Exposição a $NO_2$	% RR (IC 95%)	p-valor	RAMQAr
defasagem de 2 dias	3.85 (0.99; 6.80)	0.01	Jardim Camburi
acumulado de 6 dias	3.56 (0.35; 6.88)	0.03	Vitória Centro
acumulado de 7 dias	3.88 (0.46; 7.42)	0.03	Vitória Centro
acumulado de 8 dias	4.32 (0.70; 8.06)	0.02	Vitória Centro
Exposição a CO	% RR (IC 95%)	p-valor	RAMQAr
defasagem de 3 dias	1.78 (-0.02; 3.62)	0.05	Laranjeiras
defasagem de 2 dias	2.24 (0.72; 3.79)	0.00	Vila Velha Ibes
defasagem de 3 dias	1.97 (0.46; 3.51)	0.01	Vila Velha Ibes
acumulado de 4 dias	3.01 (0.60; 5.48)	0.01	Vila Velha Ibes
acumulado de 5 dias	2.96 (0.34; 5.65)	0.03	Vila Velha Ibes
acumulado de 6 dias	2.99 (0.20; 5.86)	0.04	Vila Velha Ibes
Exposição a $O_3$	% RR (IC 95%)	p-valor	RAMQAr
dia corrente	3.23 (0.17; 6.37)	0.04	Laranjeiras
acumulado de 4 dias	4.13 (-0.08; 8.51)	0.05	Laranjeiras

## 6.1 Conclusão

Este trabalho apresentou um estudo para verificar, através do modelo aditivo generalizado, a relação existente entre os poluentes atmosféricos  $PM_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $O_3$ , CO e o número de atendimentos diários por causas respiratórias em crianças menores de 6 anos na RGV, no período entre 2005 e 2010, por meio da análise espacial ("in loco") e média regional.

Metodologias de estatística descritiva foram utilizadas para a análise dos dados, através de gráficos e cálculos de medidas de tendência central e variabilidade. O MAG foi utilizado para modelar a variável resposta número de atendimentos diários por causas respiratórias em função de variáveis explicativas  $PM_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $O_3$  e CO.

Diversos efeitos deletérios da poluição atmosférica na saúde da população da RGV foram obtidos neste estudo, por meio do modelo MAG. Todos os poluentes mostraram associação com os atendimentos por causas respiratórias.

O  $PM_{10}$  apresentou um efeito bastante consistente em todas as defasagens sobre os aten-

dimentos por doenças respiratórias em crianças em todas as regiões analisadas, exceto na área de entorno da RAMQAr de Vila Velha Ibes, onde o efeito foi não significativo. Nas demais áreas de entorno das estações de monitoramento e na estimativa para a Grande Vitória, observou-se um padrão de efeito mais acumulado variando entre 2,62% e 12,08% (Tabela 5.45). Esses efeitos mostraram magnitudes variadas sendo que nas área de abrangência de Jardim Camburi e Carapina os efeitos estimados foram de maior magnitude em relação a outras áreas analisadas. Esse padrão de efeito é coerente com o observado em outros estudos com metodologia semelhante, como por exemplo (Braga et al., 2007) em Itabira, Minas Gerais, onde os autores verificaram que para um aumento de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nos níveis de  $PM_{10}$  foram associados com aumentos nos atendimentos de pronto-socorro por doenças respiratórias de 4% no dia e no dia seguinte, para crianças menores de 13 anos, e de 12%, nos três dias subsequentes para os adolescentes entre 13 e 19 anos.

O poluente  $SO_2$  apresentou associação com doenças respiratórias em crianças nas regiões de abrangência de Laranjeiras, Jardim Camburi, Vila Velha Centro e Cariacica, se refletindo nas estimativas para a Grande Vitória. Não foram observadas associações com doenças respiratórias nas regiões de entorno de Vila Velha Ibes e da Enseada do Suá. Mais uma vez a área de abrangência da RAMQAr de Jardim Camburi apresentou efeitos de magnitude expressivas em relação as outras áreas analisadas, esses efeitos variaram entre 4,17% a 13,52%.

Os efeitos do  $NO_2$  foram estatisticamente significativos na área de entorno de Jardim Camburi, 2 dias após a exposição na ordem de 3,85% nos atendimentos. Na área de abrangência da RAMQAr de Vitória Centro apresentaram-se efeitos acumulados para a média móvel de 6, 7 e 8 dias na ordem de 3,56%, 3,88% e 4,32% nos atendimentos, respectivamente. Nas demais áreas analisadas e na estimativa para Grande Vitória nenhuma associação significativa foi encontrada.

O CO apresentou associação com doenças respiratórias nas localidades de Laranjeiras e Vila Velha Ibes, não se refletindo nas estimativas para a Grande Vitória. Os efeitos estimados variaram entre 1,78% a 3,01% nos atendimentos.

Em relação ao  $O_3$ , apenas a estação de entorno de Laranjeiras apresentou associação estatisticamente significativa com os atendimentos. Fato não observado nas estimativas para a Grande Vitória. Foi estimado um aumento de 3,23% nos atendimentos no dia da exposição. Esse padrão de efeito é coerente com o observado em outros estudos com metodologia semelhante, como por exemplo (Ostro et al., 1999a), em Santiago, Chile, onde os autores verificaram um aumento de 5,4% nas consultas de emergência por doenças respiratórias, em crianças de 3 a 15 anos, para aumento de 50 ppb de  $O_3$ . Gouveia e Fletcher (2000a) observaram que, para aumento dos níveis ambientais de  $O_3$  de  $119 \mu g/m^3$ , as admissões hospitalares diárias por sintomas respiratórios foram acrescidas em 5%, em crianças menores de 5 anos de idade. Nesse grupo, o aumento de  $119 \mu g/m^3$  de  $O_3$  elevou em 5% as internações por pneumonia. Segundo Hajat et al. (1999), as doenças das vias respiratórias em geral, e também as doenças específicas das porções inferiores são grupos bastante heterogêneos de patologias que podem diluir os efeitos das doenças que possuem as associações mais específicas do  $O_3$ , como aquela que ocorreria com a asma brônquica. Essa hipótese poderia justificar os poucos relatos do envolvimento do  $O_3$  com este desfecho. Além disso, o comportamento do  $O_3$  é peculiar e ainda incerto. Ele é um poluente secundário porque não é emitido diretamente no ambiente, e resulta de reações químicas que envolvem compostos nitrogenados, hidrocarbonetos e luz solar, podendo ser gerado longe das fontes poluidoras (Bakonyi et al., 2004).

Em resumo, os poluentes obtidos no presente estudo confirmam que concentrações ambientais de poluentes atmosféricos estão associados a efeitos adversos sobre os atendimentos por doenças respiratórias em crianças menores de 6 anos na Região da Grande Vitória. A consistência das associações e as magnitudes dos efeitos observados, nas regiões analisadas, mesmo em um ambiente com baixos níveis de poluição atmosférica, se mostram extremamente relevantes em termos de saúde pública. Comparando as estimativas quando simulamos para toda a região da Grande Vitória com as análises entorno das regiões da RAMQAr, alguns efeitos só foram percebidos quando as análises foram feitas nas localidades desagregadas por região, sinalizando um efeito de maior magnitude em relação a estimativas de toda região. A explicação para isso é que a análise pela média de todas as

estações tende a suavizar os dados e assim diminuir a sua variabilidade, ocultando alguns efeitos.

A RGV atendeu ao padrão primário de qualidade do ar para os poluentes analisados em todos os dias do período em estudo. Confirmando, assim, que os níveis atuais de poluição do ar não são seguros. Os resultados encontrados fornecem subsídios para a elaboração de medidas que visem a minimizar os riscos, contribuindo ainda com o planejamento de saúde ambiental ou urbana e no aperfeiçoamento de políticas públicas.

Para trabalhos futuros, metodologia alternativa, como técnicas de bootstrap poderão ser utilizadas com objetivo de obter intervalos de mesma precisão, mas com menor amplitude amostral (Felsenstein, 1985). Outra metodologia a ser considerada, é a estimação da variância através de modelos heterocedásticos. O modelo GLARMA e suas propriedades (Davis et al., 2005), técnicas multivariadas para dados correlacionados no tempo (PCA, entre outras) são ferramentas estatística que podem também ser abordadas no estudo proposto.

O autor agradece ao apoio dos órgãos:

- CNPq
- CAPES
- FAPES
- FACITEC

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciência da Saúde da Universidade Federal do Espírito Santo, sob o número 04/11 em 14 de Maio de 2011.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, M. (2006). Modelo aditivo generalizado (mag) no estudo da relação entre o número de atendimentos hospitalares por causas respiratórias e a qualidade do ar. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Centro Tecnológico, Vitória.
- Almeida, S., Casimiro, E., e Calheiros, J. (2011). Short-term association between exposure to ozone and mortality in oporto, portugal. *Environmental Research*, 111(3):406–410.
- Atkinson, R. e. a. (2001). Acute effects of particulate air pollution on respiratory admissions. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 164(10):1860–1866.
- Bakonyi, S., Danni-Oliveira, I., Martins, L., e Braga, A. (2004). Poluição atmosférica e doenças respiratórias em crianças na cidade de curitiba, pr. *Rev Saúde Pública*, 38(5):695–700.
- Barbosa, G. (2008). O modelo aditivo generalizado e a técnica de bootstrap: um estudo entre o número de atendimento hospitalar por causas respiratórias e a qualidade do ar. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Centro Tecnológico, Vitória.
- Baxter, L., Finch, S., Lipfert, F., e Yu, Q. (1997). Comparing estimates of the effects of air pollution on human mortality obtained using different regression methodologies. *Risk analysis*, 17(3):273–278.
- Bishop, Y. e Fienberg, S. (2007). Discrete multivariate analysis theory and practice.
- Braga, A., Pereira, L., Procópio, M., André, P., e Saldiva, P. (2007). Associação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias e cardiovasculares na cidade de itabira, minas gerais, brasil. *Cad Saúde Pública*, 23(4):570–8.

- Braga, A., Saldiva, P., Pereira, L., Menezes, J., Conceição, G., Lin, C., Zanobetti, A., Schwartz, J., e Dockery, D. (2001a). Health effects of air pollution exposure on children and adolescents in são paulo, brazil\* . *Pediatric Pulmonology*, 31(2):106–113.
- Braga, A., Zanobetti, A., e Schwartz, J. (2000). Do respiratory epidemics confound the association between air pollution and daily deaths? *European Respiratory Journal*, 16(4):723–728.
- Braga, A., Zanobetti, A., e Schwartz, J. (2001b). The time course of weather-related deaths epidemiology 12: 662–667. *Epidemiology*.
- Brunekreef, B. e Holgate, S. (2002). Air pollution and health. *The Lancet*, 360(9341):1233–1242.
- Chen, R., Chu, C., Tan, J., Cao, J., Song, W., Xu, X., Jiang, C., Ma, W., Yang, C., Chen, B., et al. (2010). Ambient air pollution and hospital admission in shanghai, china. *Journal of hazardous materials*, 181(1-3):234–240.
- Cifuentes, L., Vega, J., Köpfer, K., e Lave, L. (2000). Effect of the fine fraction of particulate matter versus the coarse mass and other pollutants on daily mortality in santiago, chile. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 50(8):1287–1298.
- Conceição, G., Saldiva, P., e Singer, J. (2001). Modelos mlg e mag para análise da associação entre poluição atmosférica e marcadores de morbi-mortalidade: uma introdução baseada em dados da cidade de são paulo; glm and gam model for analyzing the association between atmospheric pollution and morbidity-mortality markers: an introduction based on data from the city são paulo, brazil. *Rev. bras. epidemiol*, 4(3):206–219.
- Daumas, R., Mendonça, G., León, A., et al. (2004). Air pollution and mortality in the elderly in rio de janeiro: a time-series analysis. *Cadernos de Saúde Pública*, 20(1):311–319.
- Davis, R., Dunsmuir, W., e Streett, S. (2005). Maximum likelihood estimation for an observation driven model for poisson counts. *Methodology and Computing in Applied Probability*, 7(2):149–159.
- Dominici, F., McDermott, A., Zeger, S., e Samet, J. (2002). On the use of generalized additive models in time-series studies of air pollution and health. *American journal of epidemiology*, 156(3):193–203.
- Farhat, S., Paulo, R., Shimoda, T., Conceição, G., Lin, C., Braga, A., Warth, M., e Saldiva, P. (2005). Effect of air pollution on pediatric respiratory emergency room visits and hospital admissions. *Brazilian journal of medical and biological research*, 38(2):227–235.
- Felsenstein, J. (1985). Confidence limits on phylogenies: an approach using the bootstrap. *Evolution*, páginas 783–791.



- Filleul, L., Zeghnoun, A., Declercq, C., Le Goaster, C., Le Tertre, A., Eilstein, D., Medina, S., Saviuc, P., Prouvost, H., Cassadou, S., et al. (2008). Relations à court terme entre la pollution atmosphérique urbaine et la mortalité respiratoire: la place des études temporelles.
- Friedman, J. (1991). Multivariate adaptive regression splines. *The annals of statistics*, páginas 1–67.
- Galan, I., Tobias, A., Banegas, J., e Aranguéz, E. (2003). Short-term effects of air pollution on daily asthma emergency room admissions. *European Respiratory Journal*, 22(5):802–808.
- Gouveia, N. e Fletcher, T. (2000a). Respiratory diseases in children and outdoor air pollution in sao paulo, brazil: a time series analysis. *Occupational and environmental medicine*, 57(7):477–483.
- Gouveia, N. e Fletcher, T. (2000b). Time series analysis of air pollution and mortality: effects by cause, age and socioeconomic status. *Journal of epidemiology and community health*, 54(10):750–755.
- Gouveia, N., Mendonça, G., Leon, A., Correia, J., Junger, W., Freitas, C., Daumas, R., Martins, L., Giussepe, L., Conceição, G., et al. (2003). Poluição do ar e efeitos na saúde nas populações de duas grandes metrópoles brasileiras. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 12(1):29–40.
- Hajat, S., Haines, A., Goubet, S., Atkinson, R., e Anderson, H. (1999). Association of air pollution with daily gp consultations for asthma and other lower respiratory conditions in london. *Thorax*, 54(7):597–605.
- Hastie, T. e Tibshirani, R. (1990). Generalized additive models. *Chapman, Hall, London*.
- Junger, W. (2008). *Análise, imputação de dados e interfaces computacionais em estudos de séries temporais epidemiológicas; Analysis, data input and computer interfaces in epidemiological series studies*. Tese de Doutorado, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Medicina Social.
- Junger, W. e de Leon, A. P. (2011). *ares: Environment air pollution epidemiology: a library for time series analysis*. R package version 0.7.2.
- Katsouyanni, K., Schwartz, J., Spix, C., Touloumi, G., Zmirou, D., Zanobetti, A., Wojtyniak, B., Vonk, J., Tobias, A., Pönkä, A., et al. (1996). Short term effects of air pollution on health: a european approach using epidemiologic time series data: the apha protocol. *Journal of epidemiology and community health*, 50(Suppl 1):S12–S18.
- Katsouyanni, K., Touloumi, G., Samoli, E., Gryparis, A., Le Tertre, A., Monopoli, Y., Rossi, G., Zmirou, D., Ballester, F., Boumghar, A., et al. (2001). Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 european cities within the apha2 project. *Epidemiology*, 12(5):521.

- Kedem, B. e Fokianos, K. (2002). *Regression models for time series analysis*, volume 323. John Wiley and Sons.
- Lin, C., Martins, M., Farhat, S., Pope 3rd, C., Conceicao, G., Anastácio, V., Hatanaka, M., Andrade, W., Hamaue, W., Böhm, G., et al. (1999). Air pollution and respiratory illness of children in sao paulo, brazil. *Paediatric and perinatal epidemiology*, 13(4):475.
- Luginaah, I., Fung, K., Gorey, K., Webster, G., e Wills, C. (2005). Association of ambient air pollution with respiratory hospitalization in a government-designated área of concern?: the case of windsor, ontario. *Environmental health perspectives*, 113(3):290.
- Martins, L., Latorre, M., Cardoso, M., Gonçalves, F., Saldiva, P., e Braga, A. (2002). Poluição atmosférica e atendimentos por pneumonia e gripe em são paulo, brasil. *Rev Saúde Pública*, 36(1):88–94.
- Martins, M., Fatigati, F., Vespoli, T., Martins, L., Pereira, L., Martins, M., Saldiva, P., e Braga, A. (2004). Influence of socioeconomic conditions on air pollution adverse health effects in elderly people: an analysis of six regions in sao paulo, brazil. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 58(1):41–46.
- McCullagh, P. e Nelder, J. (1989). *Generalized linear models*. Chapman & Hall/CRC.
- Namdeo, A., Tiwary, A., e Farrow, E. (2011). Estimation of age-related vulnerability to air pollution: Assessment of respiratory health at local scale. *Environment international*.
- Nascimento, L., Pereira, L., Braga, A., Módolo, M., e Carvalho Jr, J. (2006). Effects of air pollution on children’s health in a city in southeastern brazil. *Revista de Saúde Pública*, 40(1):77–82.
- Ostro, B., Eskeland, G., Sanchez, J., e Feyzioglu, T. (1999a). Air pollution and health effects: A study of medical visits among children in santiago, chile. *Environmental Health Perspectives*, 107(1):69.
- Ostro, B., Hurley, S., e Lipsett, M. (1999b). Air pollution and daily mortality in the coachella valley, california: a study of pm10 dominated by coarse particles. *Environmental Research*, 81(3):231–238.
- Pantazopoulou, A., Katsouyanni, K., Koureakremastinou, J., e Trichopoulos, D. (1995). Short-term effects of air pollution on hospital emergency outpatient visits and admissions in the greater athens, greece area. *Environmental research*, 69(1):31–36.
- Peel, J., Tolbert, P., Klein, M., Metzger, K., Flanders, W., Todd, K., Mulholland, J., Ryan, P., e Frumkin, H. (2005). Ambient air pollution and respiratory emergency department visits. *Epidemiology*, 16(2):164.
- Populacional, C. (2010). Censo populacional 2010.

- Qian, Z., He, Q., Lin, H., Kong, L., Liao, D., Dan, J., Bentley, C., e Wang, B. (2007). Association of daily cause-specific mortality with ambient particle air pollution in wuhan, china. *Environmental research*, 105(3):380–389.
- R Development Core Team (2011). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0.
- Ronchi, F. (2002). *Poluição atmosférica e saúde humana na cidade de Vitória-ES*. Tese de Doutorado, Faculdade de Medicina, USP, São Paulo.
- Saldiva, P., Pope III, C., Schwartz, J., Dockery, D., Lichtenfels, A., Salge, J., Barone, I., e Bohm, G. (1995). Air pollution and mortality in elderly people: a time-series study in sao paulo, brazil. *Archives of Environmental Health: An International Journal*, 50(2):159–163.
- Samoli, E., Nastos, P., Paliatsos, A., Katsouyanni, K., e Priftis, K. (2011). Acute effects of air pollution on pediatric asthma exacerbation: Evidence of association and effect modification. *Environmental Research*.
- Santolim, L. (1991). Rede otimizada para o monitoramento da qualidade do ar da grande vitória, espírito santo. Dissertação de Mestrado, ITUFES - Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Espírito Santo.
- Schwartz, J. (1996). Air pollution and hospital admissions for respiratory disease. *Epidemiology*, páginas 20–28.
- Segala, C., Poizeau, D., Mesbah, M., Willems, S., e Maidenberg, M. (2008). Winter air pollution and infant bronchiolitis in paris. *Environmental research*, 106(1):96–100.
- Wahba, G. (2000). Splines in nonparametric regression. *Encyclopedia of Environmetrics*.
- Wood, S. (2006). *Generalized additive models: an introduction with R*, volume 66. CRC Press.
- Zeger, S. (1988). A regression model for time series of counts. *Biometrika*, 75(4):621–629.
- Zeger, S., Thomas, D., Dominici, F., Samet, J., Schwartz, J., Dockery, D., e Cohen, A. (2000). Exposure measurement error in time-series studies of air pollution: concepts and consequences. *Environmental health perspectives*, 108(5):419.

## APÊNDICE A

### CORRELAÇÃO ENTRE OS POLUENTES

Tabela A.1: Correlação entre os poluentes na RAMQAr de Laranjeiras

	PM10	SO2	NO2	O3	CO
PM10	1.00	0.17	-0.04	-0.11	0.05
SO2	0.17	1.00	-0.01	-0.16	0.10
NO2	-0.04	-0.01	1.00	0.28	0.47
O3	-0.11	-0.16	0.28	1.00	0.02
CO	0.05	0.10	0.47	0.02	1.00

Tabela A.2: Correlação entre os poluentes na RAMQAr de Jardim Camburi

	PM10	SO2	NO2
PM10	1.00	-0.05	0.19
SO2	-0.05	1.00	0.28
NO2	0.19	0.28	1.00

Tabela A.3: Correlação entre os poluentes na RAMQAr da Enseada do Suá

	PM10	SO2	NO2	O3	CO
PM10	1.00	0.32	0.24	0.04	0.35
SO2	0.32	1.00	-0.02	-0.03	0.26
NO2	0.24	-0.02	1.00	0.10	0.36
O3	0.04	-0.03	0.10	1.00	-0.14
CO	0.35	0.26	0.36	-0.14	1.00

Tabela A.4: Correlação entre os poluentes na RAMQAr de Vitória Centro

	PM10	SO2	NO2	CO
PM10	1.00	0.41	0.43	0.29
SO2	0.41	1.00	0.36	0.39
NO2	0.43	0.36	1.00	0.48
CO	0.29	0.39	0.48	1.00

Tabela A.5: Correlação entre os poluentes na RAMQAr de Vila Velha Ibes

	PM10	SO2	NO2	O3	CO
PM10	1.00	0.31	0.34	0.06	0.34
SO2	0.31	1.00	0.18	-0.35	0.16
NO2	0.34	0.18	1.00	-0.01	0.37
O3	0.06	-0.35	-0.01	1.00	-0.15
CO	0.34	0.16	0.37	-0.15	1.00

Tabela A.6: Correlação entre os poluentes na RAMQAr de Vila Velha Centro

	PM10	SO2
PM10	1.00	0.25
SO2	0.25	1.00

Tabela A.7: Correlação entre os poluentes na RAMQAr de Cariacica

	PM10	SO2	NO2	O3	CO
PM10	1.00	0.37	0.49	0.05	0.47
SO2	0.37	1.00	0.41	-0.09	0.37
NO2	0.49	0.41	1.00	-0.09	0.75
O3	0.05	-0.09	-0.09	1.00	-0.18
CO	0.47	0.37	0.75	-0.18	1.00

## APÊNDICE B

### COEFICIENTES ESTIMADOS

- Laranjeiras

Tabela B.1: Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do  $PM_{10}$  da defasagem de 1 dia da RAMQAr de Laranjeiras

Variável	Estimativas	Erro Padrão	z valor	Pr(> z )
Intercepto	0.200866	0.172962	1.161	0.245506
segunda-feira	0.269183	0.055552	4.846	1.26e-06 ***
terça-feira	0.075432	0.057537	1.311	0.189857
quarta-feira	0.151057	0.056517	2.673	0.007522 **
quinta-feira	0.008243	0.058312	0.141	0.887584
sexta-feira	0.064181	0.057656	1.113	0.265639
sábado	0.047695	0.058072	0.821	0.411470
feriado1	0.360061	0.088247	4.080	4.50e-05 ***
feriado2	-0.142288	0.163306	-0.871	0.383590
chuva	-0.006842	0.002721	-2.515	0.011909 *
enchentes	0.235554	0.136596	1.724	0.084624 .
$PM_{10}$ lag1	0.004390	0.001506	2.915	0.003562 **

Significância: '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tabela B.2: Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do  $PM_{10}$  da média móvel de 2 dias da RAMQAr de Laranjeiras

Variável	Estimativas	Erro Padrão	z valor	Pr(> z )
Intercepto	0.2041711	0.1754791	1.164	0.244624
segunda-feira	0.2527067	0.0552952	4.570	4.87e-06 ***
terça-feira	0.0646013	0.0577874	1.118	0.263604
quarta-feira	0.1433520	0.0567793	2.525	0.011579 *
quinta-feira	-0.0008148	0.0586870	-0.014	0.988923
sexta-feira	0.0553372	0.0580422	0.953	0.340389
sábado	0.0455718	0.0581877	0.783	0.433517
feriado1	0.3681228	0.0884896	4.160	3.18e-05 ***
feriado2	-0.1338115	0.1634405	-0.819	0.412948
chuva	-0.0064648	0.0027283	-2.369	0.017813 *
enchentes	0.2400175	0.1367552	1.755	0.079244 .
$PM_{10}$ mm01	0.0044013	0.0017190	2.560	0.010457 *

Significância: \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \* 0.05 . 0.1 ' ' 1

Tabela B.3: Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do  $PM_{10}$  da média móvel de 3 dias da RAMQAr de Laranjeiras

Variável	Estimativas	Erro Padrão	z valor	Pr(> z )
Intercepto	0.180007	0.177922	1.012	0.311672
sexta-feira	0.060742	0.057782	1.051	0.293151
segunda-feira	0.257417	0.055310	4.654	3.25e-06 ***
sábado	0.048868	0.058067	0.842	0.400022
quinta-feira	0.004491	0.058439	0.077	0.938744
terça-feira	0.078224	0.057528	1.360	0.173911
quarta-feira	0.150799	0.056530	2.668	0.007640 **
feriado1	0.364226	0.088341	4.123	3.74e-05 ***
feriado2	-0.129381	0.163504	-0.791	0.428768
chuva	-0.006630	0.002723	-2.435	0.014884 *
enchentes	0.241467	0.136649	1.767	0.077219 .
$PM_{10}$ mm02	0.005039	0.001886	2.671	0.007558 **

Significância: \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \* 0.05 . 0.1 ' ' 1

Tabela B.4: Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do  $PM_{10}$  da média móvel de 4 dias da RAMQAr de Laranjeiras

Variável	Estimativas	Erro Padrão	z valor	Pr(> z )
Intercepto	0.201419	0.179505	1.122	0.261829
sexta-feira	0.066008	0.057673	1.145	0.252404
segunda-feira	0.256311	0.055306	4.634	3.58e-06 ***
sábado	0.052855	0.058007	0.911	0.362199
quinta-feira	0.011482	0.058286	0.197	0.843830
terça-feira	0.081377	0.057542	1.414	0.157300
quarta-feira	0.160767	0.056459	2.848	0.004406 **
feriado1	0.360263	0.088299	4.080	4.50e-05 ***
feriado2	-0.135537	0.163447	-0.829	0.406966
chuvas	-0.006870	0.002723	-2.523	0.011624 *
enchentes	0.247183	0.136611	1.809	0.070389 .
$PM_{10}$ mm03	0.004559	0.002021	2.256	0.024079 *

Significância: \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \* 0.05 . 0.1 ' ' 1

Tabela B.5: Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do  $O_3$  no dia da exposição na RAMQAr de Laranjeiras

Variável	Estimativas	Erro Padrão	z valor	Pr(> z )
Intercepto	-0.631587	0.666791	-0.947	0.34354
sexta-feira	0.084130	0.058124	1.447	0.14778
segunda-feira	0.266974	0.056132	4.756	1.97e-06 ***
sábado	0.063228	0.058274	1.085	0.27792
quinta-feira	0.032625	0.058936	0.554	0.57988
terça-feira	0.102664	0.058214	1.764	0.07781 .
quarta-feira	0.175132	0.057438	3.049	0.00230 **
feriado1	0.256469	0.089639	2.861	0.00422 **
feriado2	-0.282783	0.164089	-1.723	0.08483 .
chuvas	-0.002990	0.002742	-1.090	0.27553
enchentes	0.062249	0.138453	0.450	0.65300
$O_3$ lag0	0.003175	0.001533	2.072	0.03829 *

Significância: \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \*\* 0.05 . 0.1 ' ' 1

Tabela B.6: Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do  $SO_2$  no dia da exposição na RAMQAr de Laranjeiras

Variável	Estimativas	Erro Padrão	z valor	Pr(> z )
Intercepto	1.734609	1.631170	1.063	0.28759
sexta-feira	0.064732	0.057732	1.121	0.26218
segunda-feira	0.240577	0.055573	4.329	1.5e-05 ***
sábado	0.051710	0.058103	0.890	0.37348
quinta-feira	0.012020	0.058448	0.206	0.83706
terça-feira	0.084544	0.057692	1.465	0.14280
quarta-feira	0.152221	0.056745	2.683	0.00731 **
feriado1	0.249710	0.089845	2.779	0.00545 **
feriado2	-0.264030	0.164812	-1.602	0.10915
chuvas	-0.003282	0.002776	-1.182	0.23714
enchentes	0.088054	0.139742	0.630	0.52862
$SO_2$ lag0	0.010148	0.004622	2.195	0.02813 *

Significância: \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \*\* 0.05 . 0.1 ' ' 1

- Carapina



Tabela B.7: Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do  $PM_{10}$  da defasagem de 1 dia da RAMQAr de Carapina

Variável	Estimativas	Erro Padrão	z valor	Pr(> z )
Intercepto	-0.396800	0.338843	-1.171	0.241580
sexta-feira	0.095003	0.054739	1.736	0.082639 .
segunda-feira	0.315808	0.052497	6.016	1.79e-09 ***
sábado	0.010614	0.055918	0.190	0.849456
quinta-feira	0.091893	0.054625	1.682	0.092520 .
terça-feira	0.135005	0.054085	2.496	0.012554 *
quarta-feira	0.100678	0.054515	1.847	0.064776 .
feriado1	0.248607	0.098965	2.512	0.012003 *
feriado2	-0.188857	0.120069	-1.573	0.115740
chuvas	-0.010846	0.002958	-3.667	0.000246 ***
enchentes	0.146305	0.137681	1.063	0.287948
$PM_{10}$ lag1	0.004558	0.002079	2.193	0.028343 *

Significância: \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \* 0.05 . 0.1 ' ' 1

Tabela B.8: Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do  $PM_{10}$  da média móvel de 6 dias da RAMQAr de Carapina

Variável	Estimativas	Erro Padrão	z valor	Pr(> z )
Intercepto	-0.664385	0.388047	-1.712	0.086873 .
sexta-feira	0.098816	0.054708	1.806	0.070883 .
segunda-feira	0.301341	0.052082	5.786	7.21e-09 ***
sábado	0.015046	0.055810	0.270	0.787469
quinta-feira	0.096690	0.054631	1.770	0.076748 .
terça-feira	0.135718	0.054090	2.509	0.012104 *
quarta-feira	0.101453	0.054561	1.859	0.062965 .
feriado1	0.252812	0.098987	2.554	0.010650 *
feriado2	-0.187443	0.120095	-1.561	0.118573
chuvas	-0.010741	0.002955	-3.634	0.000279 ***
enchentes	0.154758	0.137702	1.124	0.261070
$PM_{10}$ mm05	0.008026	0.004014	2.000	0.045550 *

Significância: \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \* 0.05 . 0.1 ' ' 1

Tabela B.9: Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do  $PM_{10}$  da média móvel de 7 dias da RAMQAr de Carapina

Variável	Estimativas	Erro Padrão	z valor	Pr(> z )
Intercepto	-0.848896	0.406034	-2.091	0.036555 *
sexta-feira	0.098722	0.054706	1.805	0.071141 .
segunda-feira	0.300037	0.052082	5.761	8.37e-09 ***
sábado	0.018918	0.055753	0.339	0.734375
quinta-feira	0.092388	0.054651	1.691	0.090930 .
terça-feira	0.134542	0.054094	2.487	0.012875 *
quarta-feira	0.099577	0.054562	1.825	0.067997 .
feriado1	0.248893	0.098989	2.514	0.011925 *
feriado2	-0.187356	0.120108	-1.560	0.118784
chuvas	-0.010650	0.002954	-3.606	0.000311 ***
enchentes	0.154603	0.137591	1.124	0.261167
$PM_{10}$ mm06	0.011570	0.004320	2.678	0.007403 **

Significância: \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \* 0.05 . 0.1 ' ' 1

Tabela B.10: Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do  $PM_{10}$  da média móvel de 8 dias da RAMQAr de Carapina

Variável	Estimativas	Erro Padrão	z valor	Pr(> z )
Intercepto	-0.737368	0.412195	-1.789	0.073634 .
sexta-feira	0.092890	0.054800	1.695	0.090063 .
segunda-feira	0.295848	0.052120	5.676	1.38e-08 ***
sábado	0.014571	0.055800	0.261	0.793986
quinta-feira	0.086519	0.054714	1.581	0.113808
terça-feira	0.129098	0.054163	2.384	0.017148 *
quarta-feira	0.094400	0.054625	1.728	0.083959 .
feriado1	0.247826	0.098990	2.504	0.012295 *
feriado2	-0.190981	0.120095	-1.590	0.111780
chuvas	-0.010657	0.002954	-3.608	0.000309 ***
enchentes	0.151313	0.137603	1.100	0.271491
$PM_{10}$ mm07	0.010884	0.004616	2.358	0.018384 *

Significância: \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \* 0.05 . 0.1 ' ' ' 1

- Jardim Camburi

Tabela B.11: Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do  $PM_{10}$  da média móvel de 6 dias da RAMQAr de Jardim Camburi

Variável	Estimativas	Erro Padrão	z valor	Pr(> z )
Intercepto	-1.165544	0.684145	-1.704	0.088447 .
sexta-feira	0.021645	0.054843	0.395	0.693083
segunda-feira	0.197399	0.052422	3.766	0.000166 ***
sábado	0.031371	0.054600	0.575	0.565596
quinta-feira	0.007638	0.055037	0.139	0.889620
terça-feira	0.033568	0.054619	0.615	0.538837
quarta-feira	-0.005088	0.055177	-0.092	0.926534
feriado1	0.369408	0.104102	3.549	0.000387 ***
feriado2	-0.150001	0.110946	-1.352	0.176370
chuvas	-0.008285	0.002932	-2.826	0.004716 **
enchentes	0.121894	0.140966	0.865	0.387201
l(residuo, 17)	-0.029170	0.013379	-2.180	0.029242 *
l(residuo, 18)	0.028340	0.013313	2.129	0.033279 *
$PM_{10}$ mm05	0.010069	0.004232	2.379	0.017337 *

Significância: \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \* 0.05 . 0.1 ' ' ' 1

Tabela B.12: Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do  $PM_{10}$  da média móvel de 7 dias da RAMQAr de Jardim Camburi

Variável	Estimativas	Erro Padrão	z valor	Pr(> z )
Intercepto	-1.202318	0.684959	-1.755	0.079206 .
sexta-feira	0.017362	0.054806	0.317	0.751407
segunda-feira	0.193997	0.052405	3.702	0.000214 ***
sábado	0.036060	0.054559	0.661	0.508651
quinta-feira	-0.001237	0.054882	-0.023	0.982018
terça-feira	0.029552	0.054598	0.541	0.588319
quarta-feira	-0.011801	0.055111	-0.214	0.830452
feriado1	0.365581	0.104152	3.510	0.000448 ***
feriado2	-0.155032	0.110865	-1.398	0.161999
chuvas	-0.008262	0.002931	-2.819	0.004825 **
enchentes	0.121174	0.140916	0.860	0.389842
l(residuo, 17)	-0.028986	0.013378	-2.167	0.030260 *
l(residuo, 18)	0.028740	0.013318	2.158	0.030922 *
$PM_{10}$ mm06	0.011404	0.004495	2.537	0.011185 *

Significância: \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \*\* 0.05 . 0.1 ' ' 1

Tabela B.13: Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do  $PM_{10}$  da média móvel de 8 dias da RAMQAr de Jardim Camburi

Variável	Estimativas	Erro Padrão	z valor	Pr(> z )
Intercepto	-1.191010	0.685938	-1.736	0.082507 .
sexta-feira	0.005920	0.055011	0.108	0.914297
segunda-feira	0.189918	0.052434	3.622	0.000292 ***
sábado	0.028311	0.054669	0.518	0.604551
quinta-feira	-0.010915	0.055008	-0.198	0.842716
terça-feira	0.022742	0.054682	0.416	0.677494
quarta-feira	-0.019133	0.055208	-0.347	0.728916
feriado1	0.368086	0.104129	3.535	0.000408 ***
feriado2	-0.157874	0.110839	-1.424	0.154345
chuvas	-0.008258	0.002933	-2.815	0.004873 **
enchentes	0.121028	0.141040	0.858	0.390829
l(residuo, 17)	-0.028907	0.013383	-2.160	0.030775 *
l(residuo, 18)	0.028622	0.013316	2.149	0.031597 *
$PM_{10}$ mm07	0.011169	0.004751	2.351	0.018736 *

Significância: \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \*\* 0.05 . 0.1 ' ' 1

Tabela B.14: Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do  $SO_2$  da defasagem de 2 dias da RAMQAr de Jardim Camburi

Variável	Estimativas	Erro Padrão	z valor	Pr(> z )
Intercepto	-0.987255	0.675347	-1.462	0.143783
sexta-feira	0.024588	0.054894	0.448	0.654210
segunda-feira	0.215861	0.053062	4.068	4.74e-05 ***
sábado	0.042088	0.054599	0.771	0.440792
quinta-feira	0.007903	0.055022	0.144	0.885794
terça-feira	0.067253	0.056411	1.192	0.233188
quarta-feira	-0.000639	0.055271	-0.012	0.990775
feriado1	0.382132	0.104063	3.672	0.000241 ***
feriado2	-0.155511	0.110836	-1.403	0.160594
chuvas	-0.008167	0.002927	-2.790	0.005273 **
enchentes	0.119777	0.141332	0.847	0.396724
l(residuo, 17)	-0.030991	0.013359	-2.320	0.020350 *
l(residuo, 18)	0.029277	0.013319	2.198	0.027939 *
$SO_2$ lag2	0.003782	0.001426	2.652	0.008006 **

Significância: \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \*\* 0.05 \* 0.1 . 1

Tabela B.15: Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do  $NO_2$  da defasagem de 2 dias da RAMQAr de Jardim Camburi

Variável	Estimativas	Erro Padrão	z valor	Pr(> z )
Intercepto	-0.898617	1.038880	-0.865	0.387046
sexta-feira	0.022725	0.054835	0.414	0.678560
segunda-feira	0.202721	0.052488	3.862	0.000112 ***
sábado	0.043299	0.054618	0.793	0.427919
quinta-feira	0.002369	0.054919	0.043	0.965589
terça-feira	0.042286	0.054827	0.771	0.440550
quarta-feira	-0.006315	0.055175	-0.114	0.908874
feriado1	0.353777	0.104620	3.382	0.000721 ***
feriado2	-0.134412	0.110990	-1.211	0.225884
chuvas	-0.008150	0.002943	-2.769	0.005616 **
enchentes	0.150452	0.141615	1.062	0.288051
l(residuo, 10)	-0.035593	0.013538	-2.629	0.008562 **
l(residuo, 17)	-0.036683	0.013550	-2.707	0.006786 **
l(residuo, 18)	0.023355	0.013470	1.734	0.082959 .
$NO_2$ lag2	0.009265	0.003876	2.391	0.016818 *

Significância: \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \*\* 0.05 \* 0.1 . 1

- Enseada do Suá

Tabela B.16: Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do  $PM_{10}$  da defasagem de 3 dias da RAMQAr da Enseada do Suá

Variável	Estimativas	Erro Padrão	z valor	Pr(> z )
Intercepto	-0.0218153	0.2571324	-0.085	0.932388
sexta-feira	-0.019130	0.036803	-0.520	0.603218
segunda-feira	0.097910	0.035879	2.729	0.006355 **
sábado	0.052351	0.036299	1.442	0.149246
quinta-feira	0.004262	0.036634	0.116	0.907393
terça-feira	0.014992	0.036630	0.409	0.682338
quarta-feira	-0.040726	0.037168	-1.096	0.273197
feriado1	0.305631	0.051492	5.936	2.93e-09 ***
feriado2	-0.057833	0.125593	-0.460	0.645175
chuvas	0.0007521	0.0016761	0.449	0.653659
enchentes	-0.0085219	0.0894176	-0.095	0.924073
l(residuo, 1)	0.0216212	0.0090822	2.381	0.017284 *
l(residuo, 2)	0.0355542	0.0090925	3.910	9.22e-05 ***
$PM_{10}$ lag3	0.0023832	0.0011299	2.109	0.034925 *

Significância: \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \*\* 0.05 \* 0.1 ' ' 1

- Vitória Centro

Tabela B.17: Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do  $PM_{10}$  no dia da exposição na RAMQAr de Vitória Centro

Variável	Estimativas	Erro Padrão	z valor	Pr(> z )
Intercepto	-0.261014	0.207923	-1.255	0.20936
sexta-feira	0.082653	0.045842	1.803	0.07139 .
segunda-feira	0.201531	0.043981	4.582	4.60e-06 ***
sábado	0.066372	0.045032	1.474	0.14052
quinta-feira	0.104190	0.045436	2.293	0.02184 *
terça-feira	0.068852	0.045253	1.521	0.12814
quarta-feira	0.131207	0.044591	2.942	0.00326 **
feriado1	0.255618	0.082358	3.104	0.00191 **
feriado2	-0.111056	0.097180	-1.143	0.25313
chuvas	-0.001506	0.002021	-0.745	0.45625
enchentes	-0.108000	0.109477	-0.987	0.32388
l(residuo, 25)	0.039492	0.009550	4.135	3.54e-05 ***
$PM_{10}$ lag0	0.004004	0.001769	2.263	0.02363 *

Significância: \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \*\* 0.05 \* 0.1 ' ' 1

Tabela B.18: Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do  $PM_{10}$  da média móvel de 7 dias da RAMQAr de Vitória Centro

Variável	Estimativas	Erro Padrão	z valor	Pr(> z )
Intercepto	-0.364123	0.224991	-1.618	0.105579
sexta-feira	0.110112	0.044132	2.495	0.012593 *
segunda-feira	0.221079	0.043124	5.127	2.95e-07 ***
sábado	0.081636	0.044479	1.835	0.066448 .
quinta-feira	0.129502	0.043979	2.945	0.003233 **
terça-feira	0.087848	0.044437	1.977	0.048054 *
quarta-feira	0.149545	0.043830	3.412	0.000645 ***
feriado1	0.238784	0.081937	2.914	0.003565 **
feriado2	-0.125600	0.096903	-1.296	0.194927
chuvas	-0.001827	0.002014	-0.907	0.364441
enchentes	-0.105607	0.109361	-0.966	0.334207
l(residuo, 25)	0.039201	0.009570	4.096	4.20e-05 ***
$PM_{10}$ mm06	0.006883	0.003509	1.961	0.049827 *

Significância: \*\*\*\*' 0.001 \*\*\*' 0.01 \*\*' 0.05 '\*' 0.1 ' ' 1

Tabela B.19: Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do  $NO_2$  da média móvel de 6 dias da RAMQAr de Vitória Centro

Variável	Estimativas	Erro Padrão	z valor	Pr(> z )
Intercepto	-1.514e+00	8.764e-01	-1.728	0.084033 .
sexta-feira	9.838e-02	4.417e-02	2.227	0.025933 *
segunda-feira	2.063e-01	4.317e-02	4.778	1.77e-06 ***
sábado	7.068e-02	4.460e-02	1.585	0.113005
quinta-feira	1.309e-01	4.398e-02	2.976	0.002919 **
terça-feira	8.302e-02	4.447e-02	1.867	0.061913 .
quarta-feira	1.472e-01	4.385e-02	3.357	0.000789 ***
feriado1	1.163e-01	8.286e-02	1.404	0.160281
feriado2	-1.629e-01	9.748e-02	-1.671	0.094755 .
chuvas	9.013e-06	2.054e-03	0.004	0.996498
enchentes	-1.886e-01	1.103e-01	-1.709	0.087455 .
l(residuo, 25)	-2.678e-02	1.092e-02	-2.452	0.014217 *
$NO_2$ mm05	3.502e-03	1.609e-03	2.177	0.029514 *

Significância: \*\*\*\*' 0.001 \*\*\*' 0.01 \*\*' 0.05 '\*' 0.1 ' ' 1

Tabela B.20: Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do  $NO_2$  da média móvel de 7 dias da RAMQAr de Vitória Centro

Variável	Estimativas	Erro Padrão	z valor	Pr(> z )
Intercepto	-1.533e+00	8.767e-01	-1.749	0.080250 .
sexta-feira	1.017e-01	4.414e-02	2.304	0.021199 *
segunda-feira	2.067e-01	4.317e-02	4.787	1.69e-06 ***
sábado	7.793e-02	4.447e-02	1.752	0.079712 .
quinta-feira	1.297e-01	4.397e-02	2.948	0.003194 **
terça-feira	8.374e-02	4.447e-02	1.883	0.059665 .
quarta-feira	1.471e-01	4.385e-02	3.354	0.000797 ***
feriado1	1.143e-01	8.281e-02	1.380	0.167481 .
feriado2	-1.653e-01	9.744e-02	-1.697	0.089741 .
chuvas	1.753e-05	2.053e-03	0.009	0.993189
enchentes	-1.875e-01	1.104e-01	-1.699	0.089406 .
l(residuo, 25)	-2.656e-02	1.093e-02	-2.431	0.015072 *
$NO_2$ mm06	3.811e-03	1.708e-03	2.231	0.025690 *

Significância: \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \*\* 0.05 . 0.1 ' ' 1

Tabela B.21: Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do  $NO_2$  da média móvel de 8 dias da RAMQAr de Vitória Centro

Variável	Estimativas	Erro Padrão	z valor	Pr(> z )
Intercepto	-1.5501286	0.8765780	-1.768	0.076996 .
sexta-feira	0.0939249	0.0442763	2.121	0.033894 *
segunda-feira	0.1999788	0.0432511	4.624	3.77e-06 ***
sábado	0.0744039	0.0444983	1.672	0.094512 .
quinta-feira	0.1230162	0.0440708	2.791	0.005249 **
terça-feira	0.0776043	0.0445365	1.742	0.081423 .
quarta-feira	0.1411945	0.0439140	3.215	0.001303 **
feriado1	0.1152612	0.0828167	1.392	0.163994
feriado2	-0.1660216	0.0974301	-1.704	0.088380 .
chuvas	0.0000837	0.0020536	0.041	0.967488
enchentes	-0.1905822	0.1104025	-1.726	0.084303 .
l(residuo, 25)	-0.0265208	0.0109247	-2.428	0.015199 *
$NO_2$ mm07	0.0042252	0.0017985	2.349	0.018810 *

Significância: \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \*\* 0.05 . 0.1 ' ' 1

- Vila Velha Ibes

Tabela B.22: Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do CO na defasagem de 2 dias da RAMQAr de Vila Velha Ibes

Variável	Estimativas	Erro Padrão	z valor	Pr(> z )
Intercepto	-2.521e-01	6.143e-01	-0.410	0.681523
sexta-feira	9.002e-02	6.260e-02	1.438	0.150418
segunda-feira	2.811e-01	6.039e-02	4.655	3.25e-06 ***
sábado	8.586e-02	6.270e-02	1.369	0.170867
quinta-feira	6.858e-02	6.325e-02	1.084	0.278187
terça-feira	7.354e-02	6.413e-02	1.147	0.251513
quarta-feira	9.812e-02	6.260e-02	1.567	0.117016
feriado1	3.670e-01	1.177e-01	3.119	0.001813 **
feriado2	-3.633e-01	1.411e-01	-2.575	0.010027 *
chuvas	2.633e-04	3.039e-03	0.087	0.930952
enchentes	-1.462e-01	1.574e-01	-0.928	0.353210
l(residuo, 2)	3.495e-02	1.544e-02	2.264	0.023585 *
l(residuo, 4)	-2.587e-02	1.550e-02	-1.669	0.095062 .
l(residuo, 9)	-5.374e-02	1.543e-02	-3.484	0.000495 ***
l(residuo, 14)	-2.543e-02	1.551e-02	-1.640	0.101027
CO lag2	2.218e-04	7.646e-05	2.900	0.003726 **

Significância: \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \*\* 0.05 \* 0.1 . 1

Tabela B.23: Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do CO na defasagem de 3 dias da RAMQAr de Vila Velha Ibes

Variável	Estimativas	Erro Padrão	z valor	Pr(> z )
Intercepto	-2.511e-01	6.151e-01	-0.408	0.683040
sexta-feira	7.825e-02	6.236e-02	1.255	0.209520
segunda-feira	2.555e-01	6.005e-02	4.255	2.09e-05 ***
sábado	8.554e-02	6.274e-02	1.363	0.172761
quinta-feira	5.818e-02	6.310e-02	0.922	0.356521
terça-feira	5.201e-02	6.331e-02	0.822	0.411318
quarta-feira	1.067e-01	6.303e-02	1.693	0.090430 .
feriado1	3.594e-01	1.177e-01	3.054	0.002261 **
feriado2	-3.629e-01	1.411e-01	-2.572	0.010120 *
chuvas	1.800e-04	3.042e-03	0.059	0.952816
enchentes	-1.420e-01	1.575e-01	-0.902	0.367050
l(residuo, 2)	3.399e-02	1.543e-02	2.203	0.027607 *
l(residuo, 4)	-2.450e-02	1.548e-02	-1.583	0.113473
l(residuo, 9)	-5.530e-02	1.542e-02	-3.586	0.000336 ***
l(residuo, 14)	-2.561e-02	1.549e-02	-1.654	0.098176 .
CO lag3	1.953e-04	7.622e-05	2.562	0.010406 *

Significância: \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \*\* 0.05 \* 0.1 . 1



Tabela B.24: Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do CO da média móvel de 4 dias da RAMQAr de Vila Velha Ibes

Variável	Estimativas	Erro Padrão	z valor	Pr(> z )
Intercepto	-0.2957356	0.6143393	-0.481	0.63024
sexta-feira	0.0666900	0.0624017	1.069	0.28519
segunda-feira	0.2638583	0.0600080	4.397	1.1e-05 ***
sábado	0.0732446	0.0626730	1.169	0.24253
quinta-feira	0.0526417	0.0630941	0.834	0.40409
terça-feira	0.0485676	0.0632341	0.768	0.44245
quarta-feira	0.0915530	0.0624904	1.465	0.14290
feriado1	0.3712416	0.1178023	3.151	0.00162 **
feriado2	-0.3604921	0.1411174	-2.555	0.01063 *
chuvas	0.0005472	0.0030518	0.179	0.85769
enchentes	-0.1508911	0.1575746	-0.958	0.33827
l(residuo, 2)	0.0337958	0.0154442	2.188	0.02865 *
l(residuo, 4)	-0.0254296	0.0154794	-1.643	0.10042
l(residuo, 9)	-0.0538486	0.0154230	-3.491	0.00048 ***
l(residuo, 14)	-0.0244740	0.0154933	-1.580	0.11419
CO mm03	0.0002966	0.0001207	2.458	0.01396 *

Significância: \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \*\* 0.05 \* 0.1 ' ' 1

Tabela B.25: Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do CO da média móvel de 5 dias da RAMQAr de Vila Velha Ibes

Variável	Estimativas	Erro Padrão	z valor	Pr(> z )
Intercepto	-0.2958165	0.6149584	-0.481	0.630492
sexta-feira	0.0667037	0.0624149	1.069	0.285199
segunda-feira	0.2612938	0.0600006	4.355	1.33e-05 ***
sábado	0.0732433	0.0626780	1.169	0.242579
quinta-feira	0.0571654	0.0630902	0.906	0.364888
terça-feira	0.0427431	0.0631713	0.677	0.498646
quarta-feira	0.0906817	0.0624837	1.451	0.146700
feriado1	0.3652500	0.1177181	3.103	0.001917 **
feriado2	-0.3633326	0.1411029	-2.575	0.010026 *
chuvas	0.0005065	0.0030545	0.166	0.868288
enchentes	-0.1462819	0.1574979	-0.929	0.353000
l(residuo, 2)	0.0334141	0.0154454	2.163	0.030513 *
l(residuo, 4)	-0.0251190	0.0154780	-1.623	0.104614
l(residuo, 9)	-0.0541521	0.0154222	-3.511	0.000446 ***
l(residuo, 14)	-0.0243646	0.0154924	-1.573	0.115793
CO mm04	0.0002922	0.0001315	2.222	0.026297 *

Significância: \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \*\* 0.05 \* 0.1 ' ' 1

Tabela B.26: Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do CO da média móvel de 6 dias da RAMQAr de Vila Velha Ibes

Variável	Estimativas	Erro Padrão	z valor	Pr(> z )
Intercepto	-0.3020391	0.6156190	-0.491	0.623690
sexta-feira	0.0715177	0.0623420	1.147	0.251305
segunda-feira	0.2619129	0.0600011	4.365	1.27e-05 ***
sábado	0.0731993	0.0626831	1.168	0.242900
quinta-feira	0.0579415	0.0630967	0.918	0.358464
terça-feira	0.0412389	0.0631707	0.653	0.513874
quarta-feira	0.0866562	0.0624317	1.388	0.165132
feriado1	0.3602484	0.1176706	3.061	0.002202 **
feriado2	-0.3650983	0.1410904	-2.588	0.009662 **
chuvas	0.0005193	0.0030574	0.170	0.865140
enchentes	-0.1462633	0.1574522	-0.929	0.352921
l(residuo, 2)	0.0331947	0.0154501	2.149	0.031673 *
l(residuo, 4)	-0.0251279	0.0154769	-1.624	0.104467
l(residuo, 9)	-0.0542654	0.0154208	-3.519	0.000433 ***
l(residuo, 14)	-0.0241723	0.0154943	-1.560	0.118742
CO mm05	0.0002947	0.0001401	2.104	0.035364 *

Significância: \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \*\* 0.05 \* 0.1 ' ' 1

- Vila Velha Centro

Tabela B.27: Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do  $PM_{10}$  da média móvel de 7 dias da RAMQAr de Vila Velha Centro

Variável	Estimativas	Erro Padrão	z valor	Pr(> z )
Intercepto	0.133181	0.469483	0.284	0.77666
sexta-feira	-0.107947	0.052803	-2.044	0.04092 *
segunda-feira	-0.011422	0.051634	-0.221	0.82493
sábado	-0.007057	0.051664	-0.137	0.89135
quinta-feira	-0.162305	0.053520	-3.033	0.00242 **
terça-feira	-0.133580	0.053326	-2.505	0.01225 *
quarta-feira	-0.146157	0.053580	-2.728	0.00638 **
feriado1	0.336956	0.080518	4.185	2.85e-05 ***
feriado2	-0.044804	0.144405	-0.310	0.75636
chuvas	-0.001784	0.001455	-1.226	0.22035
l(residuo, 3)	0.031234	0.013233	2.360	0.01826 *
l(residuo, 22)	-0.036962	0.013307	-2.778	0.00548 **
$PM_{10}$ mm06	0.008664	0.003641	2.380	0.01733 *

Significância: \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \*\* 0.05 \* 0.1 ' ' 1

Tabela B.28: Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do  $PM_{10}$  da média móvel de 8 dias da RAMQAr de Vila Velha Centro

Variável	Estimativas	Erro Padrão	z valor	Pr(> z )
Intercepto	0.136019	0.470056	0.289	0.772300
sexta-feira	-0.112578	0.052857	-2.130	0.033182 *
segunda-feira	-0.013569	0.051646	-0.263	0.792762
sábado	-0.009166	0.051678	-0.177	0.859217
quinta-feira	-0.166187	0.053563	-3.103	0.001918 **
terça-feira	-0.136411	0.053343	-2.557	0.010551 *
quarta-feira	-0.149113	0.053604	-2.782	0.005406 **
feriado1	0.335048	0.080508	4.162	3.16e-05 ***
feriado2	-0.046646	0.144391	-0.323	0.746657
chuvas	-0.001775	0.001456	-1.219	0.222796
l(residuo, 3)	0.031058	0.013238	2.346	0.018969 *
l(residuo, 22)	-0.036900	0.013309	-2.773	0.005561 **
$PM_{10}$ mm07	0.008623	0.003795	2.272	0.023089 *

Significância: \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \*\* 0.05 \* 0.1 ' ' 1

Tabela B.29: Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do  $SO_2$  no dia da exposição na RAMQAr de Vila Velha Centro

Variável	Estimativas	Erro Padrão	z valor	Pr(> z )
Estimate Std. Error z value Pr(> z ) Intercepto	0.332701	0.459272	0.724	0.468815
sexta-feira	-0.103672	0.052828	-1.962	0.049711 *
segunda-feira	-0.007313	0.051664	-0.142	0.887430
sábado	-0.004791	0.051671	-0.093	0.926127
quinta-feira	-0.162622	0.053521	-3.038	0.002378 **
terça-feira	-0.129974	0.053352	-2.436	0.014843 *
quarta-feira	-0.144893	0.053584	-2.704	0.006850 **
feriado1	0.335239	0.080519	4.163	3.13e-05 ***
feriado2	-0.058022	0.144354	-0.402	0.687729
chuvas	-0.001613	0.001450	-1.112	0.266189
l(residuo, 3)	0.031742	0.013219	2.401	0.016340 *
l(residuo, 22)	-0.038283	0.013291	-2.880	0.003973 **
$SO_2$ lag0	0.008344	0.003688	2.262	0.023684 *

Significância: \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \*\* 0.05 \* 0.1 ' ' 1

Tabela B.30: Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do  $SO_2$  da média móvel de 2 dias da RAMQAr de Vila Velha Centro

Variável	Estimativas	Erro Padrão	z valor	Pr(> z )
Intercepto	0.317904	0.459369	0.692	0.488908
sexta-feira	-0.107441	0.052802	-2.035	0.041870 *
segunda-feira	-0.010199	0.051636	-0.198	0.843426
sábado	-0.004595	0.051672	-0.089	0.929140
quinta-feira	-0.163548	0.053528	-3.055	0.002248 **
terça-feira	-0.130202	0.053348	-2.441	0.014662 *
quarta-feira	-0.145249	0.053581	-2.711	0.006712 **
feriado1	0.335156	0.080520	4.162	3.15e-05 ***
feriado2	-0.055822	0.144344	-0.387	0.698957
chuvas	-0.001726	0.001449	-1.192	0.233319
l(residuo, 3)	0.031991	0.013219	2.420	0.015517 *
l(residuo, 22)	-0.038418	0.013293	-2.890	0.003851 **
$SO_2$ mm01	0.010719	0.004844	2.213	0.026910 *

Significância: \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \*\* 0.05 \* 0.1 ' ' 1

Tabela B.31: Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do  $SO_2$  da média móvel de 3 dias da RAMQAr de Vila Velha Centro

Variável	Estimativas	Erro Padrão	z valor	Pr(> z )
Intercepto	0.314355	0.459493	0.684	0.493890
sexta-feira	-0.108962	0.052810	-2.063	0.039086 *
segunda-feira	-0.011209	0.051634	-0.217	0.828139
sábado	-0.007401	0.051667	-0.143	0.886098
quinta-feira	-0.163589	0.053531	-3.056	0.002243 **
terça-feira	-0.132854	0.053329	-2.491	0.012731 *
quarta-feira	-0.145794	0.053581	-2.721	0.006508 **
feriado1	0.336164	0.080524	4.175	2.98e-05 ***
feriado2	-0.055912	0.144346	-0.387	0.698499
chuvas	-0.001862	0.001449	-1.285	0.198736
l(residuo, 3)	0.031921	0.013221	2.414	0.015758 *
l(residuo, 22)	-0.038332	0.013290	-2.884	0.003924 **
$SO_2$ mm02	0.011243	0.005717	1.967	0.049240 *

Significância: \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \*\* 0.05 \* 0.1 ' ' 1

- Cariacica

Tabela B.32: Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do  $PM_{10}$  da defasagem de 3 dias da RAMQAr de Cariacica

Variável	Estimativas	Erro Padrão	z valor	Pr(> z )
Intercepto	-0.680335	0.281340	-2.418	0.015598 *
sexta-feira	-0.009229	0.054920	-0.168	0.866553
segunda-feira	0.167006	0.052282	3.194	0.001402 **
sábado	0.001362	0.054781	0.025	0.980162
quinta-feira	0.054268	0.053737	1.010	0.312554
terça-feira	0.127148	0.053601	2.372	0.017687 *
quarta-feira	0.096457	0.057203	1.686	0.091756 .
feriado1	0.332750	0.076177	4.368	1.25e-05 ***
feriado2	-0.082823	0.182578	-0.454	0.650095
chuvas	-0.001475	0.002683	-0.550	0.582447
enchentes	-0.075747	0.136988	-0.553	0.580301
l(residuo, 1)	0.078216	0.012032	6.501	8.00e-11 ***
l(residuo, 2)	0.061746	0.012094	5.105	3.30e-07 ***
l(residuo, 3)	0.060893	0.012113	5.027	4.99e-07 ***
$PM_{10}$ lag3	0.002590	0.001028	2.518	0.011791 *

Significância: \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \*\* 0.05 . 0.1 ' ' 1

Tabela B.33: Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do  $PM_{10}$  da média móvel de 7 dias da RAMQAr de Cariacica

Variável	Estimativas	Erro Padrão	z valor	Pr(> z )
Intercepto	-0.747217	0.288975	-2.586	0.009717 **
sexta-feira	-0.015429	0.054860	-0.281	0.778525
segunda-feira	0.169455	0.052271	3.242	0.001188 **
sábado	-0.007058	0.054688	-0.129	0.897314
quinta-feira	0.046752	0.053677	0.871	0.383754
terça-feira	0.108231	0.053069	2.039	0.041408 *
quarta-feira	0.047237	0.053803	0.878	0.379970
feriado1	0.337767	0.076169	4.434	9.23e-06 ***
feriado2	-0.072693	0.182597	-0.398	0.690553
chuvas	-0.001113	0.002684	-0.415	0.678399
enchentes	-0.086912	0.137015	-0.634	0.525869
l(residuo, 1)	0.077819	0.012049	6.458	1.06e-10 ***
l(residuo, 2)	0.060637	0.012124	5.001	5.70e-07 ***
l(residuo, 3)	0.059775	0.012143	4.922	8.55e-07 ***
$PM_{10}$ mm06	0.004430	0.002079	2.130	0.033140 *

Significância: \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \*\* 0.05 . 0.1 ' ' 1

Tabela B.34: Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do  $PM_{10}$  da média móvel de 8 dias da RAMQAr de Cariacica

Variável	Estimativas	Erro Padrão	z valor	Pr(> z )
Intercepto	-0.753651	0.290033	-2.598	0.009363 **
sexta-feira	-0.027873	0.055155	-0.505	0.613300
segunda-feira	0.159805	0.052464	3.046	0.002319 **
sábado	-0.013935	0.054791	-0.254	0.799240
quinta-feira	0.035665	0.053925	0.661	0.508368
terça-feira	0.098425	0.053270	1.848	0.064649 .
quarta-feira	0.038079	0.053988	0.705	0.480613
feriado1	0.336348	0.076161	4.416	1.00e-05 ***
feriado2	-0.071623	0.182611	-0.392	0.694898
chuvas	-0.001087	0.002684	-0.405	0.685412
enchentes	-0.088213	0.137043	-0.644	0.519779
l(residuo, 1)	0.077723	0.012050	6.450	1.12e-10 ***
l(residuo, 2)	0.060555	0.012128	4.993	5.94e-07 ***
l(residuo, 3)	0.059837	0.012146	4.926	8.37e-07 ***
$PM_{10}$ mm07	0.004664	0.002174	2.145	0.031957 *

Significância: \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \*\* 0.05 . 0.1 ' ' 1

Tabela B.35: Resultado da Regressão de Poisson para estimação do efeito do  $SO_2$  da defasagem de 3 dias da RAMQAr de Cariacica

Variável	Estimativas	Erro Padrão	z valor	Pr(> z )
Intercepto	-1.867662	1.031339	-1.811	0.070155 .
sexta-feira	-0.018019	0.055182	-0.327	0.744024
segunda-feira	0.180099	0.052711	3.417	0.000634 ***
sábado	-0.013883	0.054876	-0.253	0.800278
quinta-feira	0.054231	0.053788	1.008	0.313345
terça-feira	0.135002	0.054375	2.483	0.013034 *
quarta-feira	0.055721	0.054115	1.030	0.303165
feriado1	0.262926	0.076979	3.416	0.000636 ***
feriado2	-0.074240	0.184473	-0.402	0.687359
chuvas	0.001061	0.002687	0.395	0.692840
enchentes	-0.161273	0.137707	-1.171	0.241543
l(residuo, 9)	-0.032350	0.012886	-2.510	0.012060 *
l(residuo, 10)	-0.027395	0.012866	-2.129	0.033243 *
l(residuo, 22)	-0.038666	0.012897	-2.998	0.002717 **
$SO_2$ lag2	0.018248	0.007828	2.331	0.019746 *

Significância: \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \*\* 0.05 . 0.1 ' ' 1

- Modelo Central Região da Grande Vitória

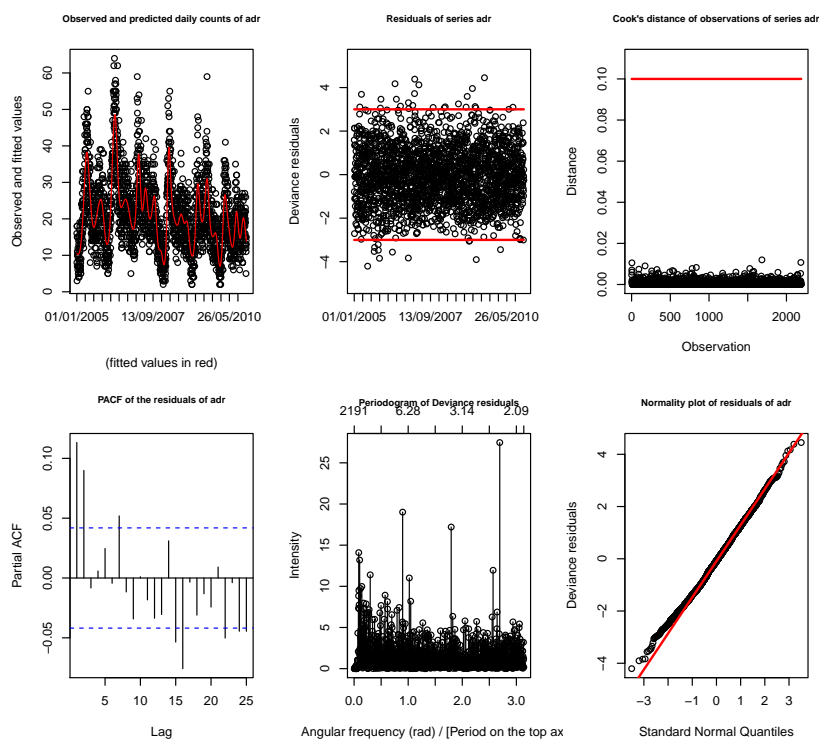


Figura C.1: Ajuste para o efeito da tendência e sazonalidade de longo prazo (dias transcorridos) do Modelo Central RGV: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

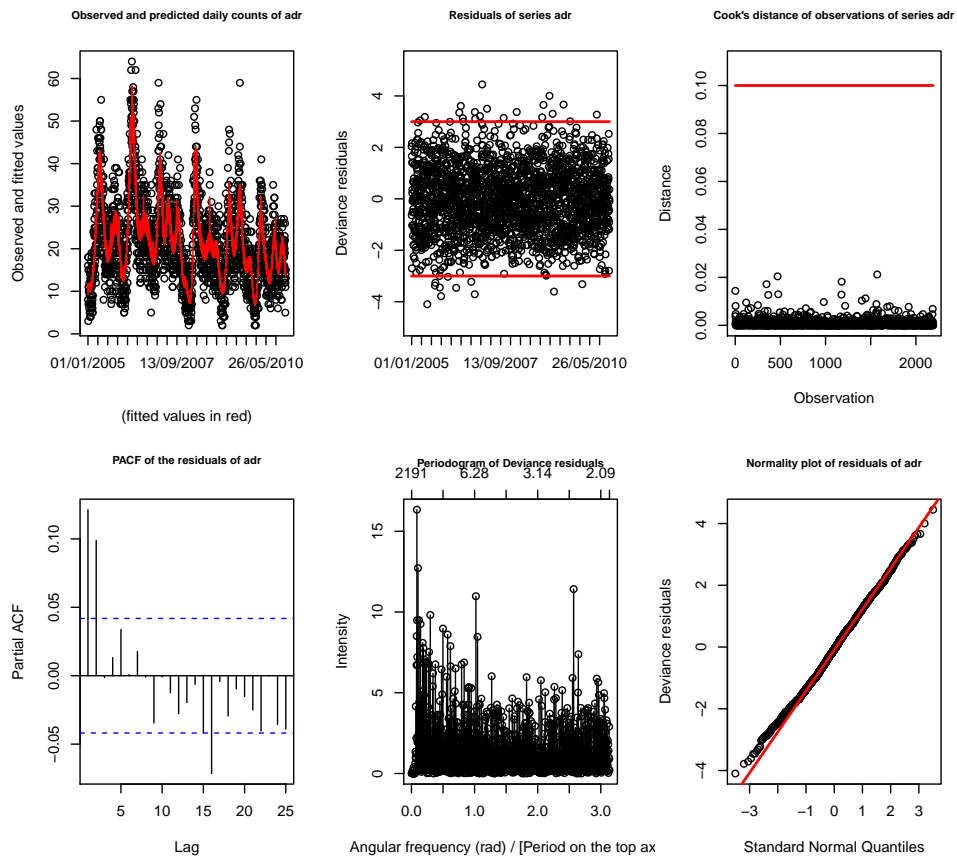


Figura C.2: Ajuste para o efeito do calendário (dias da semana e feriados) do Modelo Central RGV: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal



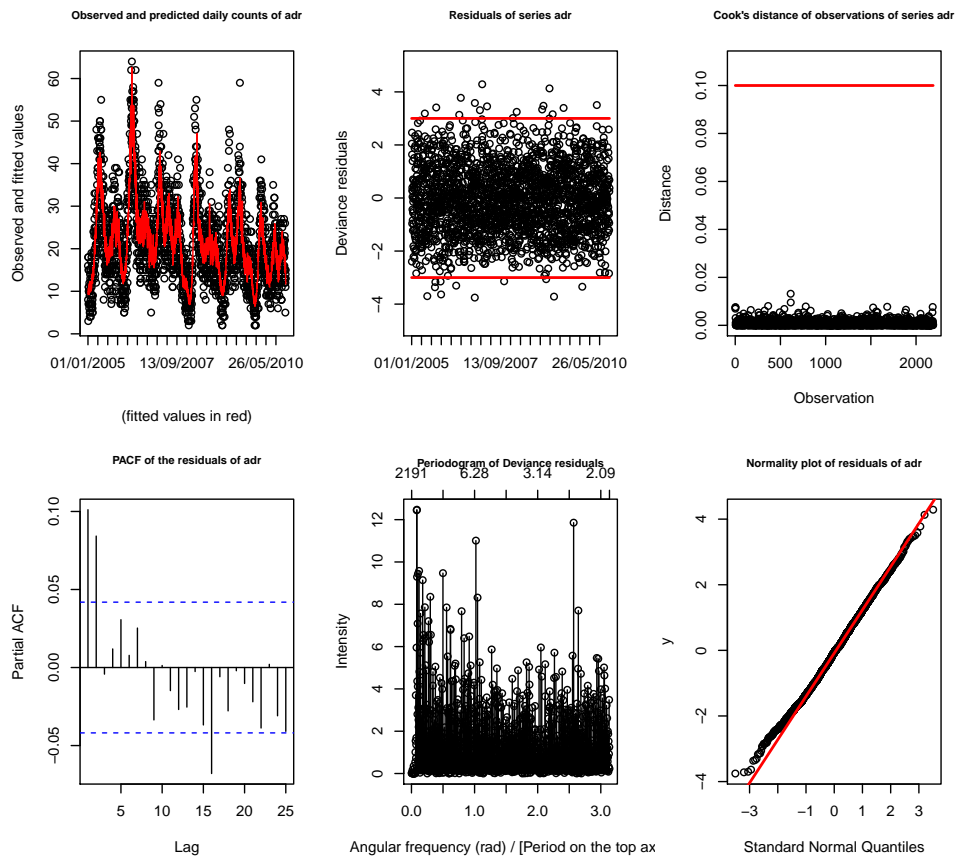


Figura C.3: Ajuste para o efeito da temperatura do Modelo Central RGV: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

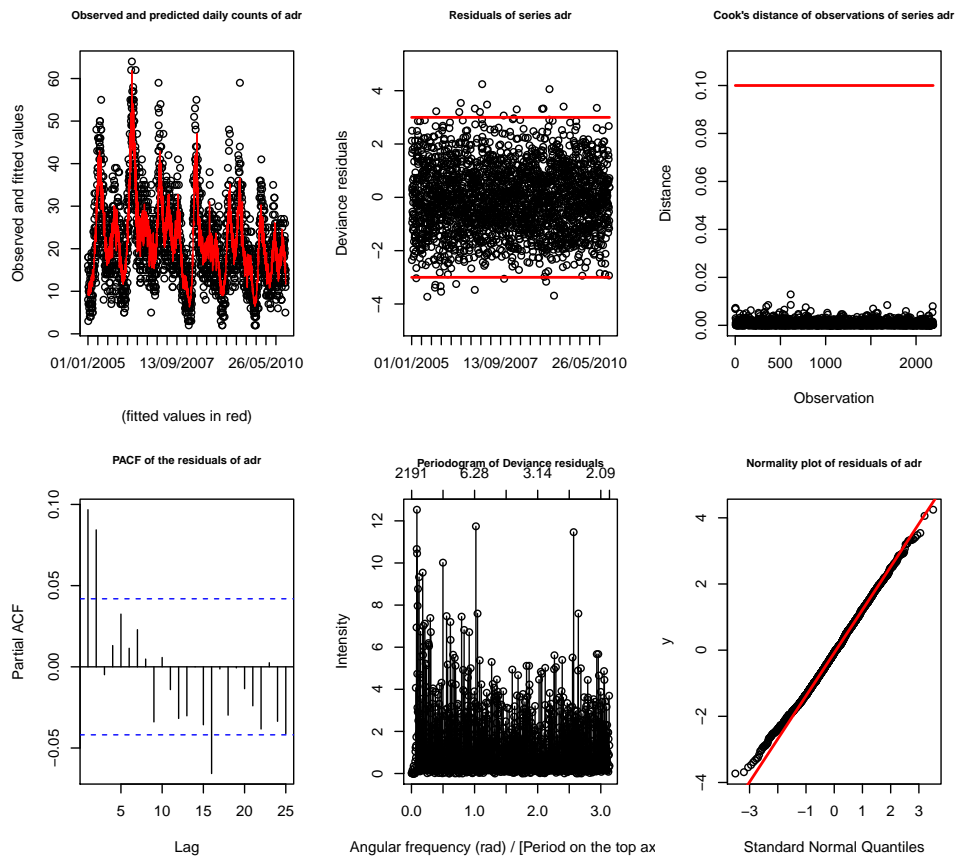


Figura C.4: Ajuste para o efeito da umidade do Modelo Central RGV: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

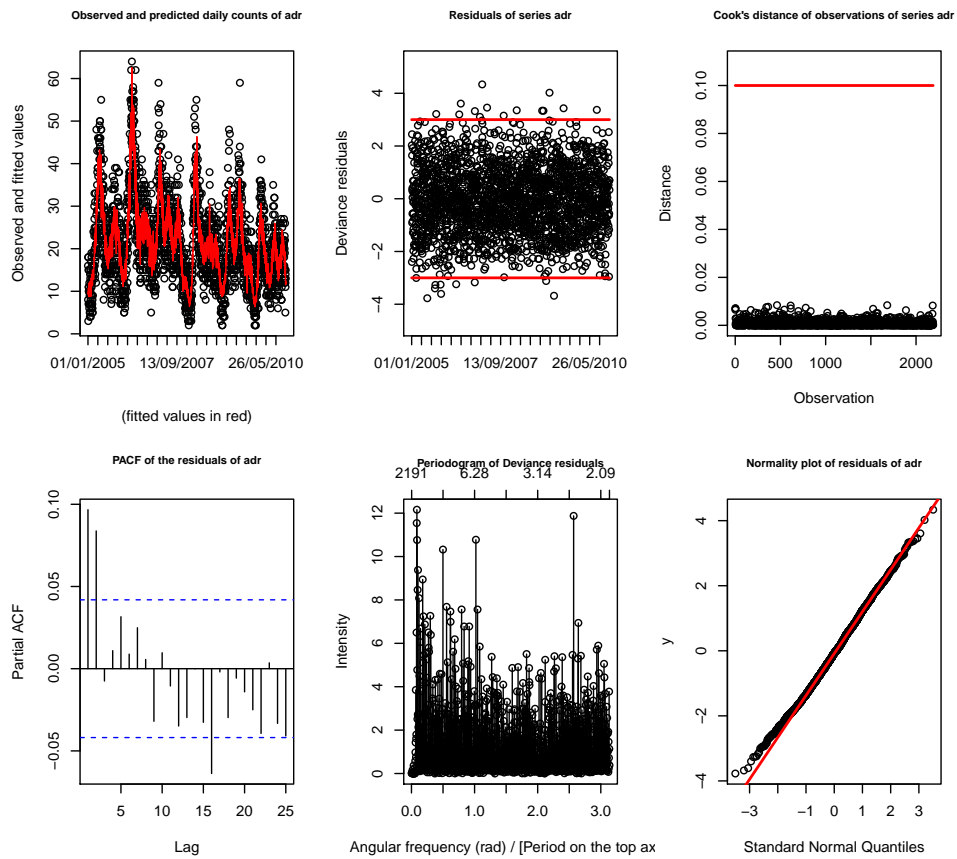


Figura C.5: Ajuste para o efeito da precipitação pluviométrica do Modelo Central RGV: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

- Modelo Central da Estação de Laranjeiras

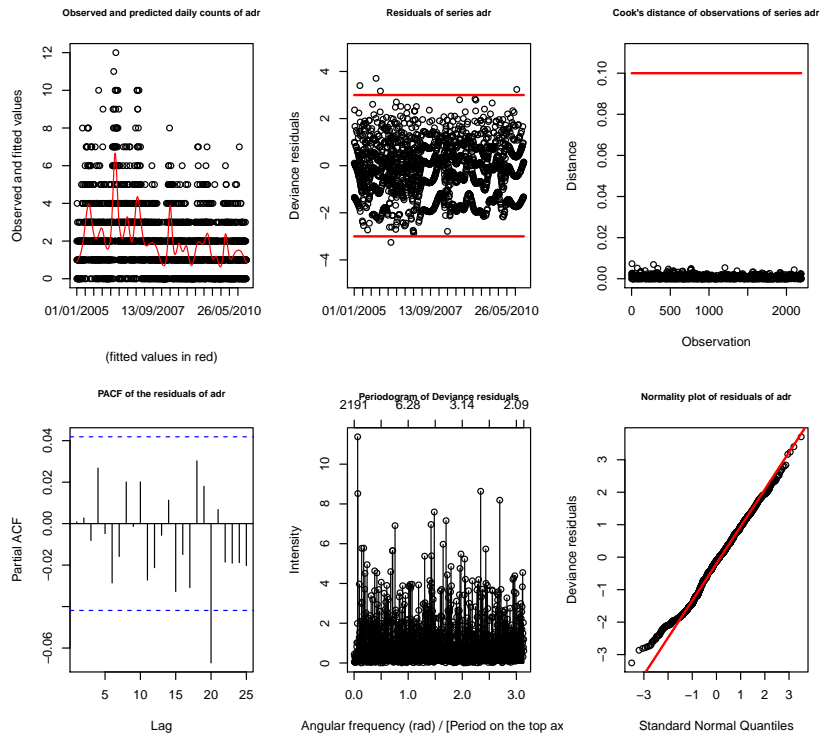


Figura C.6: Ajuste para o efeito da tendência e sazonalidade de longo prazo (dias transcorridos) do Modelo Central de Estação de Laranjeiras: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

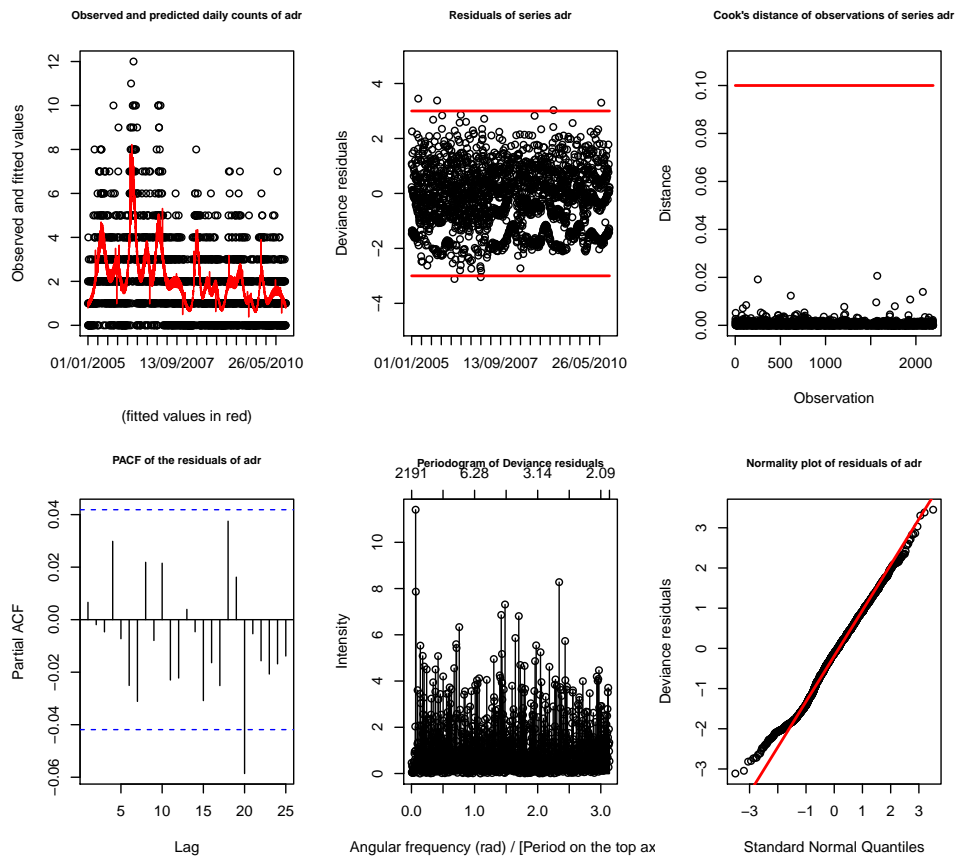


Figura C.7: Ajuste para o efeito do calendário (dias da semana e feriados) do Modelo Central Estação de Laranjeiras: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

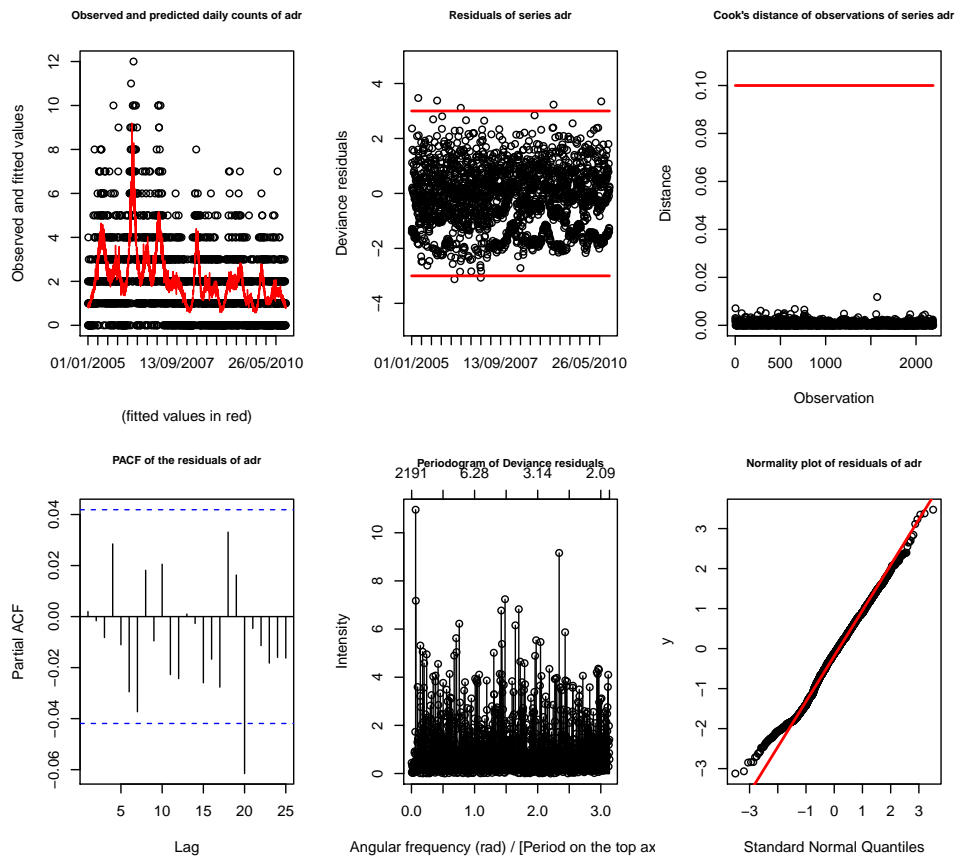


Figura C.8: Ajuste para o efeito da temperatura do Modelo Central Estação de Laranjeiras: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

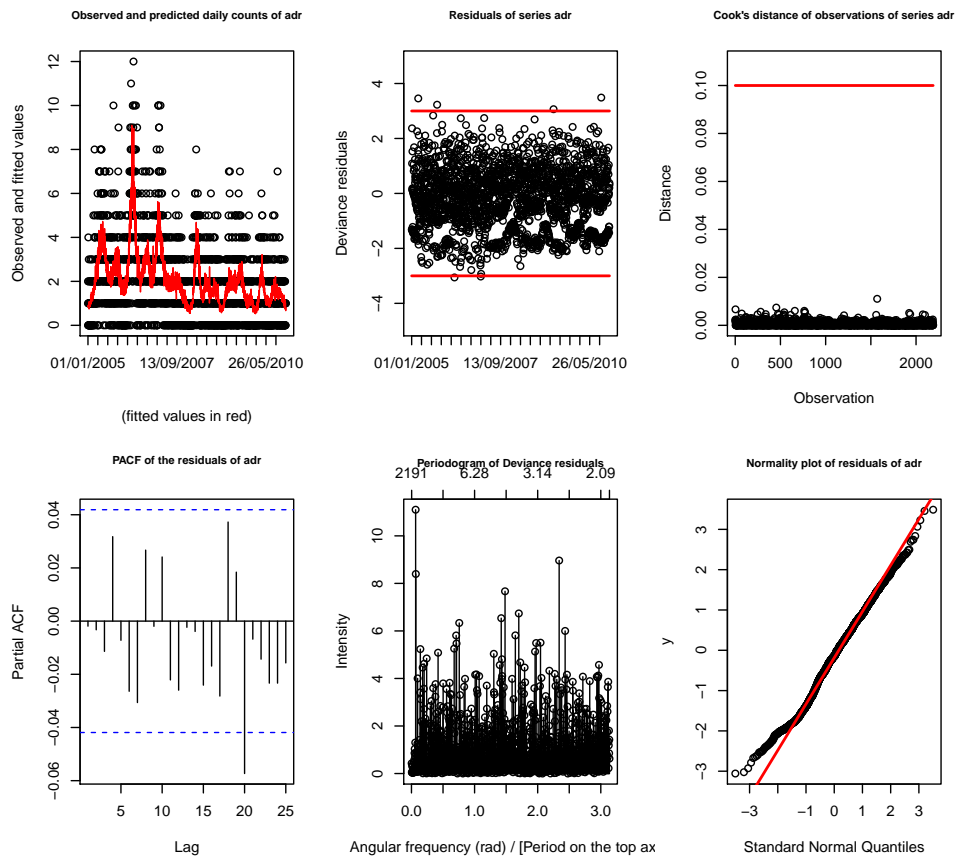


Figura C.9: Ajuste para o efeito da umidade do Modelo Central Estação de Laranjeiras: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

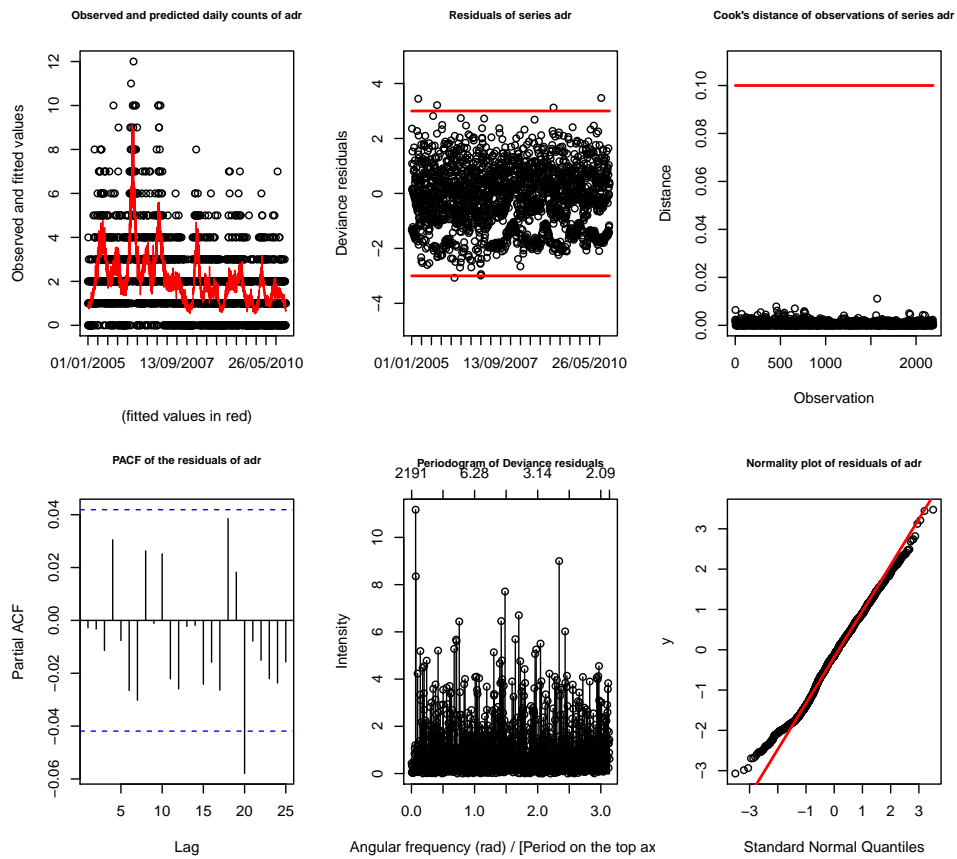


Figura C.10: Ajuste para o efeito da precipitação pluviométrica do Modelo Central Estação de Laranjeiras: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal



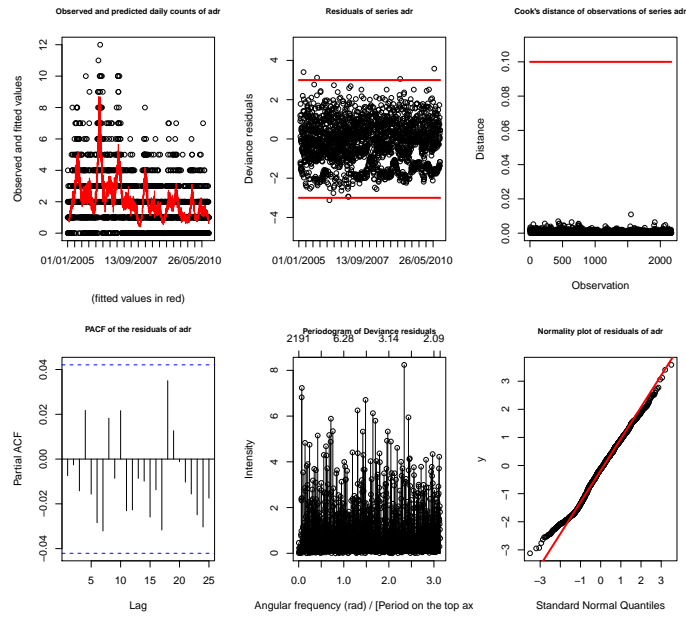


Figura C.11: Diagnóstico do Modelo Central Estação de Laranjeiras - Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

- Modelo Central da Estação de Carapina

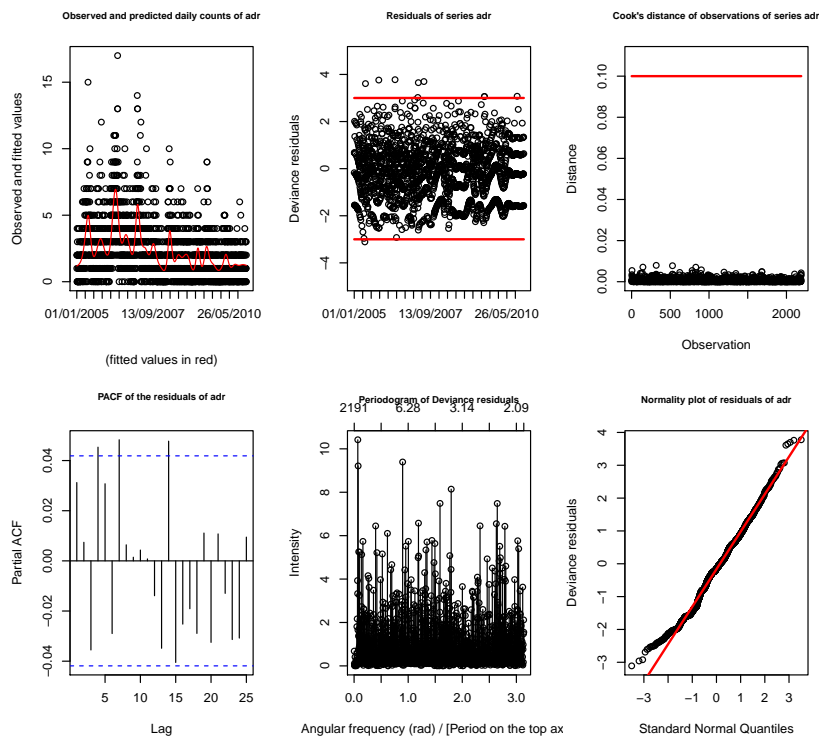


Figura C.12: Ajuste para o efeito da tendência e sazonalidade de longo prazo (dias transcorridos) do Modelo Central de Estação de Carapina: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

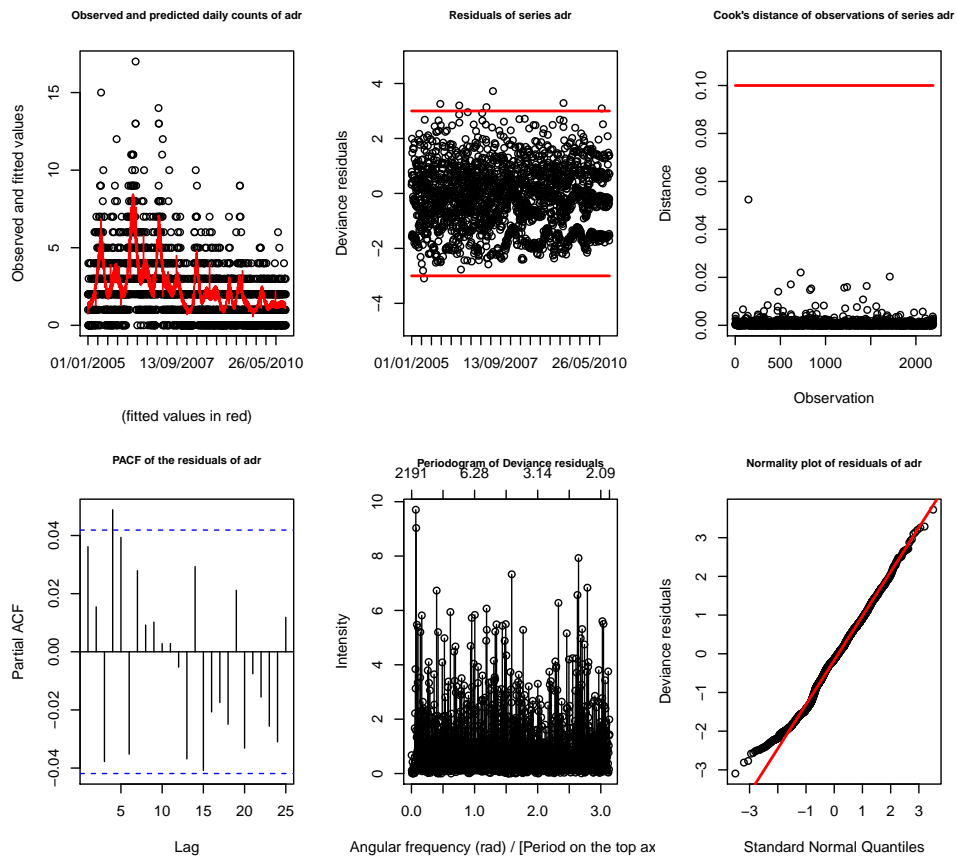


Figura C.13: Ajuste para o efeito do calendário (dias da semana e feriados) do Modelo Central Estação de Carapina: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

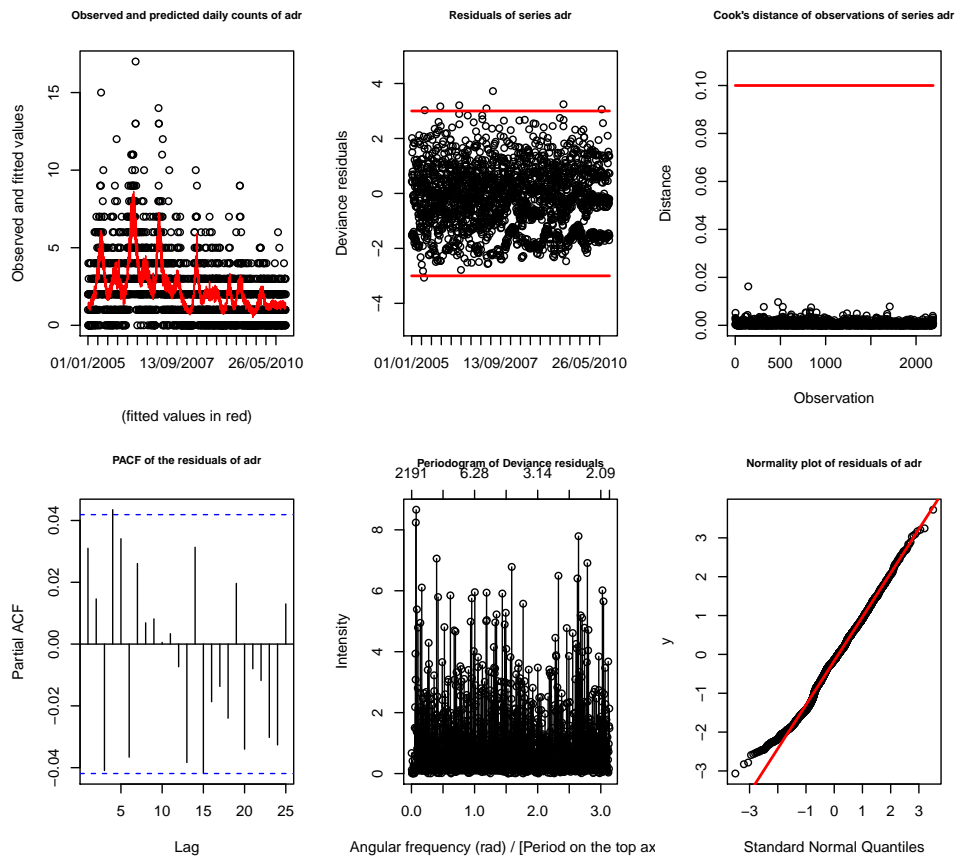


Figura C.14: Ajuste para o efeito da temperatura do Modelo Central Estação de Carapina: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

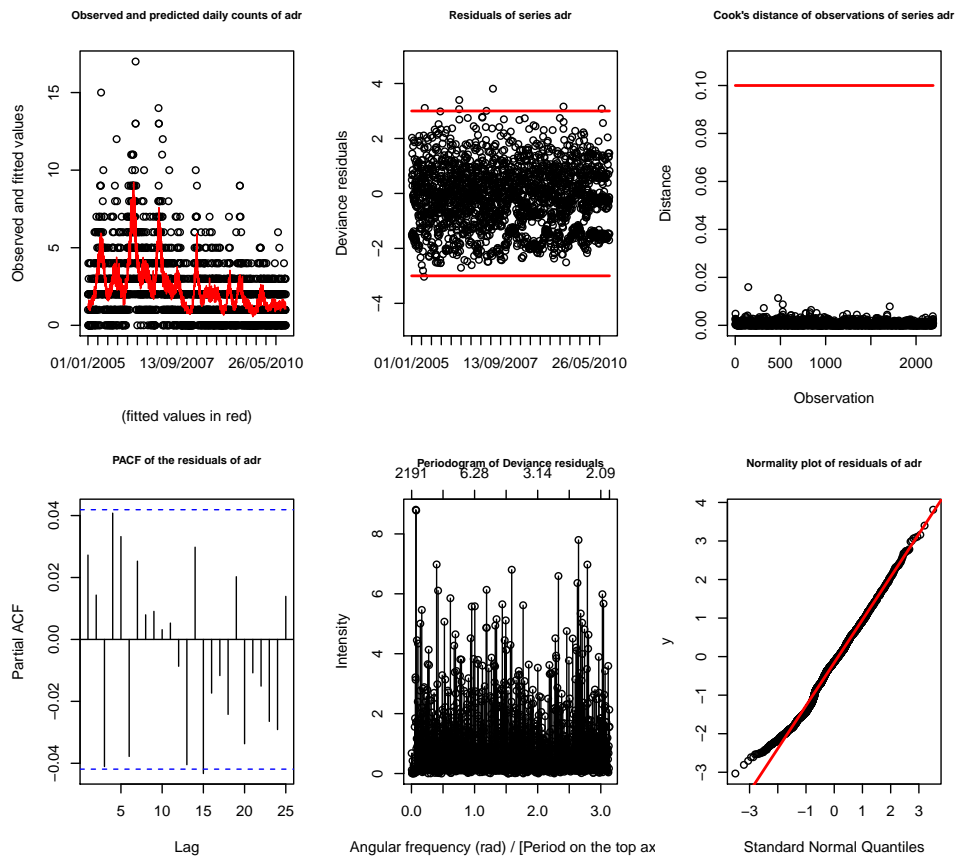


Figura C.15: Ajuste para o efeito da umidade do Modelo Central Estação de Carapina: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

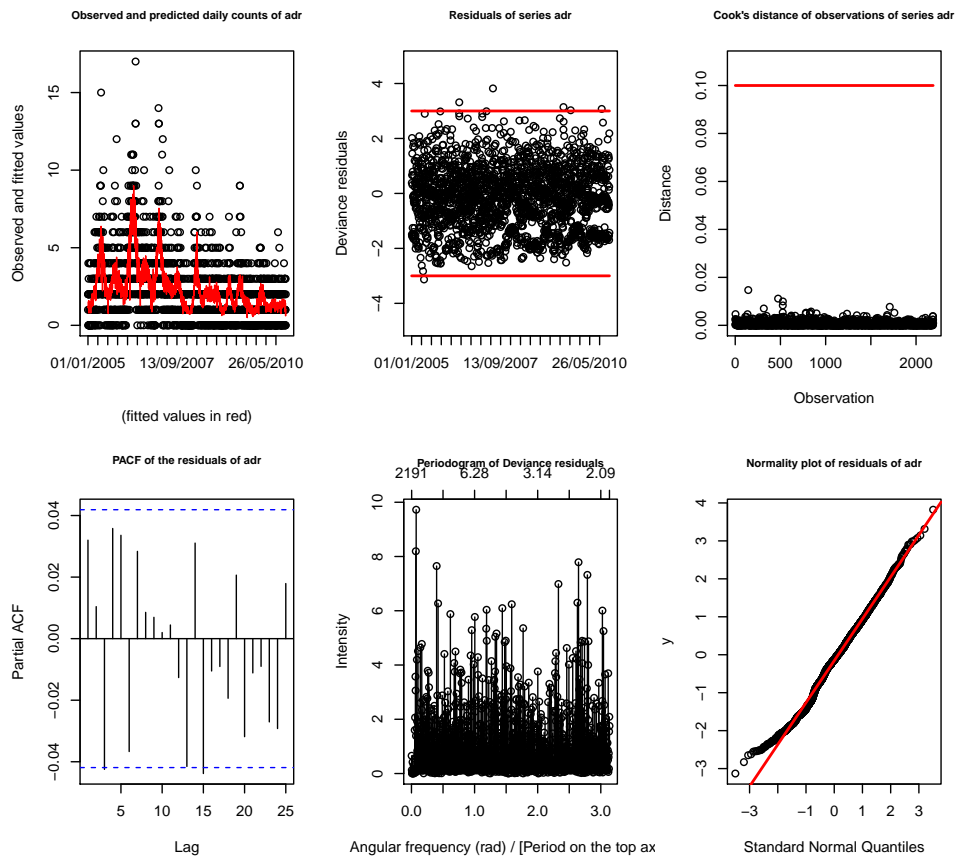


Figura C.16: Ajuste para o efeito da precipitação pluviométrica do Modelo Central Estação de Carapina: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

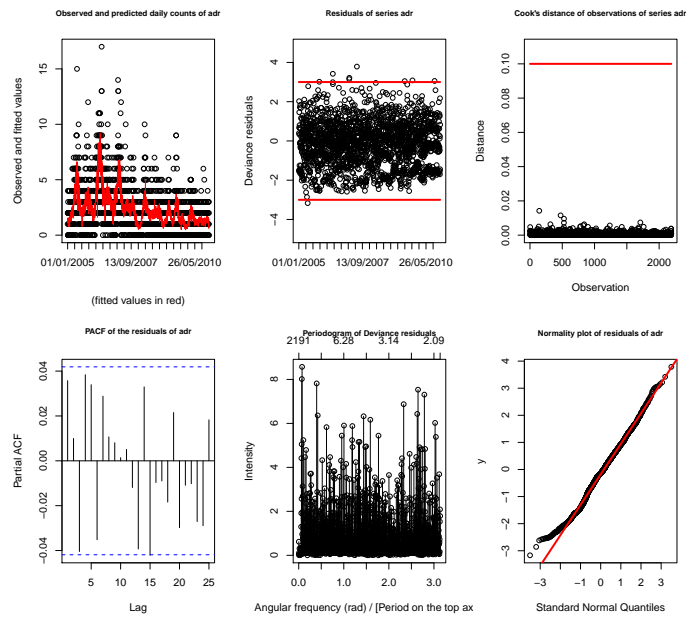


Figura C.17: Diagnóstico do Modelo Central Estação de Carapina - Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

- Modelo Central da Estação de Jardim Camburi

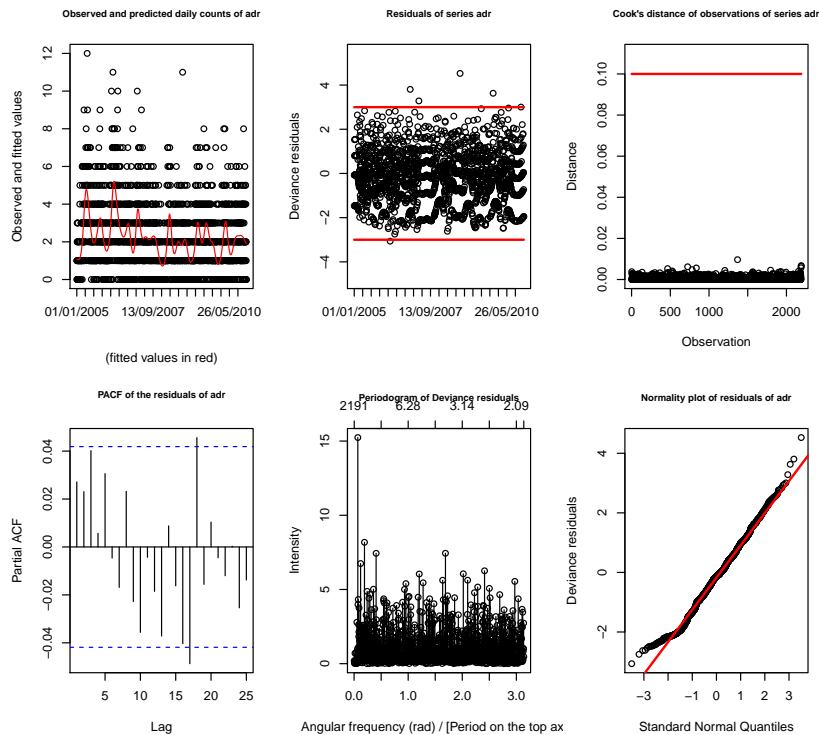


Figura C.18: Ajuste para o efeito da tendência e sazonalidade de longo prazo (dias transcorridos) do Modelo Central de Estação de Jardim Camburi: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal



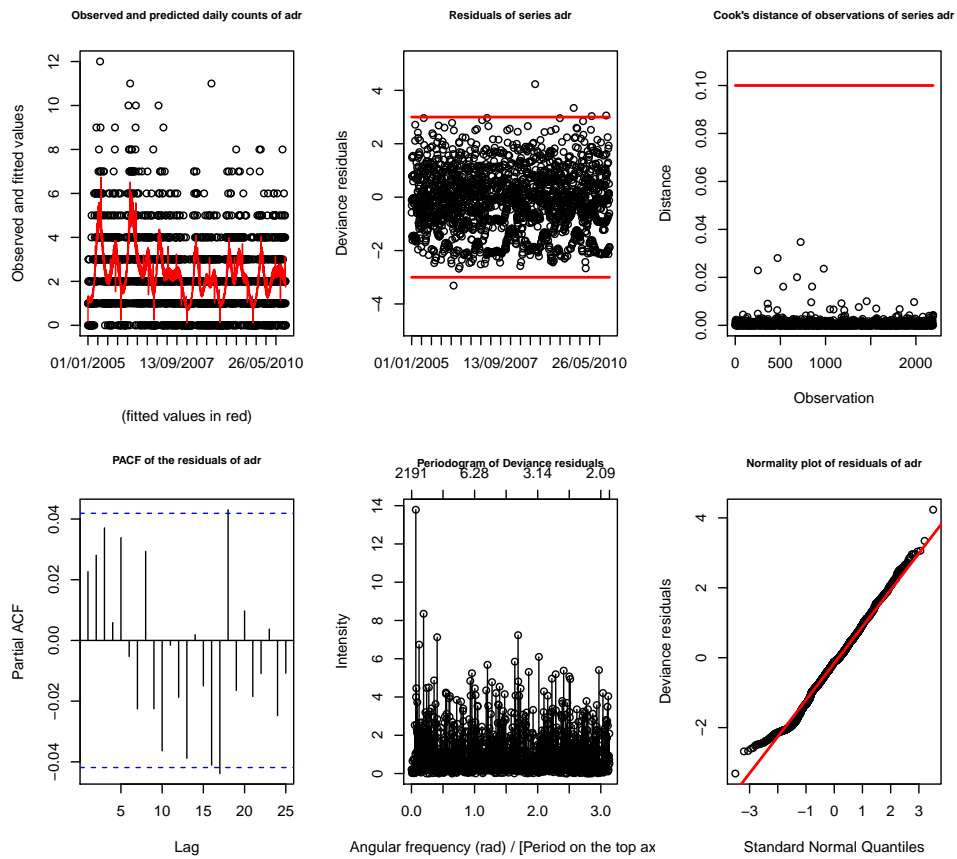


Figura C.19: Ajuste para o efeito do calendário (dias da semana e feriados) do Modelo Central Estação de Jardim Camburi: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

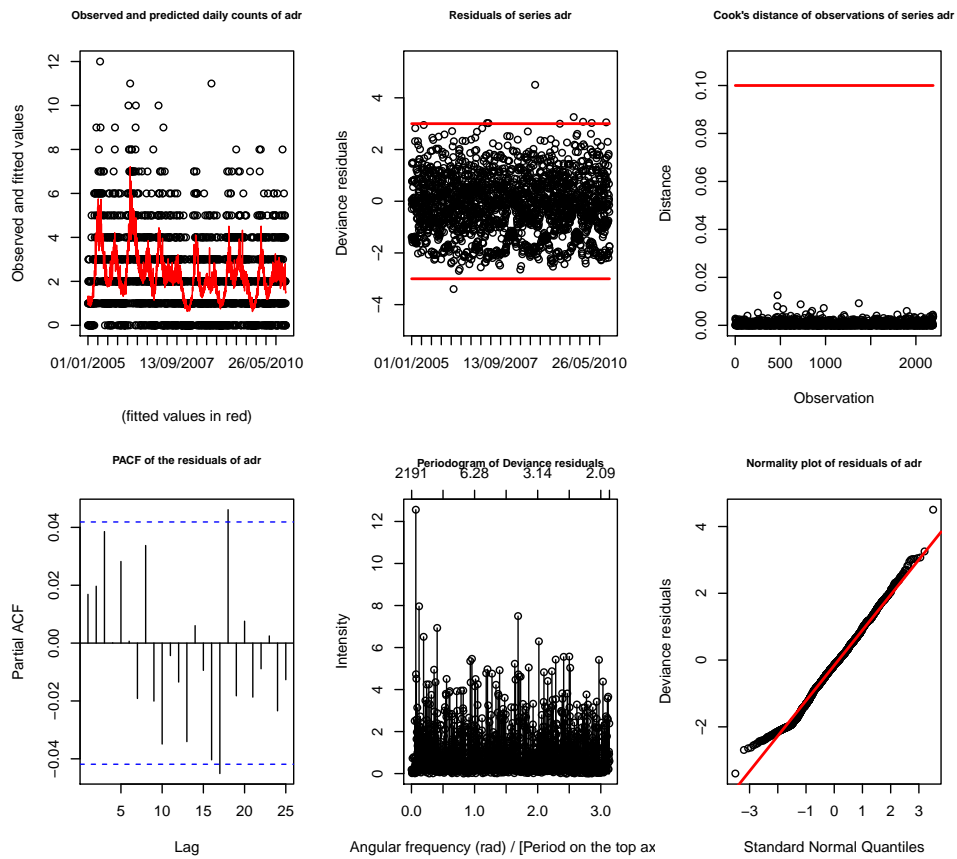


Figura C.20: Ajuste para o efeito da temperatura do Modelo Central Estação de Jardim Camburi: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

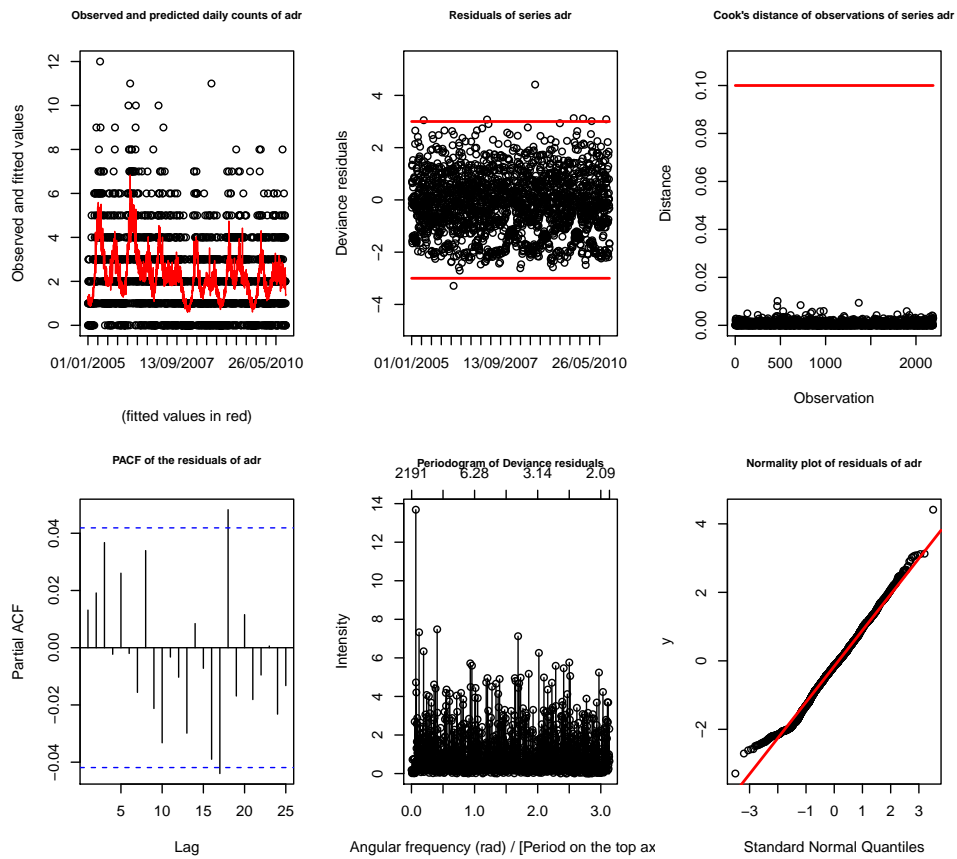


Figura C.21: Ajuste para o efeito da umidade do Modelo Central Estação de Jardim Camburi: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

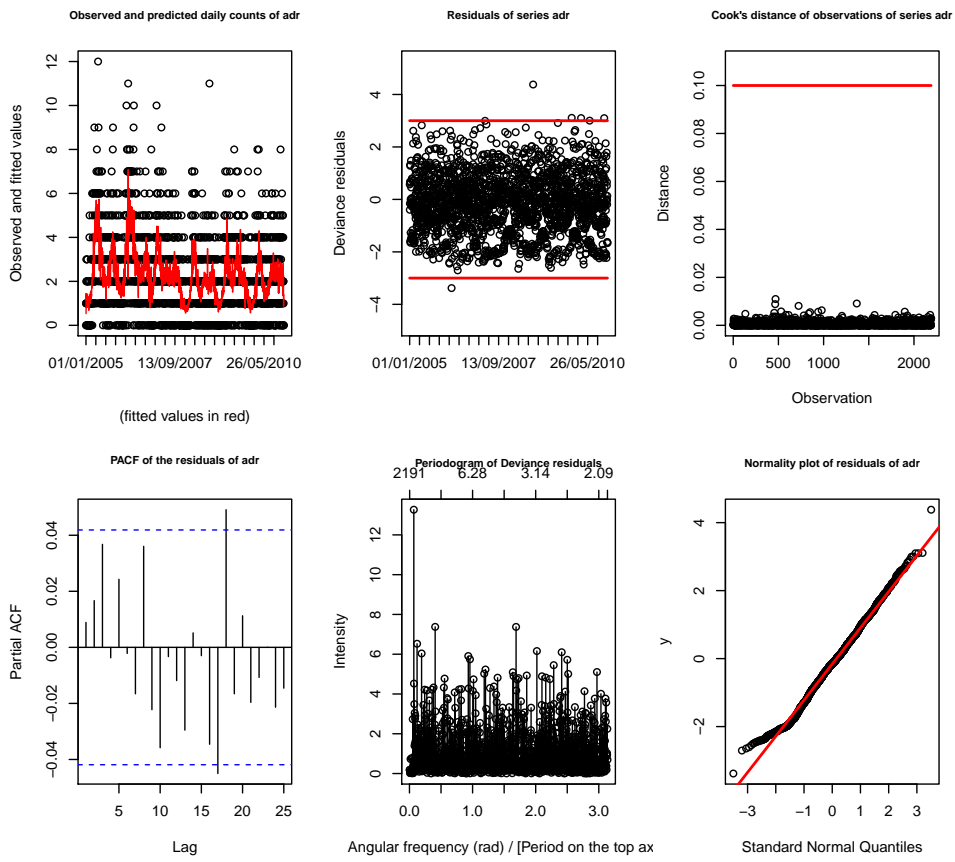


Figura C.22: Ajuste para o efeito da precipitação pluviométrica do Modelo Central Estação de Jardim Camburi: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

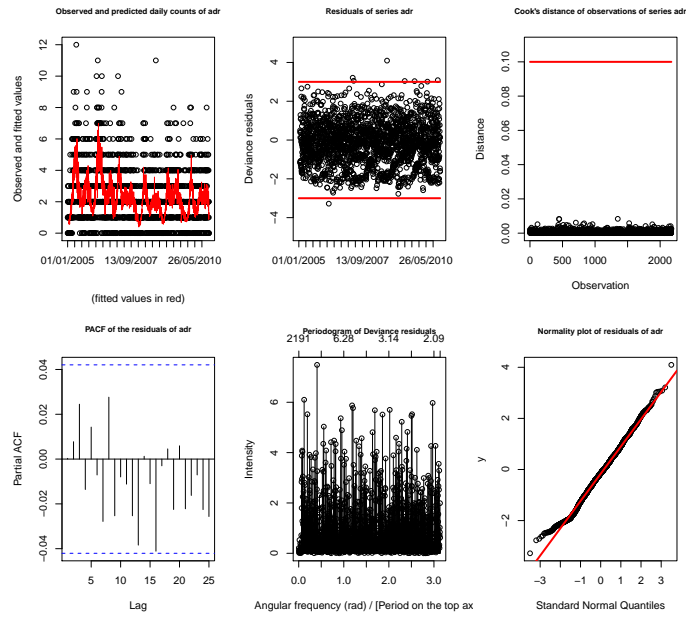


Figura C.23: Diagnóstico do Modelo Central Estação de Jardim Camburi - Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

- Modelo Central da Estação da Enseada do Suá

Figura C.24: Ajuste para o efeito da tendência e sazonalidade de longo prazo (dias transcorridos) do Modelo Central de Estação da Enseada do Suá: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

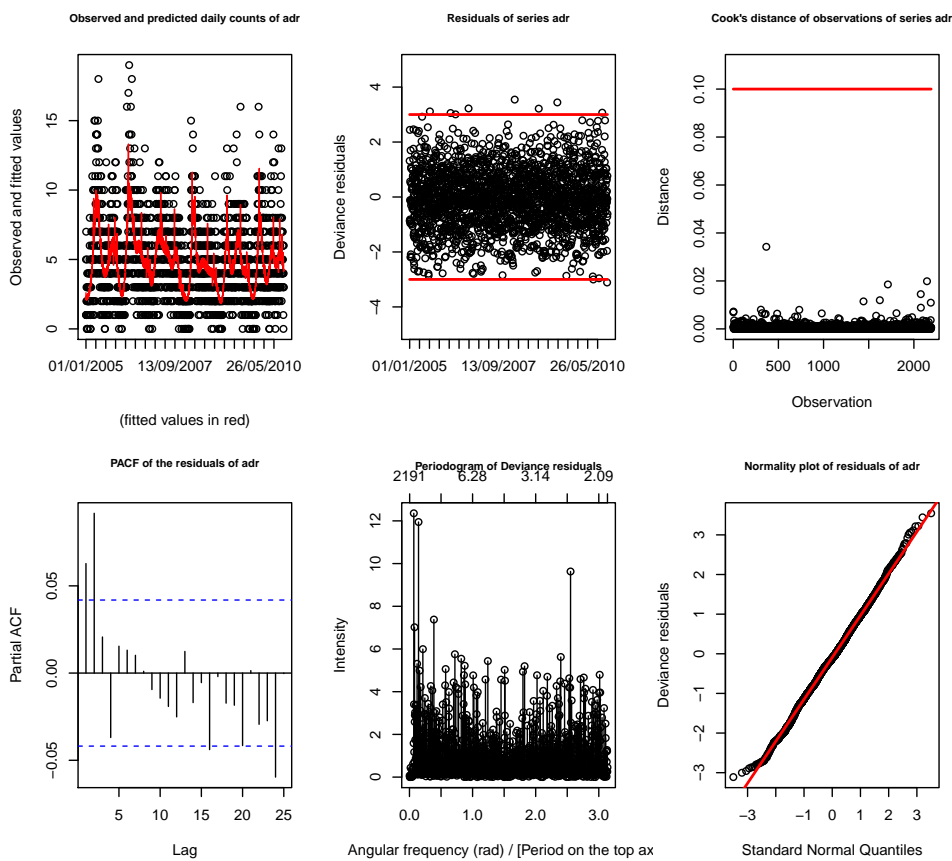


Figura C.25: Ajuste para o efeito do calendário (dias da semana e feriados) do Modelo Central Estação da Enseada do Suá: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

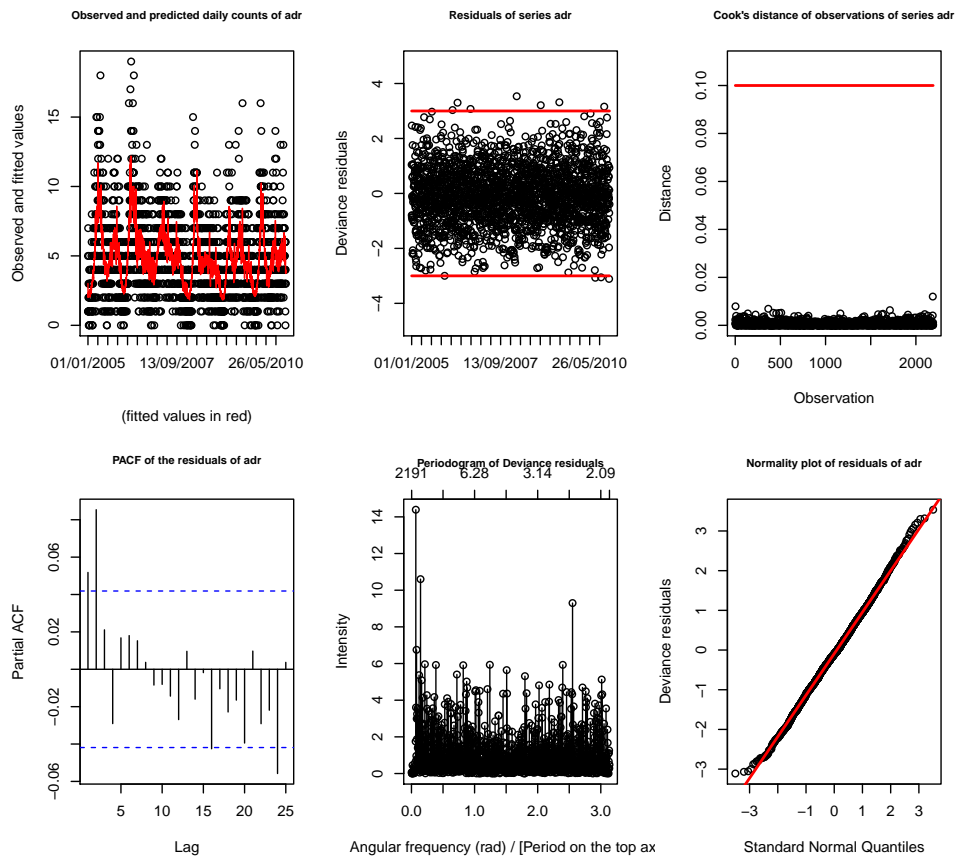


Figura C.26: Ajuste para o efeito da temperatura do Modelo Central Estação da Enseada do Suá: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

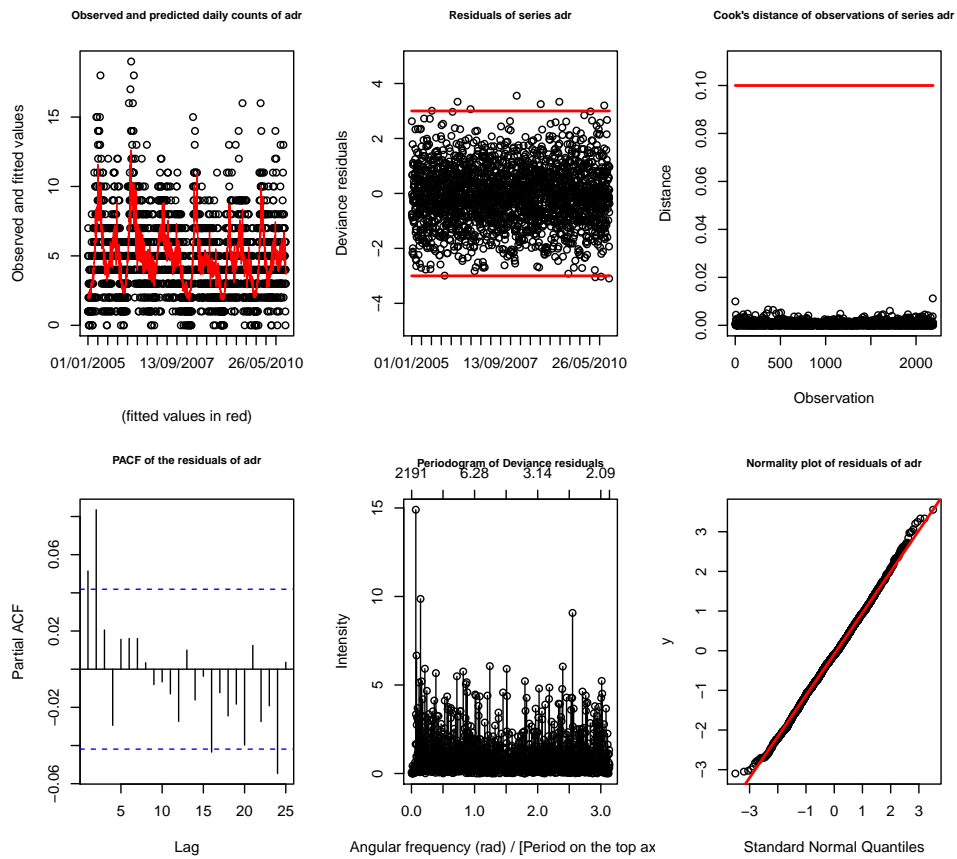


Figura C.27: Ajuste para o efeito da umidade do Modelo Central Estação da Enseada do Suá: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal



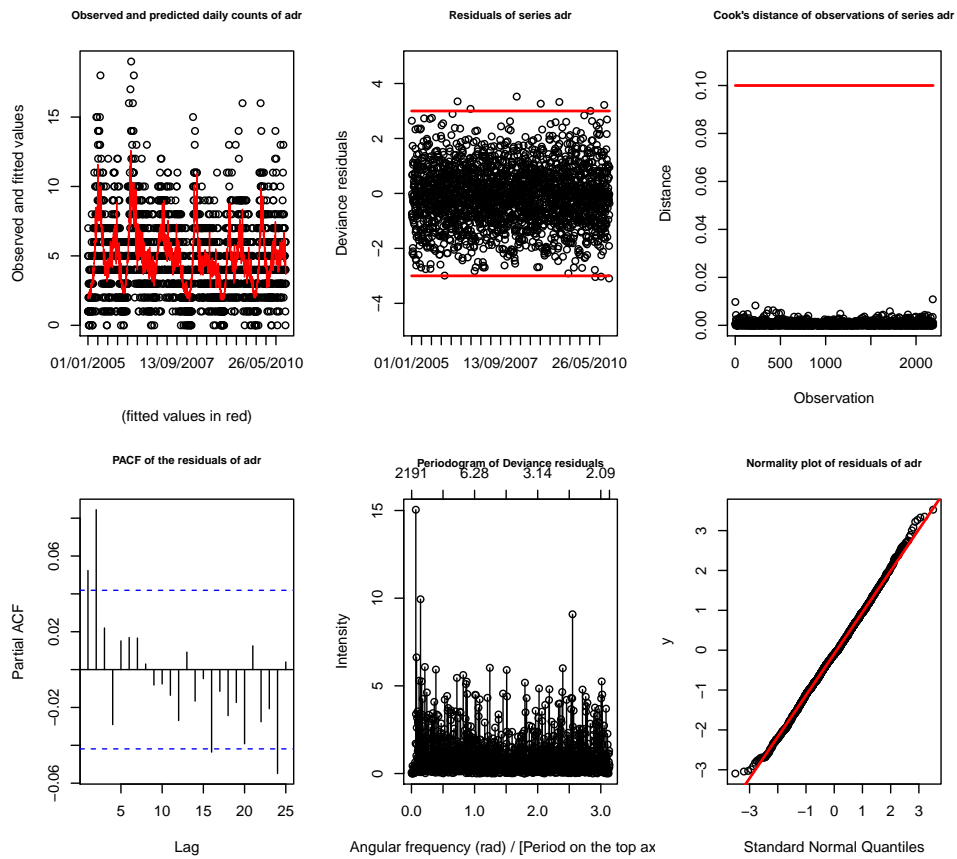


Figura C.28: Ajuste para o efeito da precipitação pluviométrica do Modelo Central Estação da Enseada do Suá: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

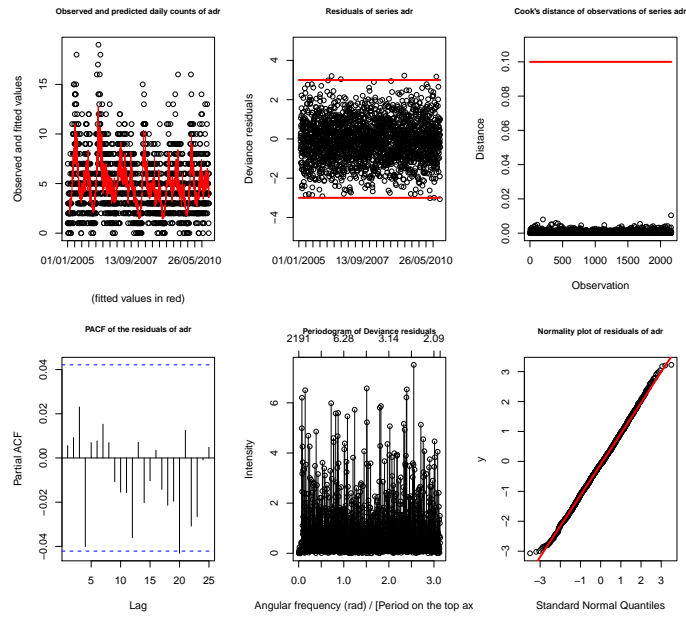


Figura C.29: Diagnóstico do Modelo Central Estação da Enseada do Suá - Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

- Modelo Central da Estação da Vitória Centro

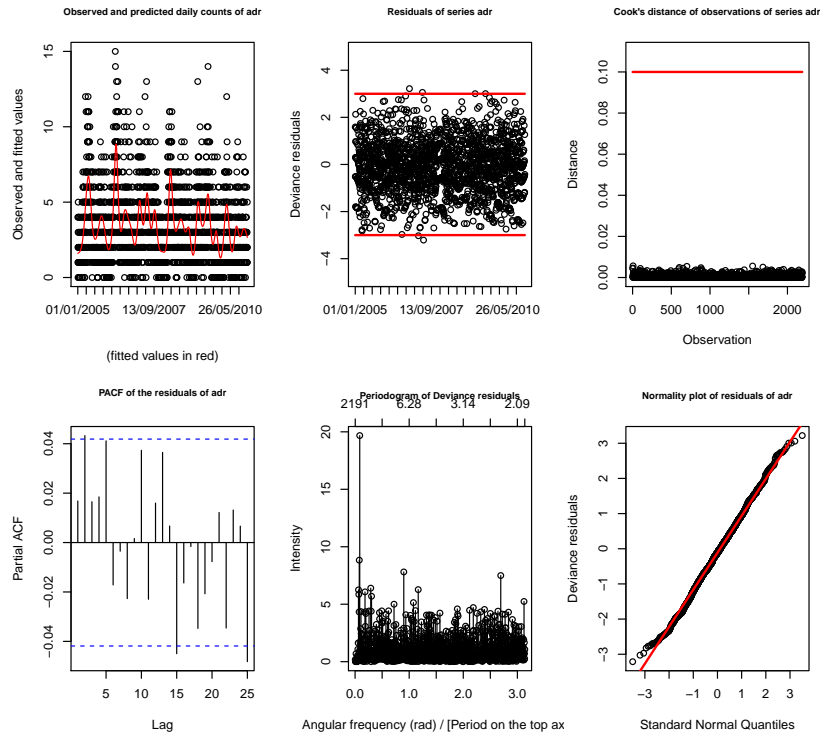


Figura C.30: Ajuste para o efeito da tendência e sazonalidade de longo prazo (dias transcorridos) do Modelo Central de Estação de Vitória Centro: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

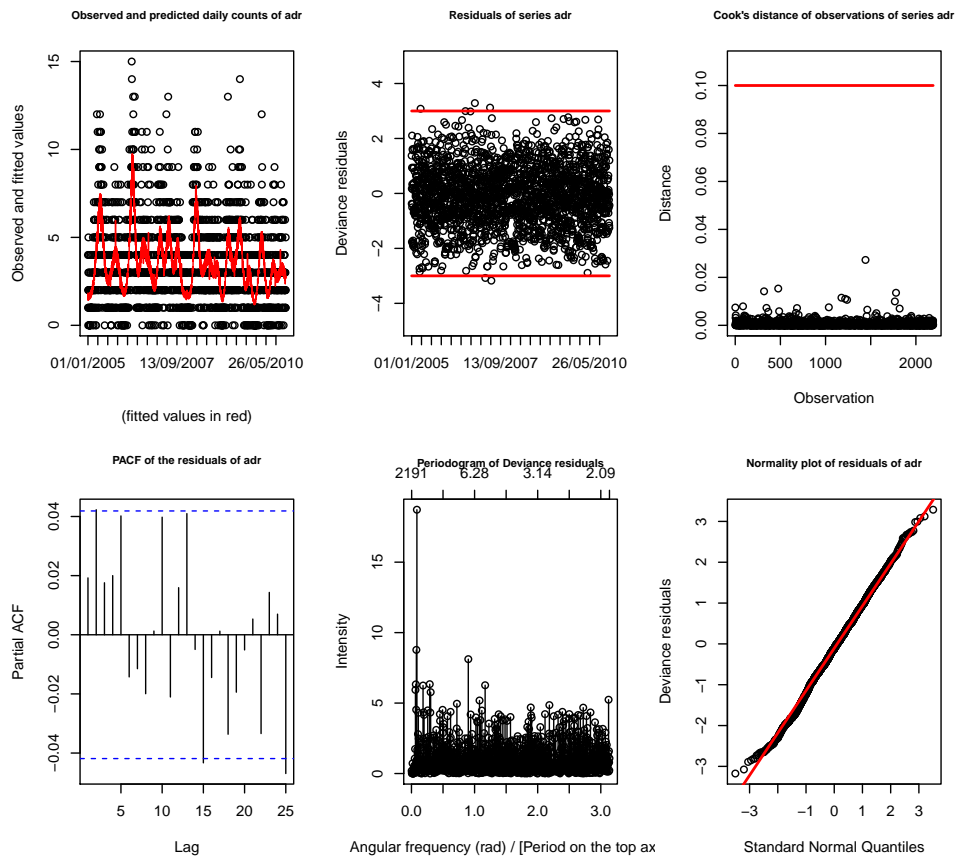


Figura C.31: Ajuste para o efeito do calendário (dias da semana e feriados) do Modelo Central Estação de Vitória Centro: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

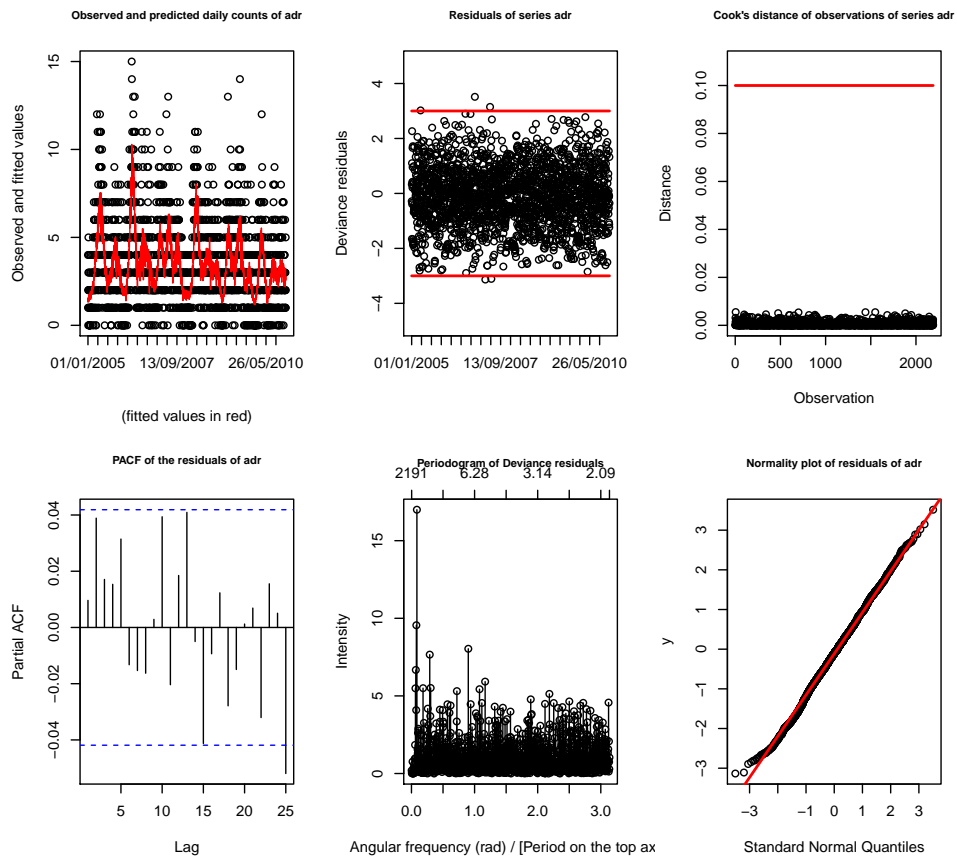


Figura C.32: Ajuste para o efeito da temperatura do Modelo Central Estação de Vitória Centro: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

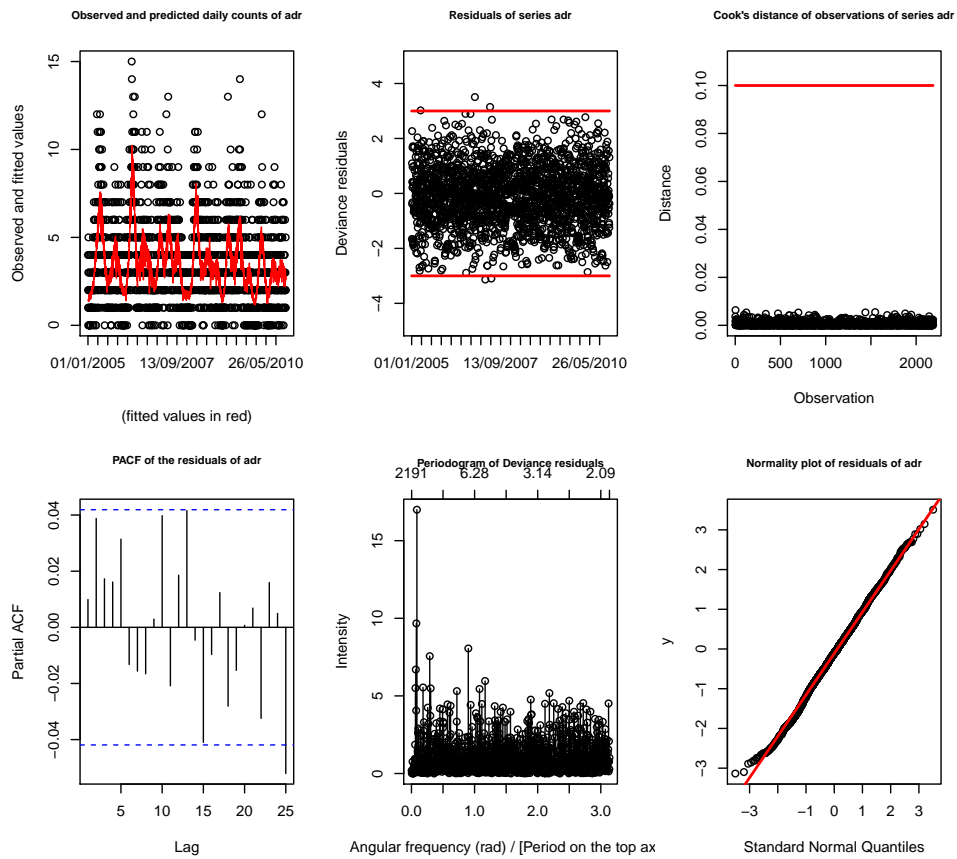


Figura C.33: Ajuste para o efeito da umidade do Modelo Central Estação de Vitória Centro: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

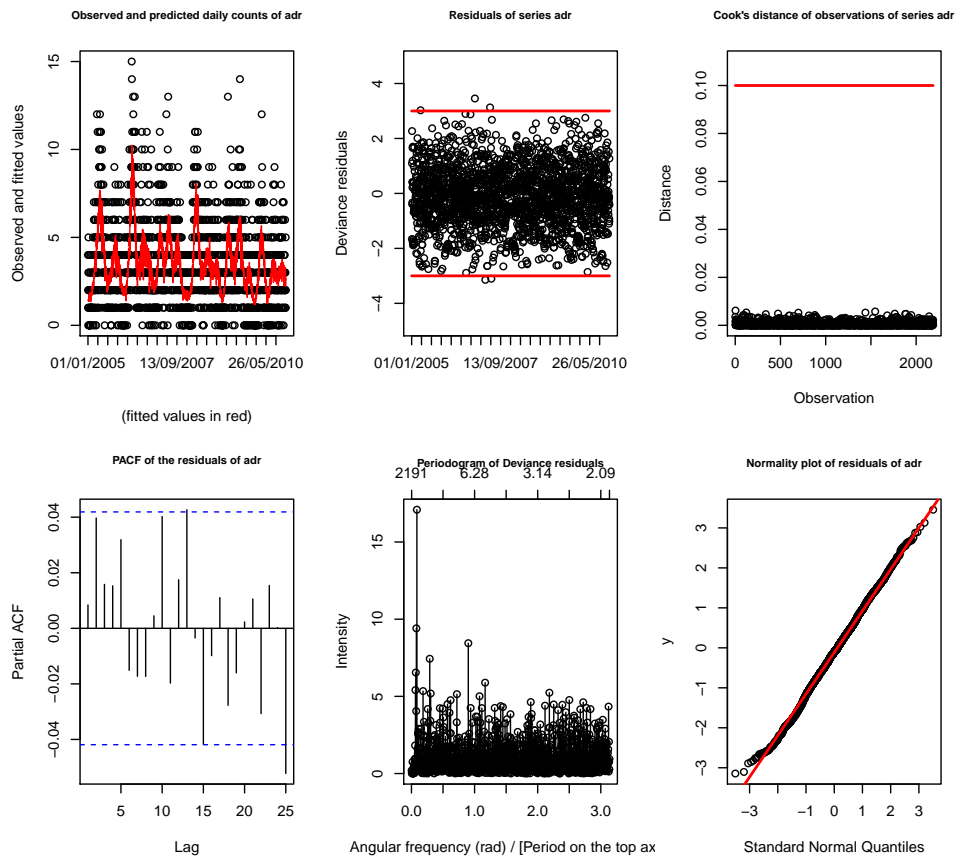


Figura C.34: Ajuste para o efeito da precipitação pluviométrica do Modelo Central Estação de Vitória Centro: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

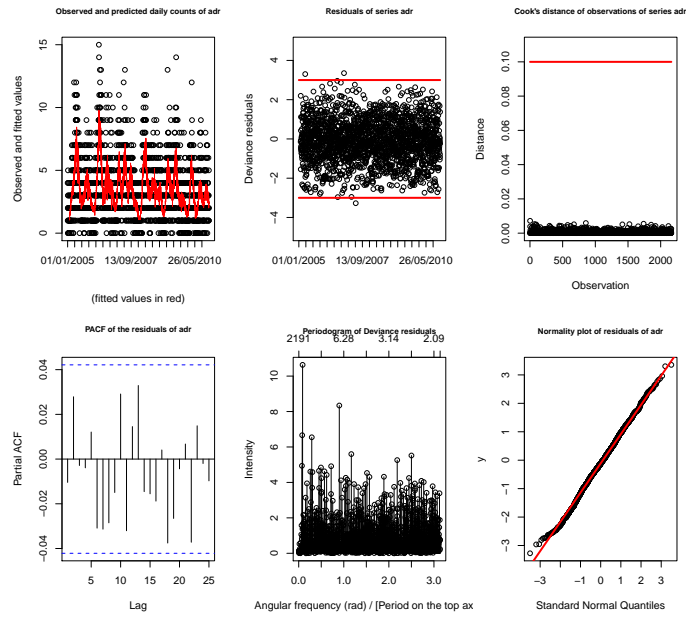


Figura C.35: Diagnóstico do Modelo Central Estação de Vitória Centro - Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal



- Modelo Central da Estação de Vila Velha Ibes

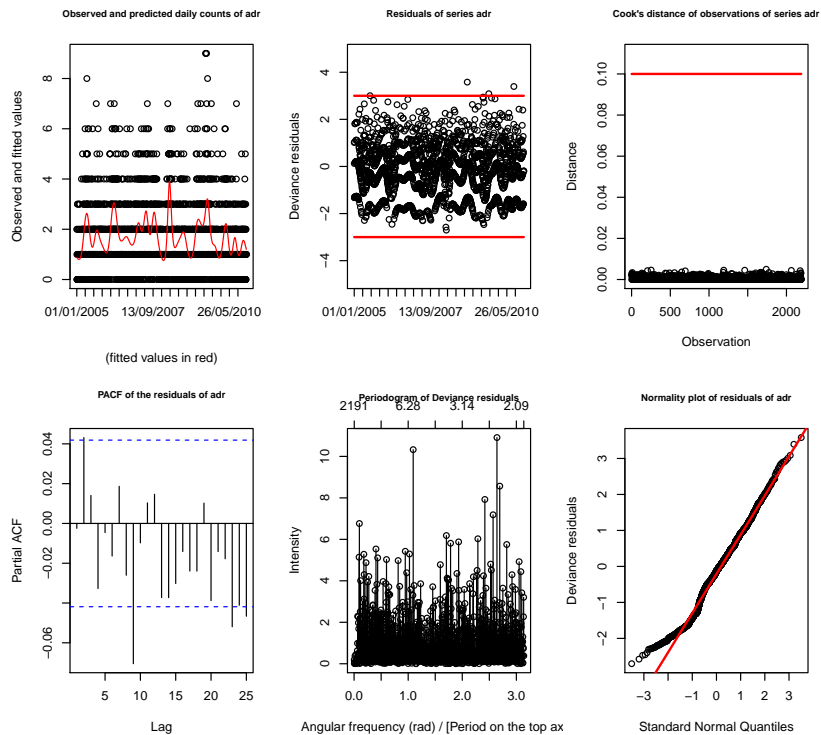


Figura C.36: Ajuste para o efeito da tendência e sazonalidade de longo prazo (dias transcorridos) do Modelo Central de Estação de Vila Velha Ibes: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

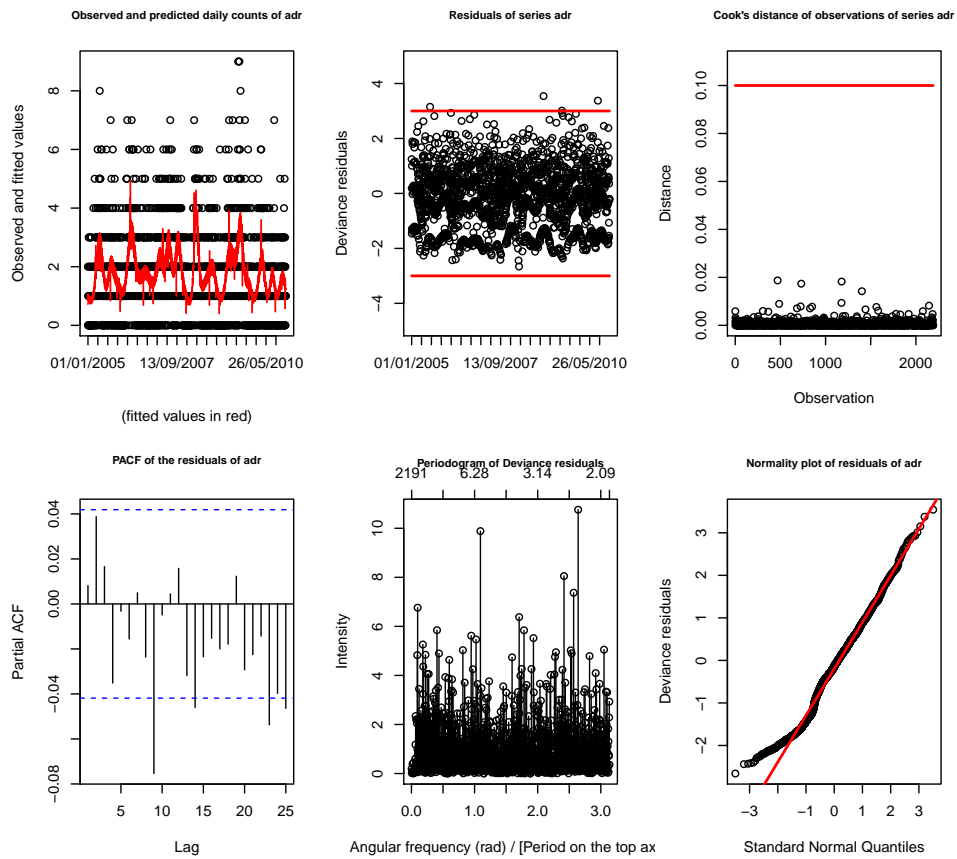


Figura C.37: Ajuste para o efeito do calendário (dias da semana e feriados) do Modelo Central Estação de Vila Velha Ibes: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

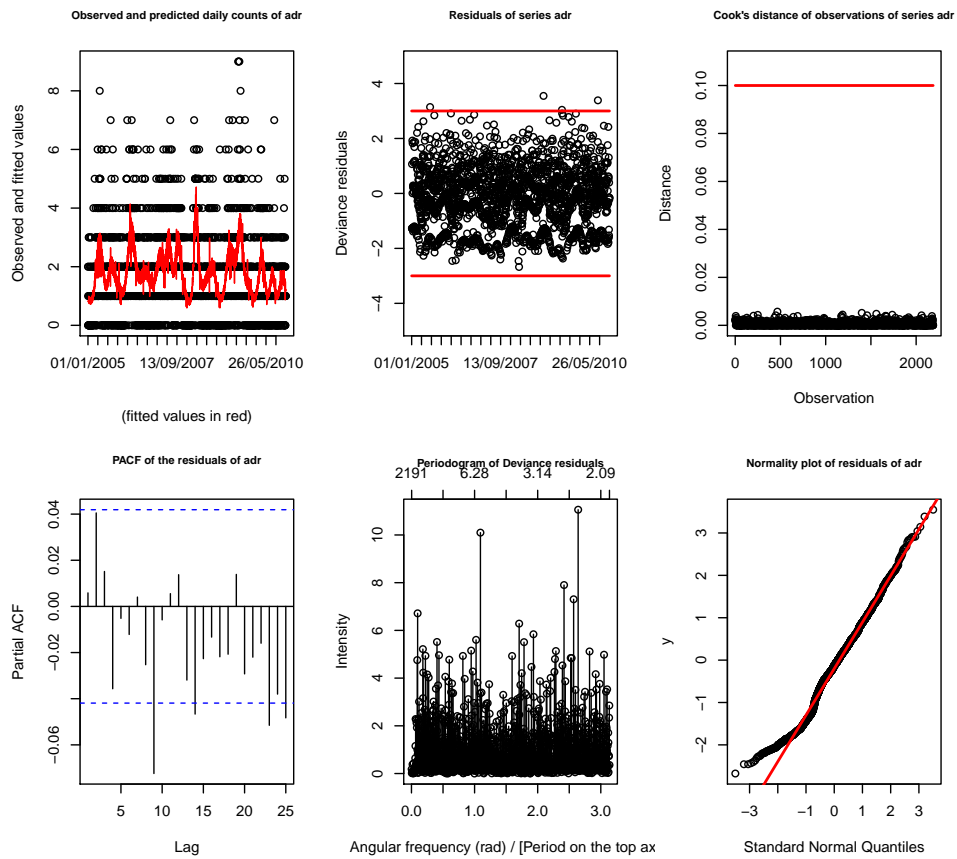


Figura C.38: Ajuste para o efeito da temperatura do Modelo Central Estação de Vila Velha Ibes: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

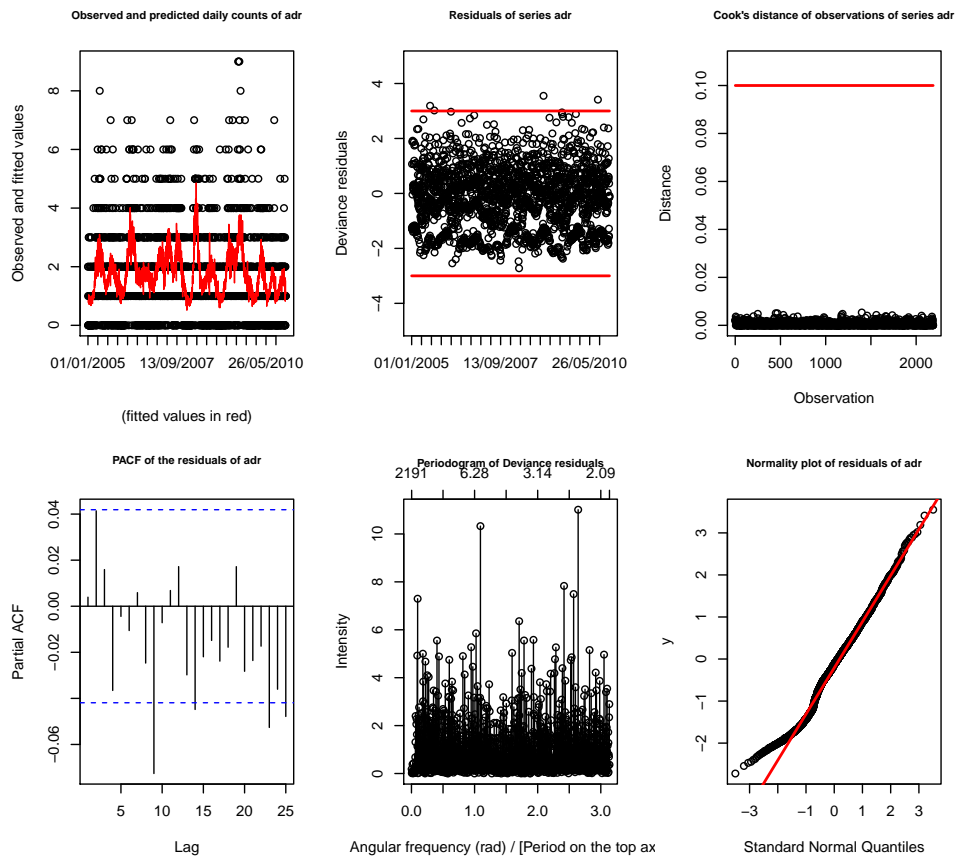


Figura C.39: Ajuste para o efeito da umidade do Modelo Central Estação de Vila Velha Ibes: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

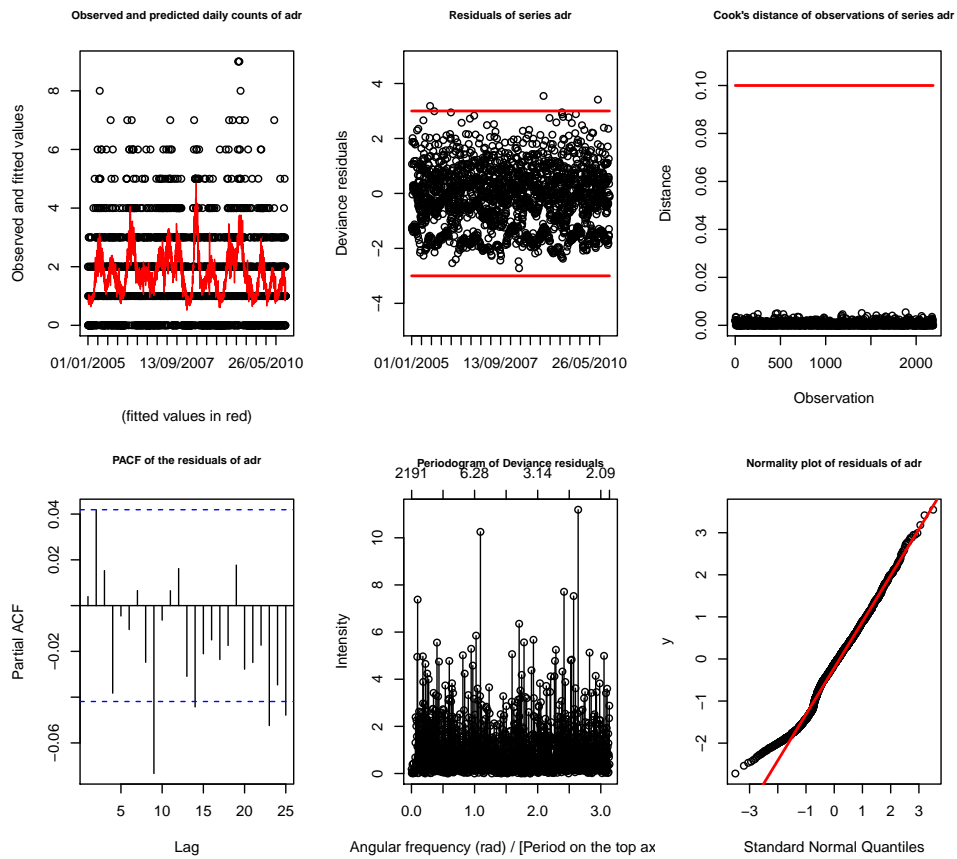


Figura C.40: Ajuste para o efeito da precipitação pluviométrica do Modelo Central Estação de Vila Velha Ibes: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

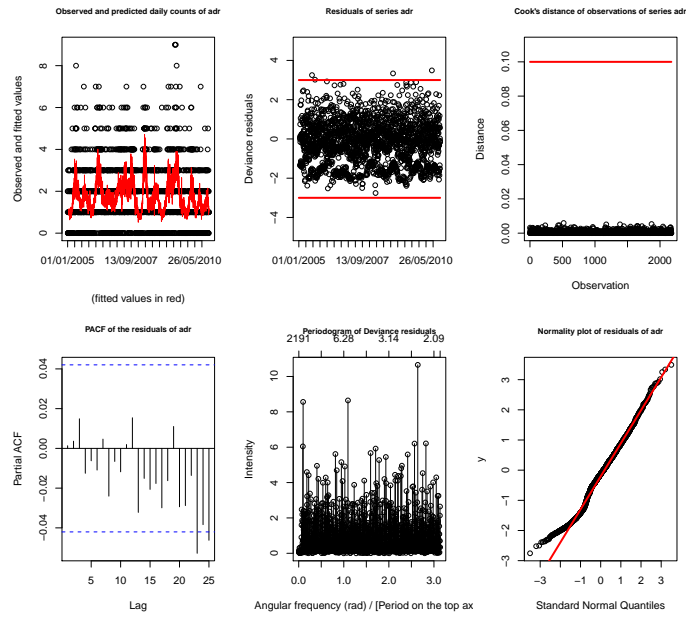


Figura C.41: Diagnóstico do Modelo Central Estação de Vila Velha Ibes - Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

- Modelo Central da Estação de Vila Velha Centro

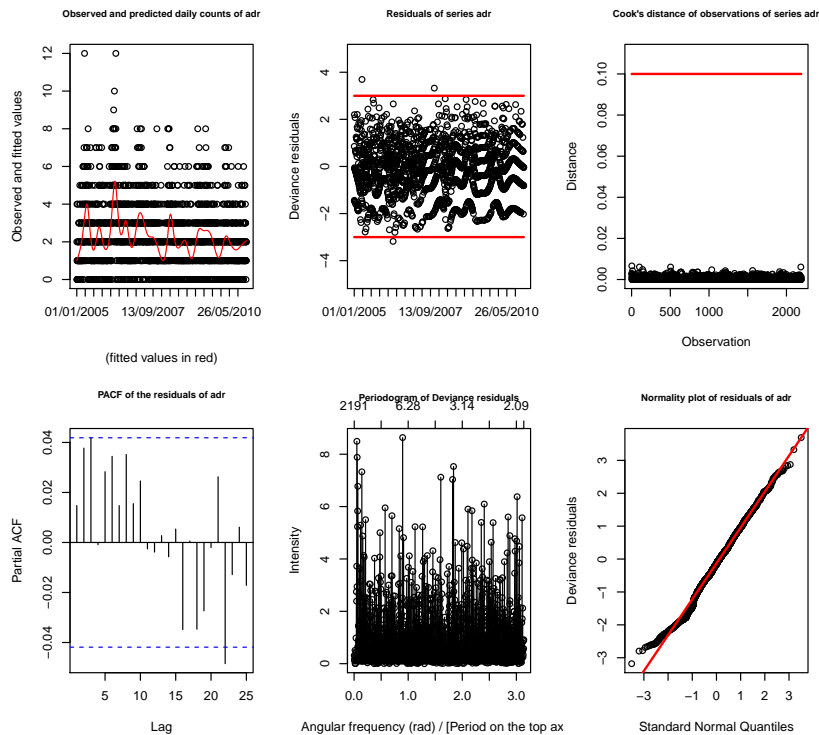


Figura C.42: Ajuste para o efeito da tendência e sazonalidade de longo prazo (dias transcorridos) do Modelo Central de Estação de Vila Velha Centro: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

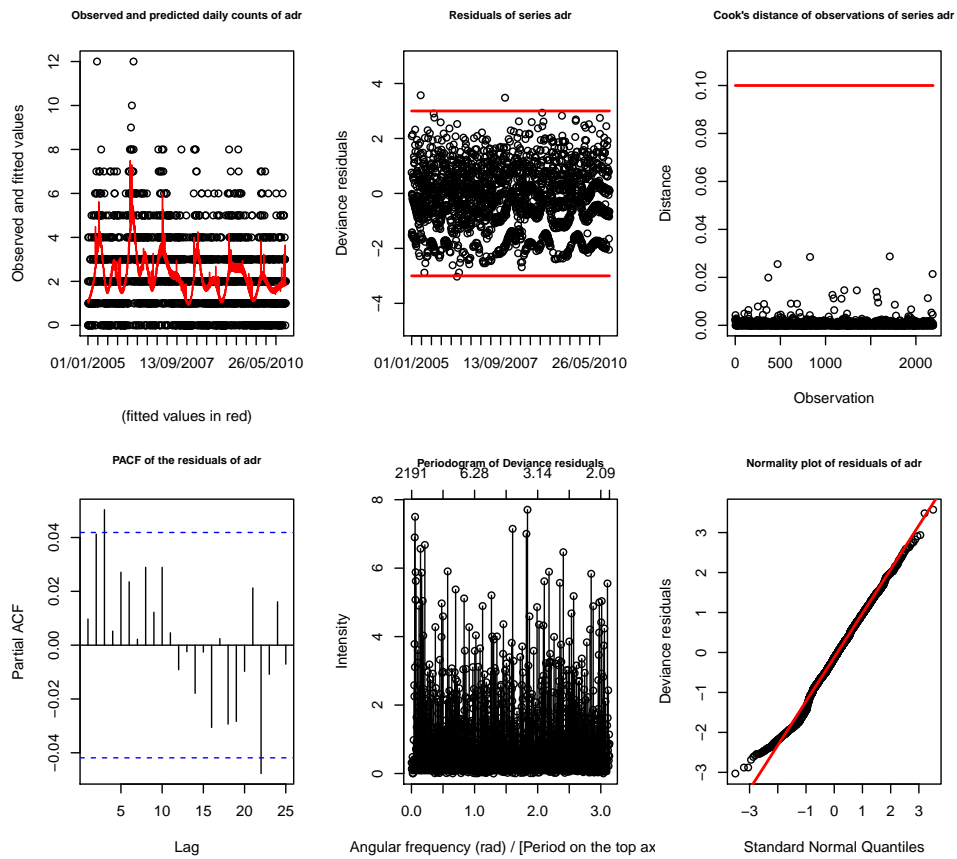


Figura C.43: Ajuste para o efeito do calendário (dias da semana e feriados) do Modelo Central Estação de Vila Velha Centro: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal



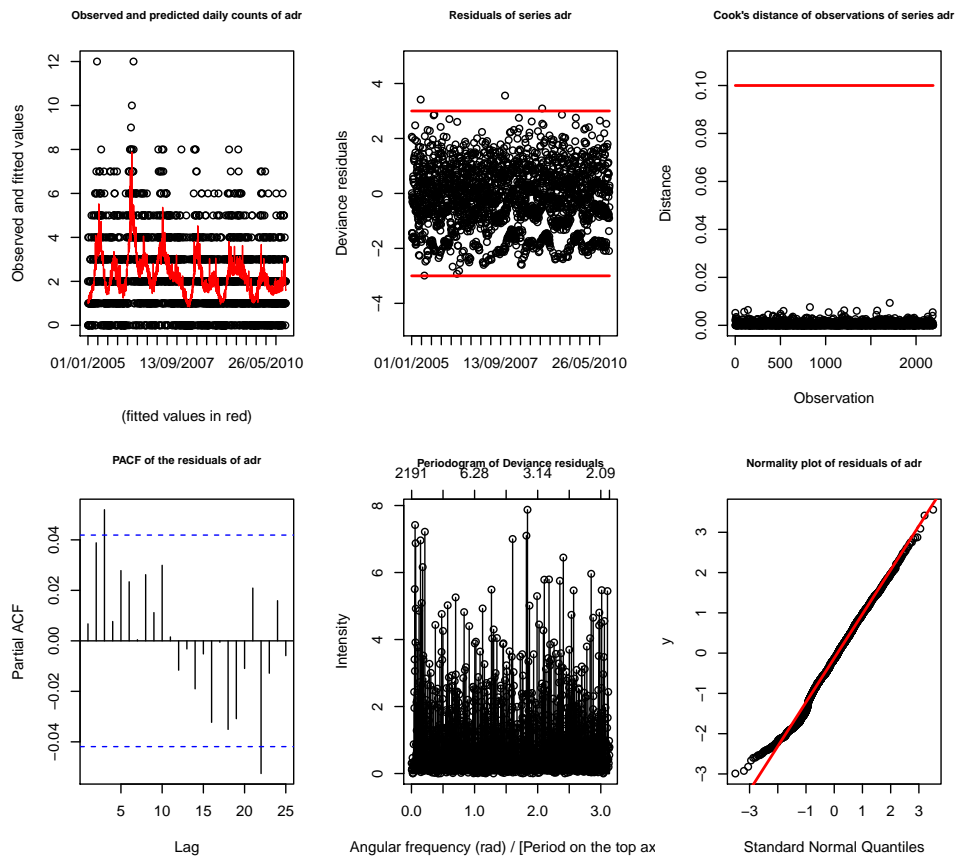


Figura C.44: Ajuste para o efeito da temperatura do Modelo Central Estação de Vila Velha Centro: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

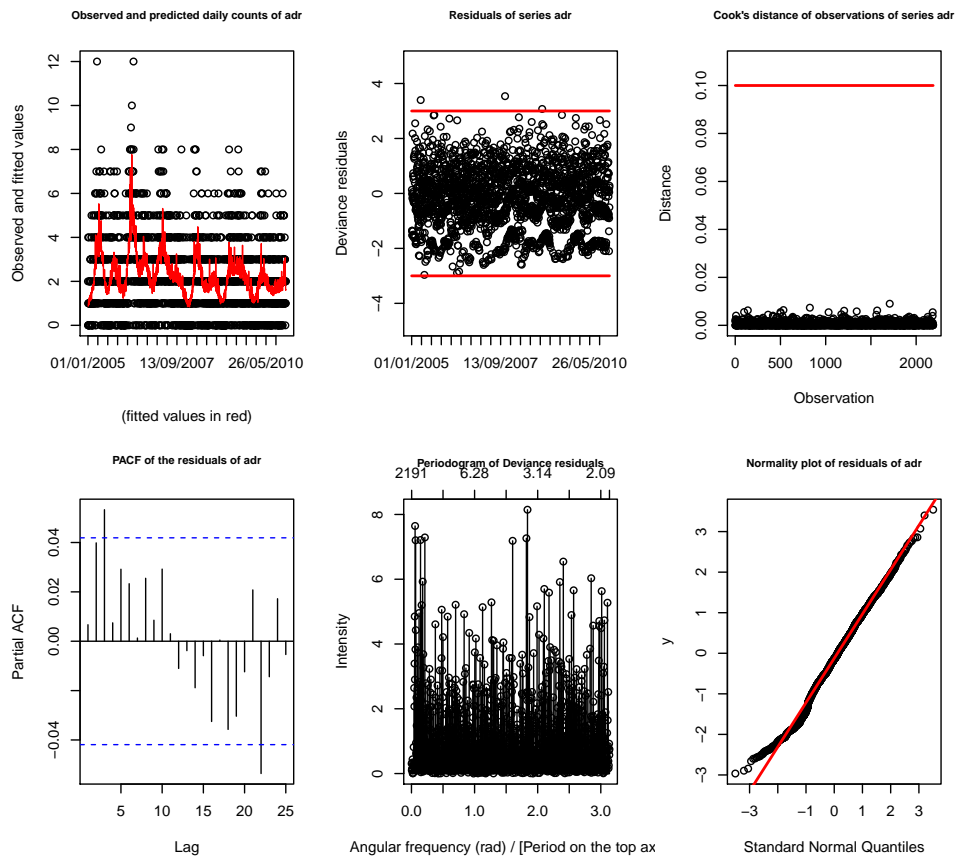


Figura C.45: Ajuste para o efeito da umidade do Modelo Central Estação de Vila Velha Centro: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

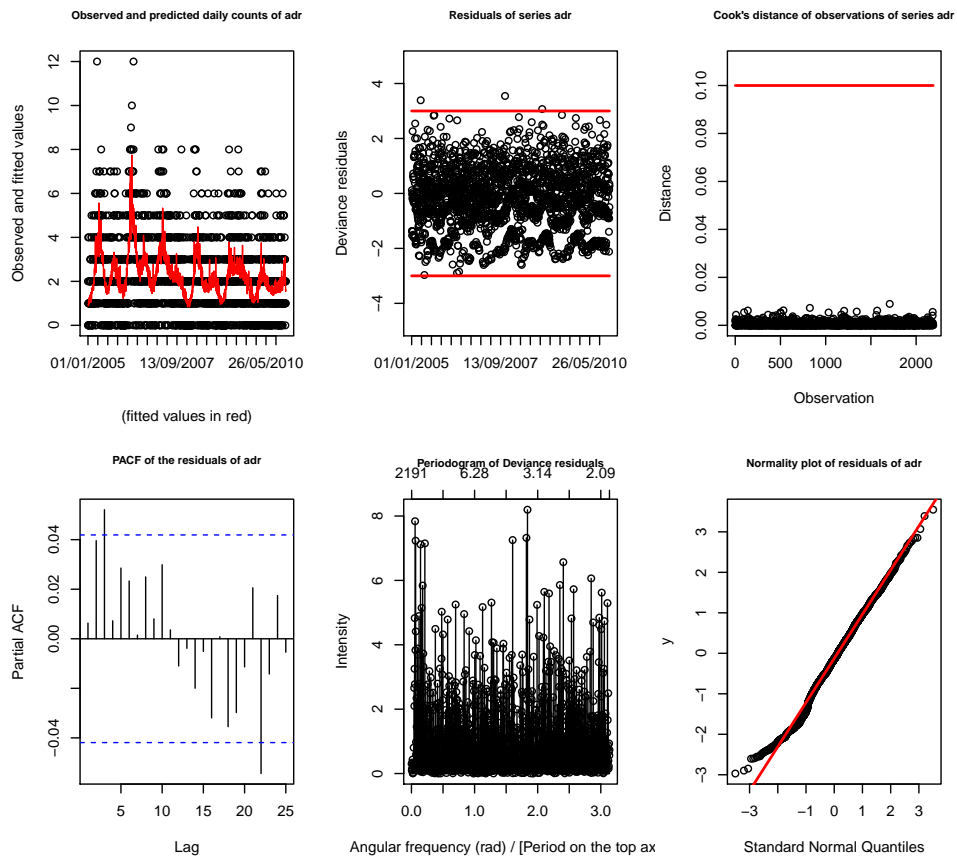


Figura C.46: Ajuste para o efeito da precipitação pluviométrica do Modelo Central Estação de Vila Velha Centro: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

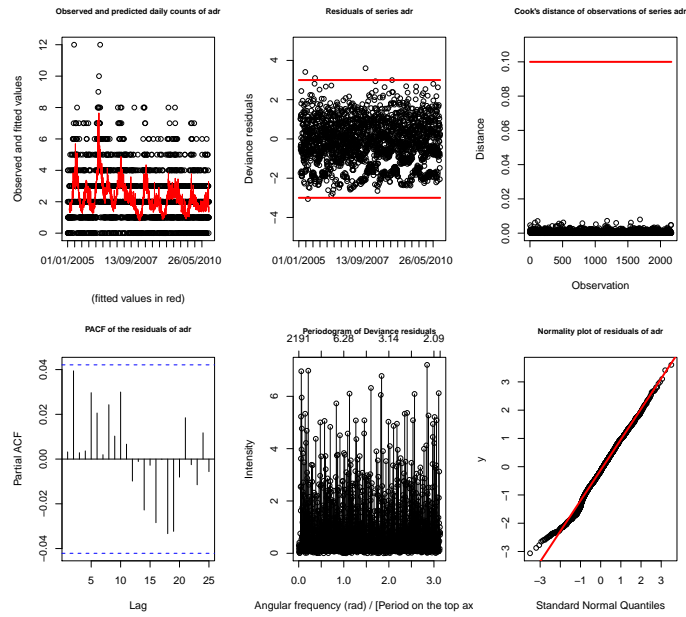


Figura C.47: Diagnóstico do Modelo Central Estação de Vila Velha Centro - Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

- Modelo Central da Estação de Cariacica

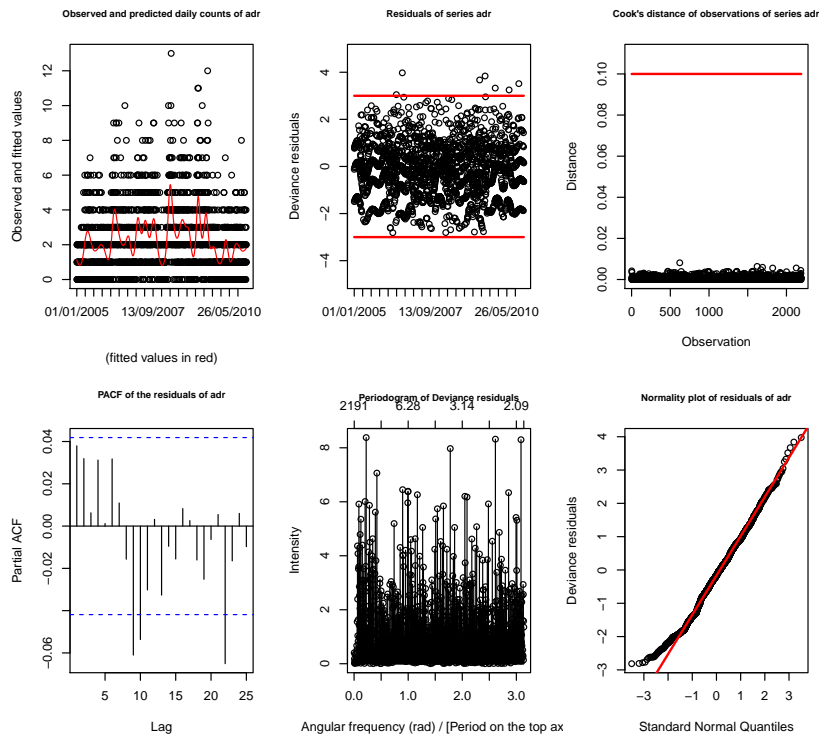


Figura C.48: Ajuste para o efeito da tendência e sazonalidade de longo prazo (dias transcorridos) do Modelo Central de Estação de Cariacica: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

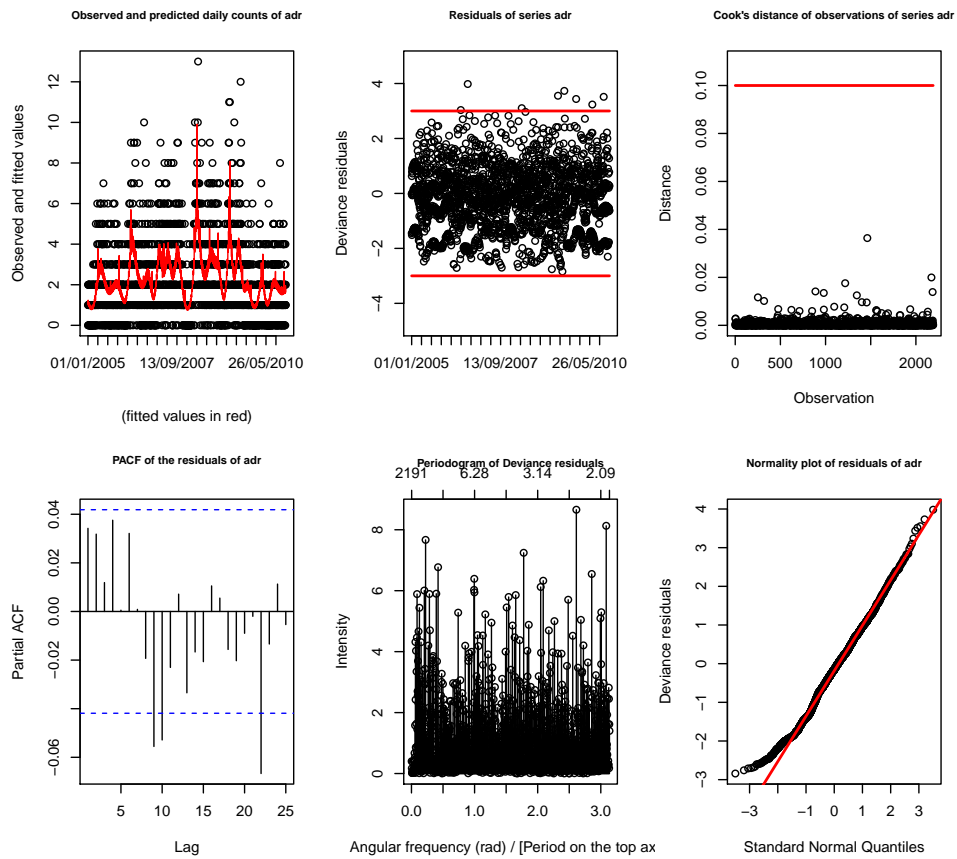


Figura C.49: Ajuste para o efeito do calendário (dias da semana e feriados) do Modelo Central Estação de Cariacica: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

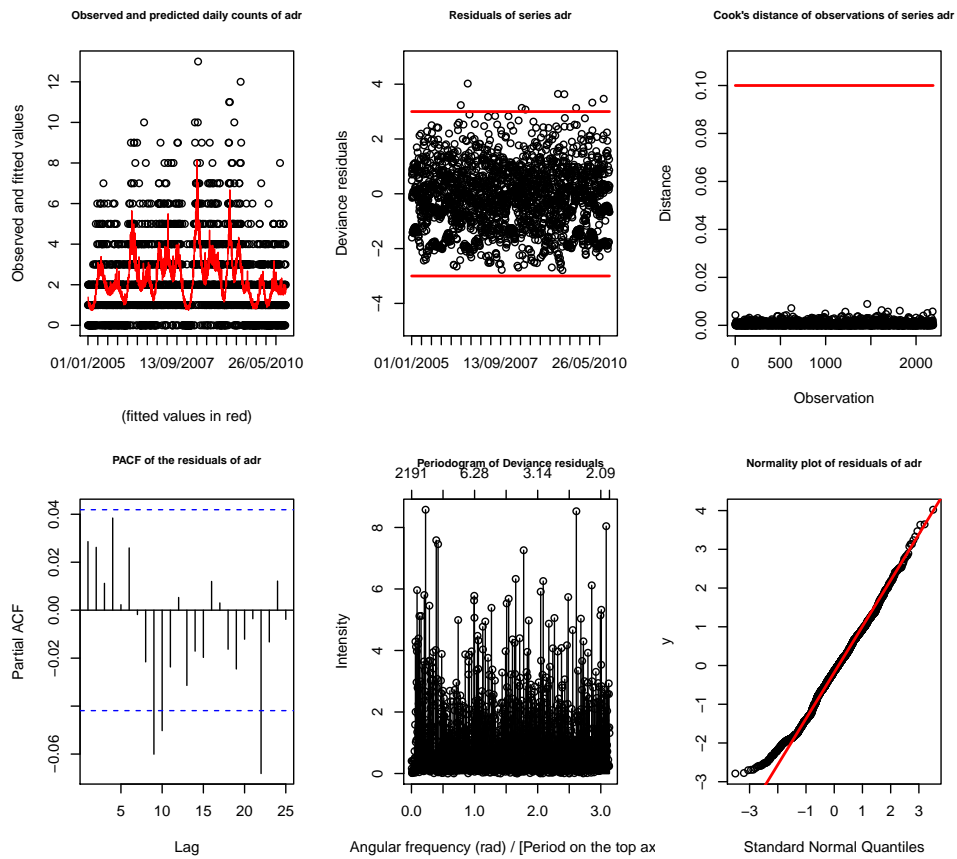


Figura C.50: Ajuste para o efeito da temperatura do Modelo Central Estação de Cariacica: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

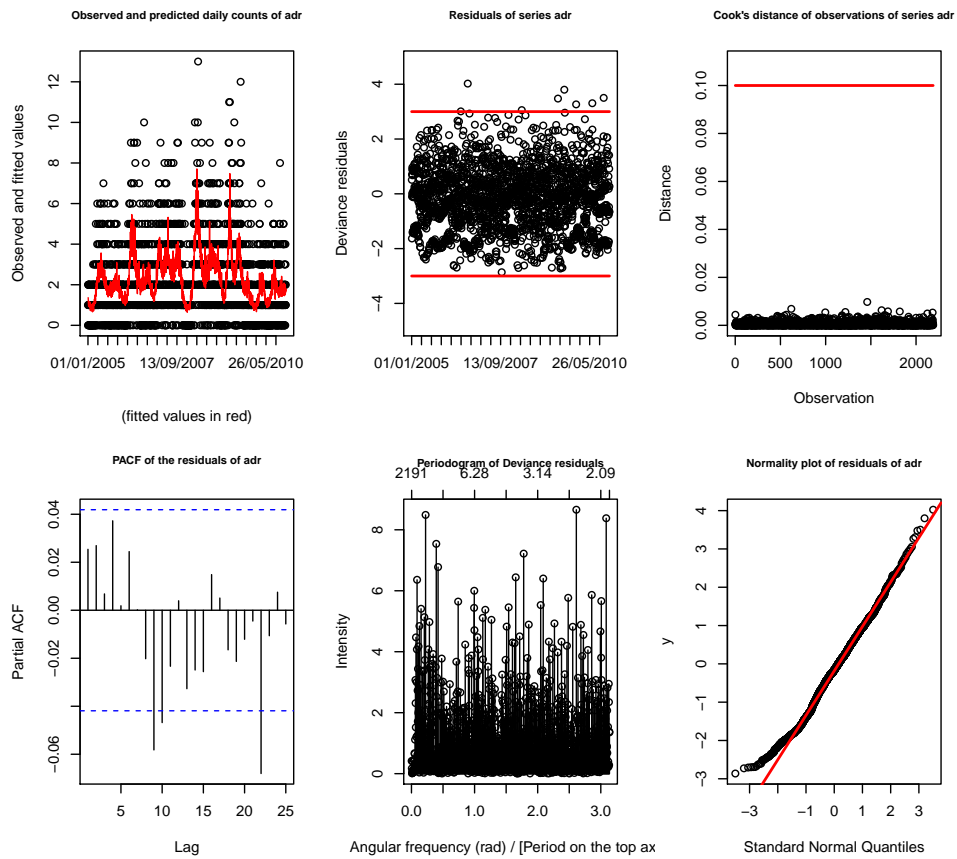


Figura C.51: Ajuste para o efeito da unidade do Modelo Central Estação de Cariacica: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal



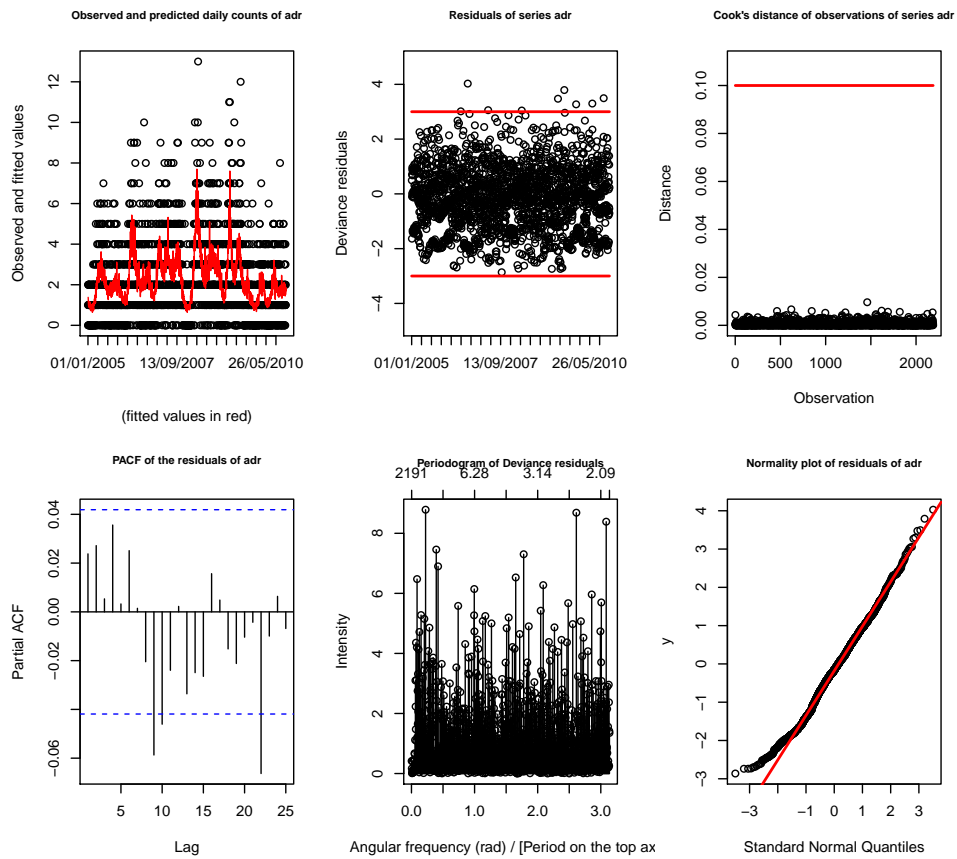


Figura C.52: Ajuste para o efeito da precipitação pluviométrica do Modelo Central Estação de Cariacica: Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

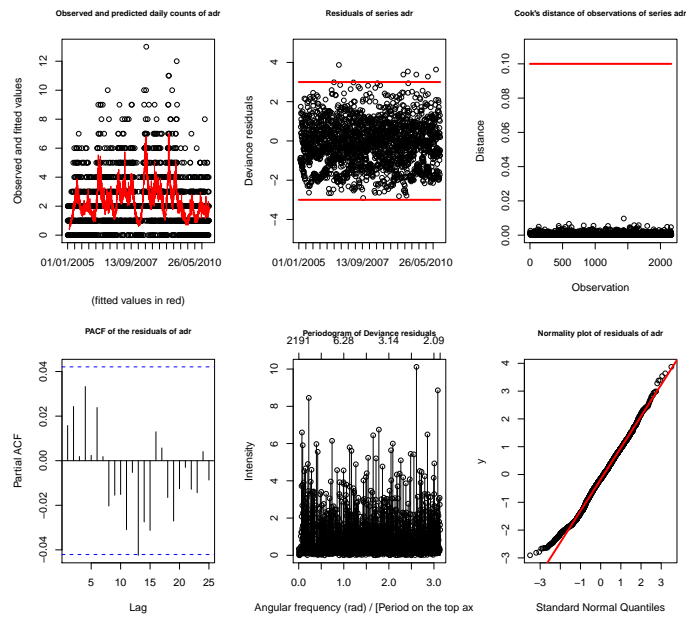


Figura C.53: Diagnóstico do Modelo Central Estação de Cariacica - Valores previsto, resíduos contra o tempo, distância de Cook, função de correlação parcial, periodograma dos resíduos e de quantis dos resíduos contra quantis da distribuição normal

## APÊNDICE D

### ÁREA DE ABRANGÊNCIA DAS RAMQAR

- Área de abrangência da RAMQAr de Laranjeiras

Tabela D.1: Área de abrangência da RAMQAr de Laranjeiras

	Bairro	Município
1	Alterozas	Serra
2	Barcelona	Serra
3	Chácara Parreiral	Serra
4	Civit	Serra
5	Jardim Limoeiro	Serra
6	Jardim Tropical	Serra
7	José de Anchieta I	Serra
8	Laranjeiras	Serra
9	Laranjeiras Velha	Serra
10	Pitanga	Serra
11	Planalto Carapina	Serra
12	Residencial Parque Laranjeiras	Serra
13	Santa Luzia	Serra
14	Taquara I	Serra
15	Taquara II	Serra
16	Taquara III	Serra
17	Val Paraiso	Serra

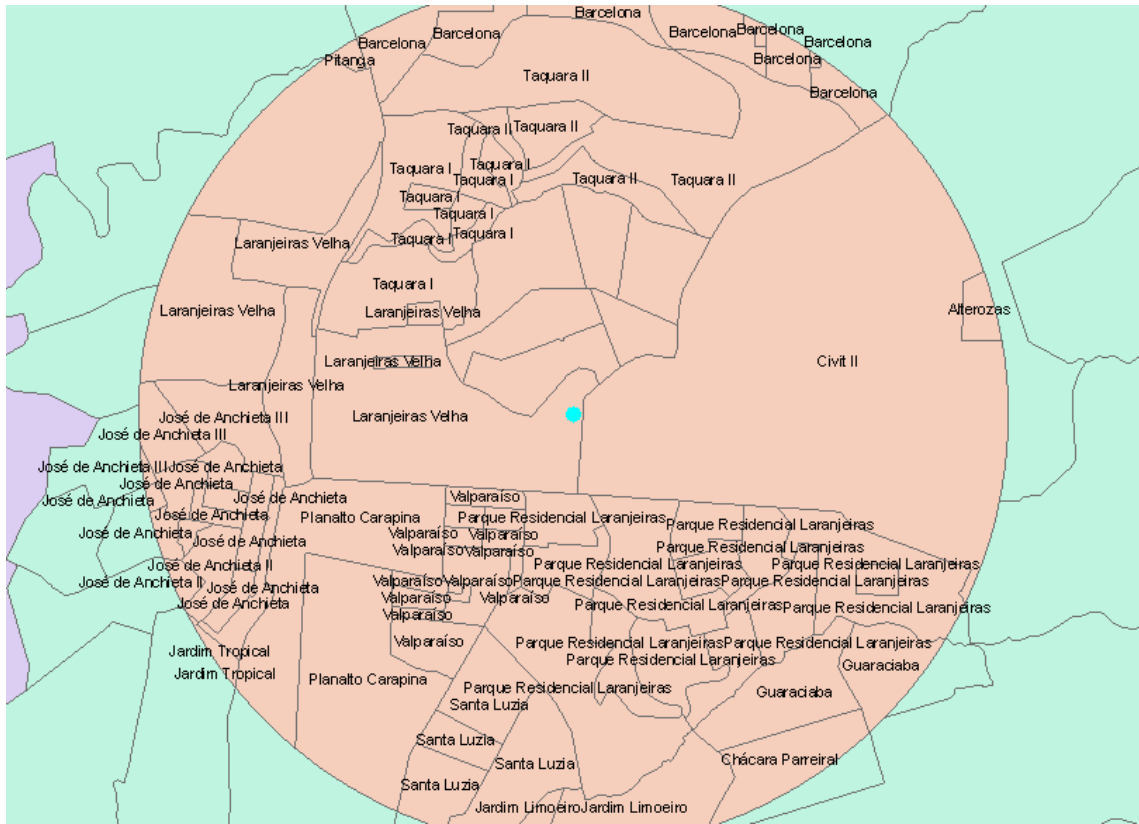


Figura D.1: Área de abrangência da RAMQAr de Laranjeiras

Área de abrangência da RAMQAr de Carapina

Tabela D.2: Área de abrangência da RAMQAr de Carapina

	Bairro	Município
1	Carapina I	Serra
2	Diamantina	Serra
3	Eurico Sales	Serra
4	Hélio Ferraz	Serra
5	Jardim Limoeiro	Serra
6	Manoel Plaza	Serra
7	Novo Horizonte	Serra
8	Parque Industrial	Serra
9	Rosário de Fatima	Serra
10	São Diogo	Serra
11	são Diogo II	Serra
12	São Geraldo	Serra

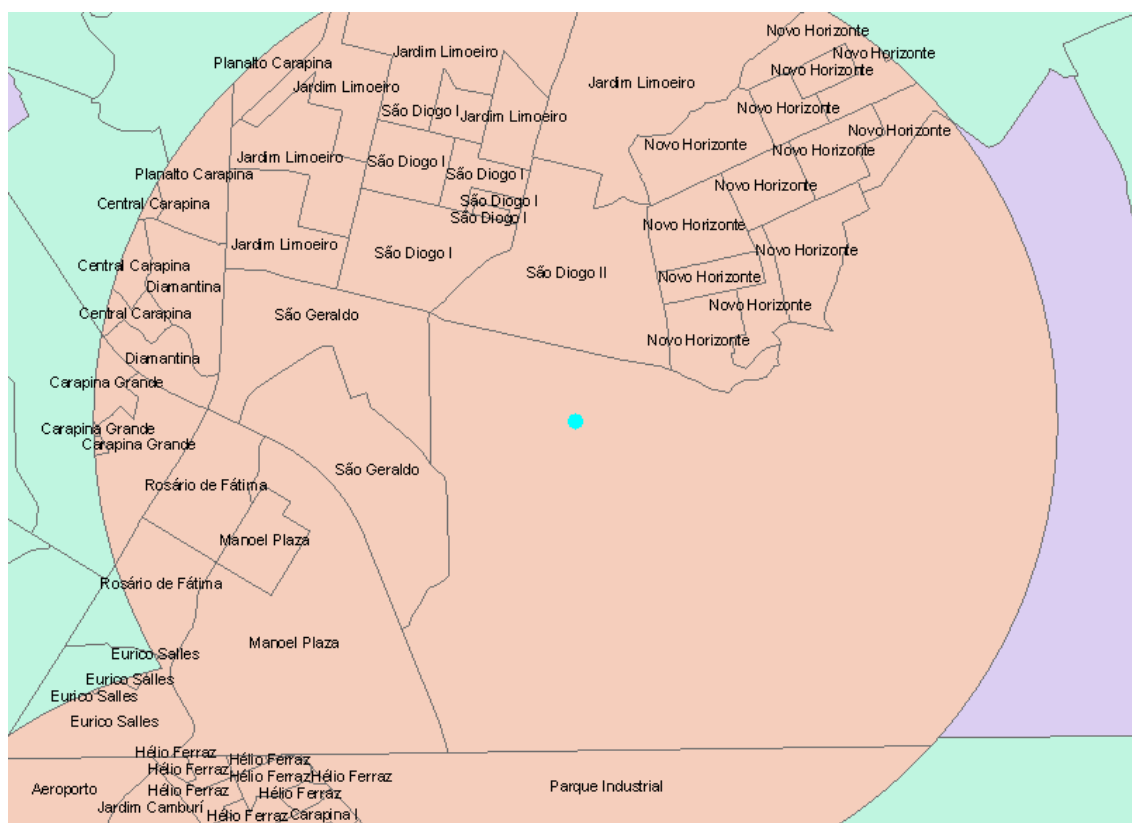


Figura D.2: Área de abrangência da RAMQAr de Carapina

- Área de abrangência da RAMQAr de Jardim Camburi

Tabela D.3: Área de abrangência da RAMQAr de Jardim Camburi

	Bairro	Município
1	Bairro de Fátima	Serra
2	Boa Vista	Serra
3	Carapina I	Serra
4	Eurico Sales	Serra
5	Hélio Ferraz	Serra
6	Jabour	Vitória
7	Jardim Camburi	Vitória
8	Manoel Plaza	Serra
9	Parque Industrial	Vitória

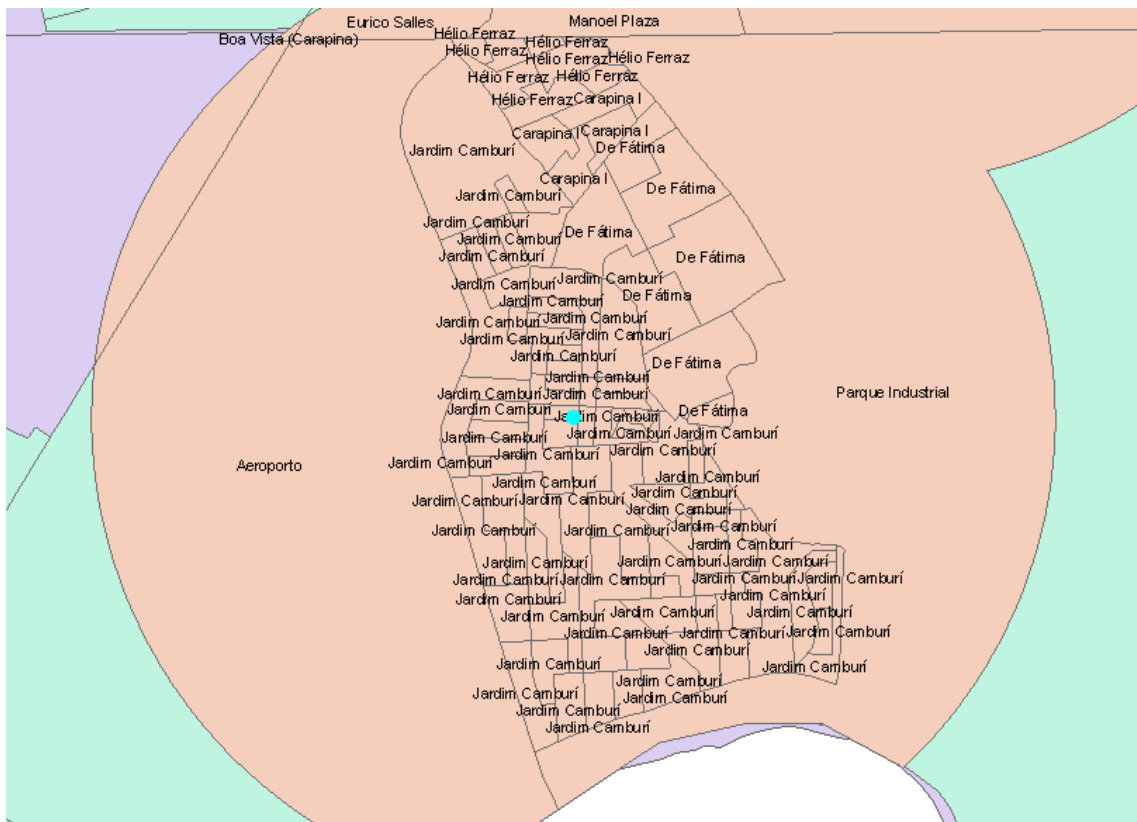


Figura D.3: Área de abrangência da RAMQAr de Jardim Camburi

- Área de abrangência da RAMQAr da Enseada do Suá

Tabela D.4: Área de abrangência da RAMQAr da Enseada do Suá

	Bairro	Município
1	Barro Vermelho	Vitória
2	Bento Ferreira	Vitória
3	Centro	Vila Velha
4	Consolação	Vitória
5	Enseada do Suá	Vitória
6	Gurigica	Vitória
7	Horto	Vitória
8	Ilha do Boi	Vitória
9	Ilha do Frade	Vitória
10	Itararé	Vitória
11	Jaburuna	Vila Velha
12	Jardim da Penha	Vitória
13	Jesus de Nazareth	Vitória
14	Praia da Costa	Vila Velha
15	Praia do Canto	Vitória
16	Praia do Suá	Vitória
17	Santa Helena	Vitória
18	Santa Lúcia	Vitória

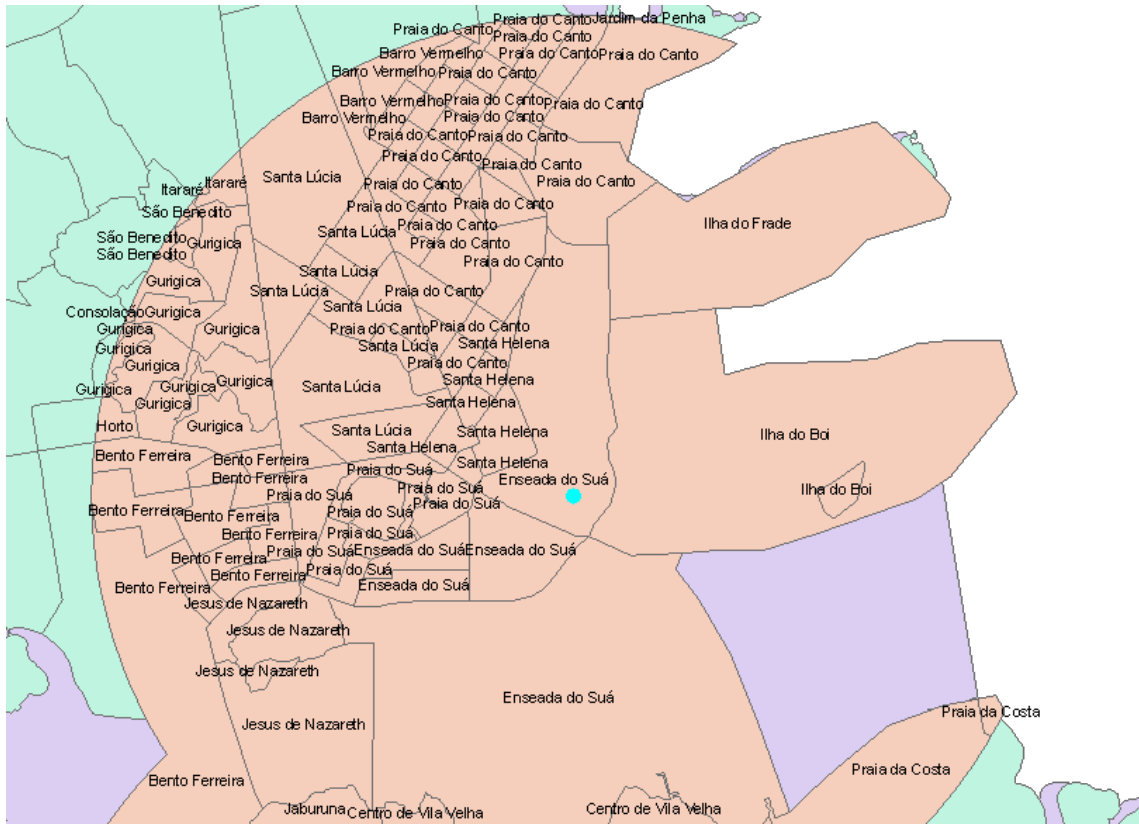


Figura D.4: Área de abrangência da RAMQAr da Enseada do Suá



- Área de abrangência da RAMQAr de Vitória Centro

Tabela D.5: Área de abrangência da RAMQAr de Vitória Centro

	Bairro	Município
1	Argolas	Vila Velha
2	Ariovaldo Favalesca	Vitória
3	Bela Vista	Vitória
4	Caratoíra	Vitória
5	Centro	Vitória
6	Chacara do Conde	Vila Velha
7	Cruzamento	Vitória
8	Do Cabral	Vitória
9	Do quadro	Vitória
10	Forte Grande	Vitória
11	Forte São João	Vitória
12	Fradinhos	Vitória
13	Fradinhos	Vitória
14	Ilha da Flores	Vila Velha
15	Ilha de Santa Maria	Vitória
16	Ilha do Príncipe	Vitória
17	Jardim América	Cariacica
18	Jucutuquara	Vitória
19	Mario Cypreste	Vitória
20	Parque Moscoso	Vitória
21	Paul	Vila Velha
22	Piedade	Vitória
23	Romão	Vitória
24	Sagrada Família	Vila Velha
25	Santa Clara	Vitória
26	Santa Tereza	Vitória
27	Santo Antônio	Vitória
28	São Torquato	Vila Velha
29	Vila Batista	Vila Velha
30	Vila Rubim	Vitória



Figura D.5: Área de abrangência da RAMQAR de Vitória Centro

- Área de abrangência da RAMQAr de Vila Velha Ibes

Tabela D.6: Área de abrangência da RAMQAr de Vila Velha Ibes

	Bairro	Município
1	1º de Maio	Vila Velha
2	Aribiri	Vila Velha
3	Ataíde	Vila Velha
4	Boa Vista	Vila Velha
5	Brisamar	Vila Velha
6	Cavaliéri	Vila Velha
7	Cocal	Vila Velha
8	Cristovão Colombo	Vila Velha
9	Dom Joao Batista	Vila Velha
10	Glória	Vila Velha
11	Ibes	Vila Velha
12	Ilha da Conceição	Vila Velha
13	Ilha da Flores	Vila Velha
14	Jardim Colorado	Vila Velha
15	Jardim Guadalajara	Vila Velha
16	Nossa Senhora da Penha	Vila Velha
17	Pedra dos Buzios	Vila Velha
18	Santa Inês	Vila Velha
19	Santa Mônica	Vila Velha
20	Santa Rita	Vila Velha
21	Santo Dumont	Vila Velha
22	Soteco	Vila Velha
23	Vila Batista	Vila Velha
24	Vila Garrido	Vila Velha
25	Vila Nova	Vila Velha
26	Zumbi dos Palmares	Vila Velha

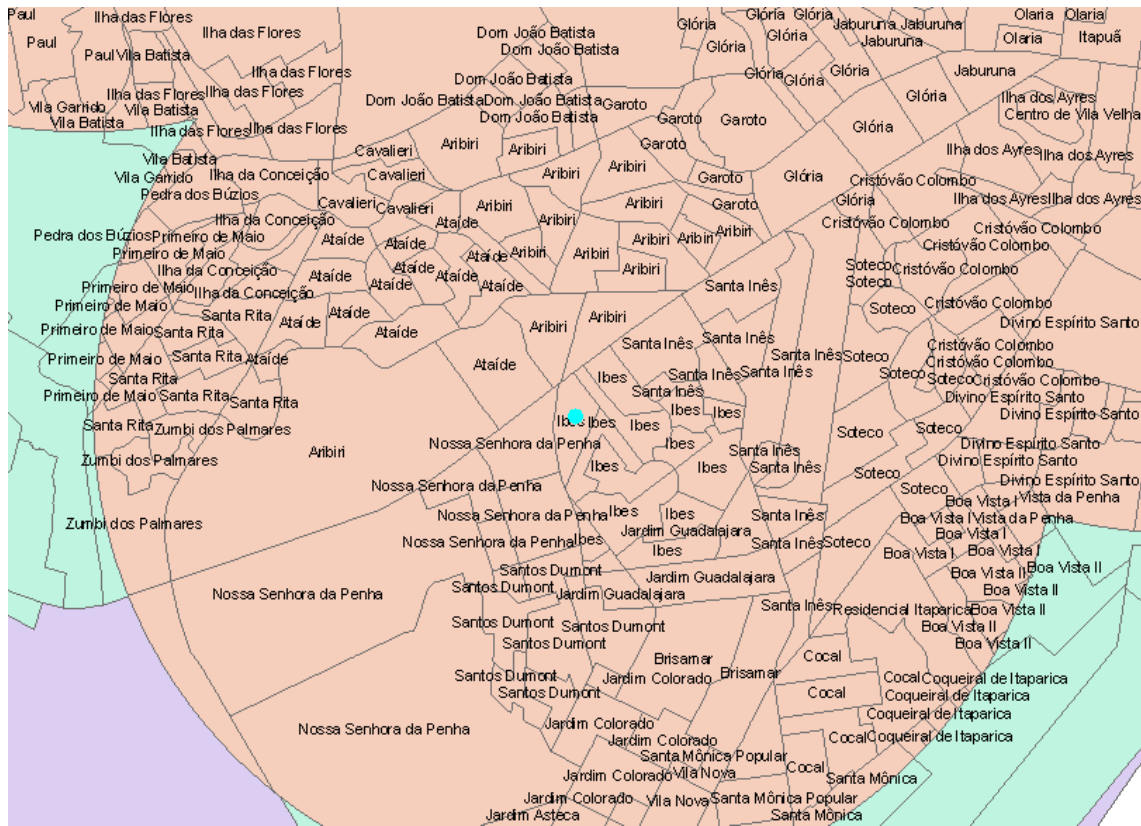


Figura D.6: Área de abrangência da RAMQAR de Vila Velha Ibes

- Área de abrangência da RAMQAr de Vila Velha Centro

Tabela D.7: Área de abrangência da RAMQAr de Vila Velha Centro

	Bairro	Município
1	Bento Ferreira	Vitória
2	Centro	Vila Velha
3	Cristovão Colombo	Vila Velha
4	Divino Espírito Santo	Vila Velha
5	Glória	Vila Velha
6	ILha dos Aires	Vila Velha
7	Itapoã	Vila Velha
8	Jaburuna	Vila Velha
9	Jesus de Nazareth	Vitória
10	Olaria	Vila Velha
11	Praia da Costa	Vila Velha
12	Praia do Suá	Vitória
13	Santa Inês	Vila Velha
14	Soteco	Vila Velha

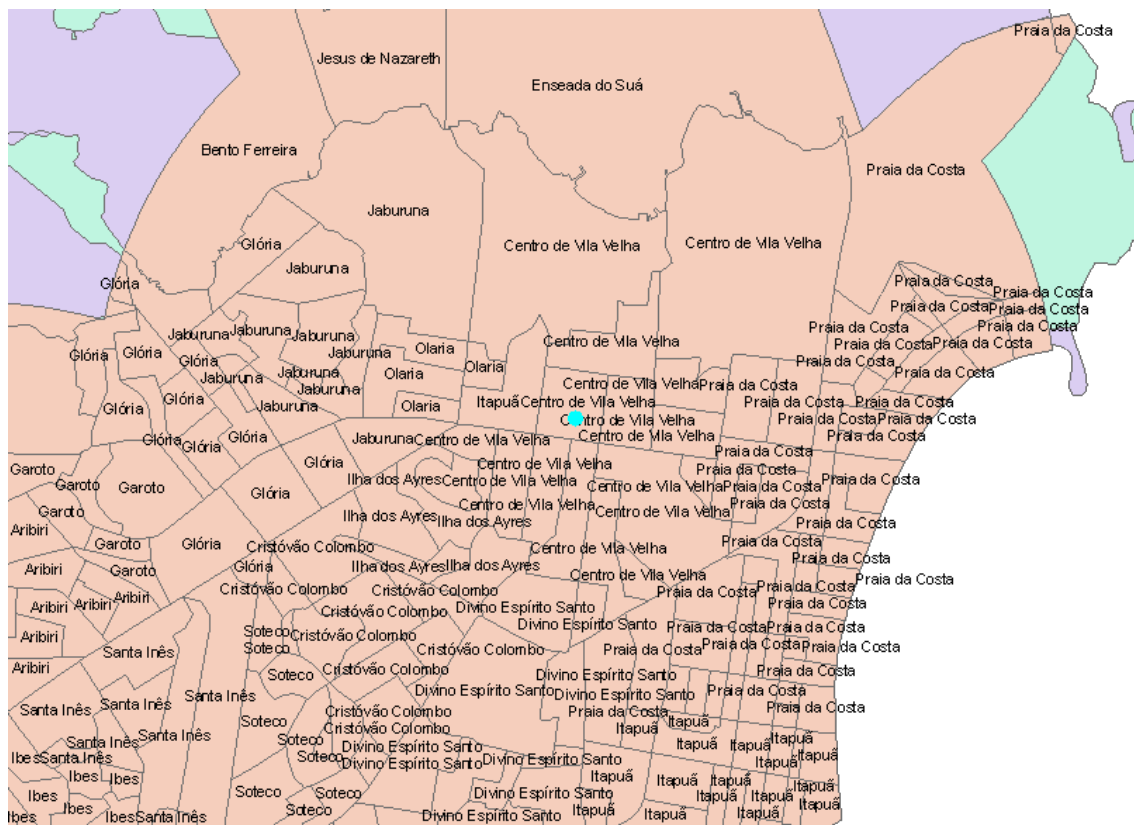


Figura D.7: Área de abrangência da RAMQAr de Vila Velha Centro

- Área de abrangência da RAMQAr de Cariacica

Tabela D.8: Área de abrangência da RAMQAr de Cariacica

	Bairro	Município
1	Campina grande	Cariacica
2	Campo Grande	Cariacica
3	Cruzeiro do Sul	Cariacica
4	Dom Bosco	Cariacica
5	Itangua	Cariacica
6	Marcílio de Noronha	Viana
7	Morada de Santa Fé	Cariacica
8	Mucuri	Cariacica
9	Nova Brasília	Cariacica
10	Novo Horizonte	Cariacica
11	Operário Beira Rio-B	Cariacica
12	Parque Gramado	Cariacica
13	Piranema	Cariacica
14	Rio Branco	Cariacica
15	Rosa da Penha	Cariacica
16	Santa Bárbara	Cariacica
17	Santa Cecília	Cariacica
18	Santo Andre	Cariacica
19	São Francisco	Cariacica
20	São Geraldo	Cariacica
21	Vila Bethânia	Viana
22	Vila Capixaba	Cariacica
23	Vila Independência	Cariacica
24	Vila Palestina	Cariacica

