

EDMILSON DE SOUZA

INVENTÁRIO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS E AVALIAÇÃO DE
CONDICIONANTES METEOROLÓGICAS:
ESTUDO DE CASO DE TRÊS LAGOAS

Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Mecânica.

Área de Concentração: **Térmicas e Fluidos**

Orientador: **Prof. Dr. Josmar Davilson Pagliuso**

São Carlos
2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES TRABALHOS, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

S727i Souza; Edmilson de
Inventário de emissões atmosféricas e avaliação de
condicionantes meteorológicas : estudo de caso de Três
Lagoas / Edmilson de Souza ; orientador Josmar Davilson
Pagliuso. -- São Carlos, 2009.

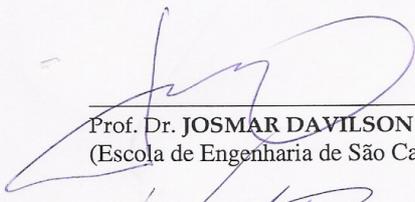
Tese (Doutorado-Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Mecânica e Área de Concentração em Térmicas e
Fluidos) -- Escola de Engenharia de São Carlos da
Universidade de São Paulo, 2009.

1. Poluição atmosférica. 2. Inventário de Emissões. 3.
Qualidade do ar. I. Título.

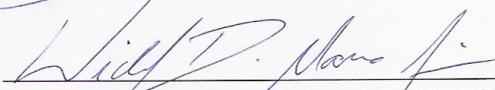
FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Licenciado EDMILSON DE SOUZA

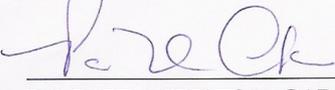
Tese defendida e julgada em 24/04/2009 perante a Comissão Julgadora:


Prof. Dr. **JOSMAR DAVILSON PAGLIUSO (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

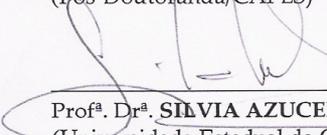
Aprovado


Prof. Dr. **WICLEF DYMURGO MARRA JUNIOR**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

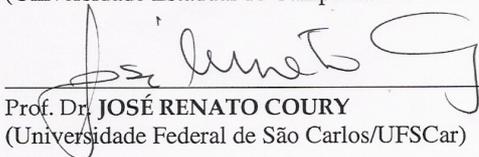
APROVADO.


Dr.^a. **PAULA CRISTINA GARCIA MANOEL CRNKOVIC**
(Pós-Doutoranda/CAPES)

Aprovado


Prof.^a. Dr.^a. **SILVIA AZUCENA NEBRA DE PÉREZ**
(Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP)

Aprovado


Prof. Dr. **JOSÉ RENATO COURY**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

APROVADO


Prof. Associado **JONAS DE CARVALHO**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Mecânica


Prof. Associado **GERALDO ROBERTO MARTINS DA COSTA**
Presidente da Comissão da Pós-Graduação da EESC

À Deus, pela luz de todos esses dias

À minha esposa, Tania, que muito tem me auxiliado nessa agradável jornada

À Lorena e Nicole pelo seu amor incondicional

À meus Pais, Mauro e Damiana pelos anos de apoio

À meus irmãos, Neide e Edílson pela força

Ao David, o caçula, que chegou iluminando esses últimos dias

*Ao Mestre de Nazaré pelas suas palavras que sobreviveram à solidão dos homens,
e acendeu em mim o compromisso com todas as criaturas desse Planeta.*

*“Os que esperam no Senhor
renovam as suas forças,
sobem com asas como águias,
correm e não se cansam,
caminham e não se fatigam”*

Isaias 40:31

“É triste pensar que a natureza fala e que o gênero humano não a ouve”

Victor Hugo

“Não danifiques a terra, nem o mar, nem as árvores”

Apocalipse 7:3

Agradecimentos

Ao prof.Dr.Josmar Pagliuso pela orientação, paciência, amizade, generosidade, didática, e sem dúvidas, pelas inúmeras oportunidades de aprendizado geradas em todos esses anos de São Carlos, gratidão infinda.

Ao amigo e pastor José Mauro, da Comunidade Sara Nossa Terra de São Carlos, que me ajudou a ver com mais clareza as mazelas de minha própria alma, e, com sabedoria e paciência me fez descobrir uma vez mais as belezas e preciosidades que o Papai do Céu colocou dentro de cada um de todos nós.

Ao Braz, ao Fernando, à Marlene, e, a toda a Comunidade Sara Nossa Terra de São Carlos, minha eterna gratidão por todo seu amor, amizade, altruísmo e acolhida.

Aos Amigos Marcel e Silvia e filhos, nossos vizinhos, pessoas ótimas, que nos abriram sua casa e nos ensinaram lições valiosas de bom convívio e amizade, gratidão eterna.

Aos Amigos Aymer e Sandra pelo apoio, pelo companheirismo, pela fé, pelos pratos colombianos aos domingos, deliciosos, e, claro, a limonada impecável do Aymer.

Ao prof. Carlos Portezani pela amizade, companheirismo e ajuda inestimável nos problemas de informática.

Ao prof. André Pimentel do IQSC/USP pelo incentivo, pela amizade, dicas e críticas que muito me ajudaram a refletir sobre o tema de minha tese. Imensa gratidão.

Ao prof. Paulo César e família, pela ajuda em São Carlos, amizade, fé, horas e horas de muita prosa sobre Ciência e Deus.

Ao prof. Dr. Antonio Moreira pelas dicas, pelo material bibliográfico, amizade e explicações sempre dosadas de boa didática.

Às companheiras de NETEF, Ivonete, Deuzuita, e Paula pela amizade e atenção e dicas dedicadas a problemas de meu tema.

Aos Professores do NETEF, muito dedicados e rigorosos para com o valor do trabalho científico, e em especial ao prof. Dr. Fernando Millioli pelas lições sobre combustão, inesquecíveis, e o apoio administrativo para os relatórios, minha eterna gratidão.

A Todos Colegas do NETEF que compartilharam comigo quatro anos de muito de suas sabedorias e grandeza pessoal, meu muito obrigado, que Deus lhes retribua cada segundo, cada boa palavra.

À Ana Paula e ao Yuri da Secretária da Pós em Engenharia Mecânica, e, também, aos funcionários das bibliotecas da EESC, IQSC, IFSC e ICMC, pela atenção e profissionalismo impecável, trabalho de excelência.

Ao Zé da Van, pela simpatia, consideração, amizade, companheirismo, e inestimável ajuda em todas as viagens por esse “Brasilzão” maravilhoso. Vai dar muita saudade!!

Ao prof. Gilmar Praxedes Daniel pelo apoio e incentivo em todos esses anos distante de Dourados.

Ao prof. Paulo Souza da Silva do CInAM, à Valéria e ao Nilson da Secretária da Física/UEMS, e, ao grupo do DRH/UEMS pelos inúmeros socorros em vários assuntos internos da Instituição durante minha ausência.

Ao prof. Dr. Alex Guenther pelo software e artigos científicos.

Ao prof. Dr. Helmut Mayer pelos artigos científicos.

Ao prof. Dr. Bo Galle pelo envio de sua tese.

A todas as empresas e órgãos públicos que colaboraram com o trabalho.

À FUNDECT pelo auxílio financeiro nos três primeiros anos de afastamento.

À UEMS pelo afastamento integral.

Aos Amigos e Colegas do Departamento de Física da UEMS e do CInAM pelo apoio para o afastamento.

Ao Governo do Estado de Mato Grosso do Sul.

À Escola de Engenharia de São Carlos, uma Casa de Excelência.

À Universidade de São Paulo, que me deixou marcas profundas.

À Cidade e ao Povo Maravilhoso de São Carlos, vão ficar para sempre gravados em meu Coração.

Resumo

de SOUZA, Edmilson. **Inventário de emissões atmosféricas e avaliação de condicionantes meteorológicas: estudo de caso de Três Lagoas**. 2009, 253p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

Desde a década de 1930 distintos estudos têm fortemente aumentado o conhecimento acerca da atmosfera da Terra. De fato, nos últimos trinta anos, devido ao intenso avanço científico e tecnológico um progresso real ocorreu nesta área; incluindo os efeitos da poluição do ar. No entanto, os efeitos da poluição do ar, principalmente em regiões urbanas, ainda exigem uma melhor compreensão. No Brasil, grandes áreas metropolitanas como as cidades de São Paulo e Rio de Janeiro possuem significativas pesquisas sobre a atmosfera local; elas estão entre as regiões onde a qualidade do ar é mais bem monitorada no país. Por outro lado, em algumas regiões como o centro-oeste brasileiro, tais estudos são modestos ou mesmo inexistentes. Devido a fatores geográficos e econômicos, algumas regiões do país como a cidade de Três Lagoas (20° 47' S, 51° 42' W), leste do Estado de Mato Grosso do Sul, passa por relevantes transformações nos últimos dez anos. Fontes potenciais de poluição do ar e/ou seus precursores surgem através da instalação de novas indústrias (incluindo uma Termoelétrica de 240 MW), crescimento da frota veicular, extensas áreas de plantio de floresta de eucalipto para uso industrial (hidrocarbonetos biogênicos) , um grande reservatório de hidroelétrica (emissão de metano) e ocorrências sazonais de queimadas. Os resultados obtidos foram organizados em inventários de emissões atmosféricas. Também foram analisadas as concentrações de poluentes e parâmetros meteorológicos. Entre as fontes analisadas, a frota veicular foi considerada a majoritária, sendo responsável por 97% da descarga de monóxido de carbono e cerca de 53% dos óxidos de nitrogênio na atmosfera local. Para os gases poluentes monitorados, as concentrações médias, no período analisado (2005 e 2006), medidos em ppbv foram: $O_3 = 25 \pm 14,4$, $NO_x = 9,4 \pm 6,6$ e $CO=166,5 \pm 49,8$. Outros resultados confirmam a correlação estatística entre parâmetros meteorológicos e a concentração dos poluentes. O Ozônio, durante setembro/2005, apresentou forte correlação

linear com a temperatura (0,76) e média com a radiação solar (0,58). A análise do transporte de hidrocarbonetos biogênicos (Floresta de Eucalipto) e da pluma de NO_x (Usina Termoelétrica) indica uma participação secundária dessas fontes. De fato, os resultados indicam que os níveis da qualidade do ar de Três Lagoas atendem à legislação vigente no país.

Palavras-Chave: Poluição Atmosférica. Inventário de Emissões. Qualidade do Ar

Abstract

de SOUZA, Edmilson. **Inventory of Atmospheric Emissions and Meteorological Conditionates: Studies of Três Lagoas**. 2009, 253p. Thesis (Doctoral) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

Since the 1930's, several studies have strongly increased the knowledge about the Earth atmosphere. Indeed, in the last thirty years, due to intense scientific and technologic improvements a real progress happened in this area; including the effects of air pollution. However, the effects of air pollution, mainly around urban zones, still require a better understanding. In Brazil, large metropolitan areas like São Paulo and Rio de Janeiro already have a good deal of research on their local atmosphere; they are among the regions where air quality is better monitored in country. On other places, like Brazilian mid-west, such studies are modest or inexistent. Due to factors as geographical and economical, some regions of the country as the city of Três Lagoas (20° 47'S, 51° 42'W), east of Mato Grosso do Sul State, undergone strong transformations in the last ten years. Potential sources of air pollutants and/or its precursors began to show up, brought by the installation of new industries (including a 240 MW power-plant), increase of the vehicle fleet, extensive conifer plantation for industrial use (biogenic hydrocarbons), a large hydropower reservoir (methane) and the seasonal occurrence of vegetation burning. The research results were organized on atmospheric emissions inventories. It was also analyzed the pollutants concentrations and meteorological parameters. Among the emissions sources, the vehicle fleet turned to be the major source. It is responsible for 97% of carbon monoxide and 53% of nitrogen oxides of the total mass of pollutants released into local atmosphere. Concerning to the pollutants gases monitored, the mean concentrations, in the analyzed period (2005 and 2006), was measured in ppbv: $O_3 = 25 \pm 14,4$, $NO_x = 9,4 \pm 6,6$ e $CO=166,5 \pm 49,8$. Statistical correlation between meteorological parameters and the pollutants concentration was also confirmed by others research results. The Ozone, during september/2005, showed strong linear correlation with temperature (0,76) and moderate to solar radiation (0,58). The transport analyze of biogenic hydrocarbon (Eucalyptus Forest) and NO_x (Thermopower Plant) plume points to a supporting role of this sources. Indeed, the results proved that the air quality levels of Três Lagoas city is in accordance with the current Country legislation.

Keywords: Atmospheric Pollution. Emission Inventory. Air Quality

Lista de Figuras

Figura 1: Estratificação da atmosfera terrestre em função da altitude e pressão. (SEINFELD & PANDIS, 1998)	42
Figura 2: Concentração de Fumaça e Dióxido de Enxofre em Londres em 1951 e 1952.(GREATER LONDON AUTHORITY, 2002).....	46
Figura 3: Excesso de mortes em semanas próximas ao <i>London Smog</i> .(GREATER LONDON AUTHORITY, 2002)	46
Figura 4: Segunda maior média anual de Ozônio em Atlanta – EUA. (NRC, 1991).....	49
Figura 5: Segunda maior média anual de Ozônio em Los Angeles - EUA. (NRC,1991).....	49
Figura 6: Segunda maior média anual de Ozônio em Washington – EUA.(NRC, 1991)	50
Figura 7: Distribuição Populacional em Megacidades do Mundo.(MAGE et.al 1996)	52
Figura 8: Distribuição da Emissão Total de Poluentes na Alemanha.(MAYER, 1999)	55
Figura 9: Relação entre nível de desenvolvimento do país e controle da poluição do ar.(FENGER, 1999).....	56
Figura 10: Concentração Média Anual de monóxido de carbono na RMSP e regiões vizinhas.(CETESB,2006)	57
Figura 11: Concentração Média Anual de Ozônio de várias estações de monitoramento na RMSP.(CETESB,2006).....	58
Figura 12: Concentração Diária de Ozônio em Setembro de 2005 em Campo Grande, MS.(PAVÃO et. al, 2006)	60
Figura 13: Concentração Diária de Ozônio em Janeiro e Agosto para Maringá, PR.(BOIAN & KIRCHHOFF, 2005)	61

Figura 14: Deslocamento da Pluma do Vulcão Chaitén nos dias 3 e 5 de maio de 2008. http://www.nasa.gov	63
Figura 15: Distribuição espacial de focos de queimadas e estimativa de emissão de PM2.5.(ZHANG et. al.,2008)	66
Figura 16: Total de Focos de Queimadas no Brasil 2005/2006. (elaborado a partir de dados do INPE - www.inpe.br)	67
Figura 17: Relação entre número de atendimentos e concentração de PM2.5 em Rio Branco/AC, set/2005.(MASCARENHAS et. al.,2005)	68
Figura 18: Plumas de Fumaça de Focos de Queimada no Acre,Brasil; Peru e Bolívia em 17 de Setembro de 2005.(BROWN et. al.,2006)	69
Figura 19: Regiões do território norte-americano com emissões de isopreno e presença de termoelétricas.(RYERSON et. al.,2001).....	72
Figura 20: Relação produção de Ozônio, Emissão de NOx e idade da Pluma.(RYERSON et. al.,2001)	73
Figura 21: Emissão e Concentração de Isopreno, resultados experimentais e de simulação.(NUNES & PIO,2001).....	75
Figura 22: Distribuição Sazonal da Taxa de Emissão de Isopreno em regiões continentais.(GUENTHER et. al.,2003)	77
Figura 23: Corte transversal de um Reservatório e Processo de Formação de Metano. (SILVA & SIKAR, 2004)	80
Figura 24: Redução de plantas aquáticas na região do reservatório de Tucuruí.(LIMA & VICTORIA, 2002)	80
Figura 25: Perfil da Concentração de Metano x Profundidade do Reservatório .(SILVA & SIKAR, 2004)	81
Figura 26: Localização espacial de nove importantes reservatórios brasileiros .(MCT1, 2006)	82
Figura 27: Esquema do Motor de Combustão de Interna por centelha – Ciclo Otto. (GODISH, 1991)	86
Figura 28: Comportamento dos Fatores de Emissão de Poluentes da Frota Veicular Leve.	

(elaborado a partir de dados do PROCONVE/IBAMA).....	89
Figura 29: Número (N) de violações dos níveis “padrão” e “atenção” da qualidade do ar na RMSP . (CETESB, 1996).....	91
Figura 30: Emissão Total de CO, NOx e HC em regiões urbanas brasileiras. (CETESB, 2006; FEEMA, 2006)	93
Figura 31: Corte transversal de um forno tipo abóbada. (NICOLAU et. al.,2002).....	97
Figura 32: Corte transversal de um forno tipo abóbada com sistema de exaustão lateral.(LOPES, 2005)	98
Figura 33: Comportamento temporal do CO em forno à lenha. (HUBBARD, 1991).....	100
Figura 34: Comportamento temporal do CO em forno à lenha. (HUBBARD, 1991).....	100
Figura 35: Esquema de funcionamento de Termoelétrica a Ciclo Simples (TURDERA et. al.,2006).....	103
Figura 36: Esquema de funcionamento de Termoelétrica a Ciclo Combinado (TURDERA et. al., 2006).....	104
Figura 37: Variação do Fator de Emissão de NOx em turbinas à gás natural na Holanda entre 1990-1998. (PULES & HESLINGA, 2004).....	106
Figura 38: Esquema da turbina à gás MS6001FA da General Eletric. (Ramachandran & Conway, 1996)	109
Figura 39: Perfil de Velocidade em Regiões Urbanas, Suburbanas e Rurais. (TURNER, 1994)	122
Figura 40: Direção preferencial do vento durante o dia e a noite em Nova York. (WARK et. al., 1998).....	123
Figura 41: Categorias de Estabilidade Atmosférica. (LORA, 2002).....	124
Figura 42: Relação entre Gradientes de Temperatura (adiabático “ Γ_{adia} ” – tracejado; ambiente “ Γ_{amb} ” - contínuo), Perfil de Velocidade (u) e deslocamento da pluma ao longo de “x”. (WARK et. al., 1998).....	125
Figura 43: Máxima Profundidade de Mistura (adiabático: tracejado; ambiente: contínuo). (WARK et. al., 1998)	126

Figura 44: Esquerda) Altura ou profundidade da camada de mistura durante o período da tarde e manhã. Direita) Velocidade do vento nos períodos da tarde e manhã. (HOLZWORTH, 1967).....	127
Figura 45: Mapa da divisão de Mato Grosso do Sul em microrregiões e municípios. (SEPLANCT/MS, 2006).....	130
Figura 46: Região de Três Lagoas/MS. (Imagem produzida a partir de dados de Satélite e editada no aplicativo GlobalMapper).....	131
Figura 47: Vista Panorâmica da Região de Três Lagoas.(elaborada a partir de imagem da NASA)	133
Figura 48: Curvas de Crescimento das Frotas de MS e Três Lagoas. (DENATRAN, 2006)	140
Figura 49: Crescimento do PIB-MS e Frota MS. (DENATRAN, 2006; SEPLANCT, 2006)	141
Figura 50: Crescimento das Frotas Nacional e de MS, e Vendas Totais no País. (DENATRAN, 2006; ANFAVEA, 2007).....	142
Figura 51: Vendas Totais de Automóveis e Frota Leve.(ANFAVEA, 2007).....	143
Figura 52: Curvas de Sucateamento Frota Leve Urbana. (MCT2, 2006).....	153
Figura 53: Entrada lateral do Forno Abóbada para inserção das peças para queima.....	156
Figura 54: Entrada Frontal do Forno Abobada para Alimentação de Lenha.	156
Figura 55: Vistas aérea e lateral (detalhe à direita) da UTE Três Lagoas. (GOOGLE EARTH, 2004)	159
Figura 56: Distribuição das Áreas de Cultivo de Eucalipto na Região de Três Lagoas.	161
Figura 57: Áreas de Cultivo mais próximas à Região Urbana. (GOOGLE EARTH, 2004) .	162
Figura 58: Localização em coordenadas UTM da superfície do Lago de Jupuíá. (elaborada a partir de imagem da NASA)	165
Figura 59: Diagrama dos Elementos de um Modelo “Caixa”. (Finlayson-Pitts & Pitts., 2000)	178
Figura 60: Comportamento diário típico de poluentes em área urbana. (ROCHA, J.C.; ROSA, A.H. E CARDOSO, A. A.; 2006).....	180

Figura 61: Resposta espectral dos alvos solo, água e vegetação. (Rosa, 2003)	183
Figura 62: Resposta espectral e composição RGB das bandas 3,4 e 2 do satélite CBERS para a região de Três Lagoas.....	184
Figura 63: Resultado do Inventário de Emissões Mensais da Planta Termoeletrica de Três Lagoas, 2005 e 2006.....	194
Figura 64: Resultado dos Cálculos das Emissões diárias das semanas de maior atividade da UTE em Ago/Set/Dez/2005 e Mar/Set/Dez/2006.	196
Figura 65: Emissão Mensal de Isopreno em 2005/2006.....	199
Figura 66: Emissão Mensal de Monoterpenos em 2005/2006.	200
Figura 67: Resultados do cálculo da emissão horária de Isopreno em função da idade da planta.	201
Figura 68: Comportamento da Radiação Solar e Temperatura entre 1-5/set/2005.	202
Figura 69: Área alagada da UHE Eng. Souza Dias (em preto com contorno vermelho).	203
Figura 70: Concentração horária de Monóxido de Carbono 2005/2006.	206
Figura 71: Concentração horária de Óxidos de Nitrogênio 2005/2006.....	207
Figura 72: Valores Médios Mensais da Concentração de Ozônio em Três Lagoas/2005.....	209
Figura 73: Valores Médios Mensais da Concentração de Ozônio em Três Lagoas/2006.....	209
Figura 74: Resultados para Sazonalidade da Concentração de Ozônio horária-diária para Três Lagoas/2005.	210
Figura 75: Resultados para Sazonalidade da Concentração de Ozônio horária-diária para Três Lagoas/2006.	211
Figura 76: Comportamento Semanal da Concentração de Ozônio para Três Lagoas/2005...	213
Figura 77: Comportamento Semanal da Concentração de Ozônio para Três Lagoas/2006...	213
Figura 78: Comportamento Semanal da Concentração de Ozônio para 9 a 15 de outubro/2005.	214
Figura 79: Comportamento Semanal da Concentração de Ozônio em 16 a 22 de outubro/2005.	

.....	215
Figura 80: Relação entre NOx e CO para o período de 3 a 9 de Setembro de 2006.....	216
Figura 81: Relação entre NOx e CO para 9 a 15 de Outubro de 2005.....	217
Figura 82: Relação entre NOx e CO para 16 a 22 de Outubro de 2005.....	217
Figura 83: Comportamento Sazonal Ciclo Diário do NOx em 2006.....	218
Figura 84: Comportamento Sazonal Ciclo Diário do CO em 2005.....	219
Figura 85: Ciclo Diário NOx e Ozônio em 2006.....	220
Figura 86: Ciclo Diário CO e Ozônio em 2005.....	221
Figura 87: Direção Predominante dos Ventos para 2005.....	223
Figura 88: Direção Predominante dos Ventos para 2006.....	223
Figura 89: Precipitação nos dias 6 a 9 de Janeiro de 2005.....	227
Figura 90: Direção do Vento nos dias 1 a 4 de Setembro de 2005.....	230
Figura 91: Intensidade da Radiação Solar para o período de 1 a 4 de Setembro de 2005.....	233
Figura 92: Simulação da Emissão (1h) de NOx pela UTE de Três Lagoas (05/09/2005).....	238
Figura 93: Simulação da Emissão (24h) de NOx pela UTE de Três Lagoas (05/09/2005).....	239
Figura 94: Simulação da Emissão (24h) de CO pela UTE de Três Lagoas (05/09/2005).....	240
Figura 95: Simulação da Emissão (1h) de HC pela Cobertura Vegetal de Eucalipto.....	241
Figura 96: Simulação da Emissão (24h) de HC pela Cobertura Vegetal de Eucalipto.....	242
Figura 97: Áreas de Cobertura Vegetal de Eucalipto. CBERS. 03/08/2005.....	243
Figura 98: Simulação da formação de Ozônio em diferentes concentrações de Compostos Orgânicos Voláteis.....	244
Figura 99: Formação de ozônio em área livre de hidrocarbonetos para Janeiro/2005.....	246
Figura 100: Formação de ozônio em área livre de hidrocarbonetos para Setembro/2005.....	246

Lista de Tabelas

Tabela 1: Principais constituintes gasosos da atmosfera da Terra. (WALLACE & HOBBS, 2006).....	44
Tabela 2: Concentração de gases traços em atmosfera limpa e poluída. (WALLACE & HOBBS, 2006).	44
Tabela 3: Maiores Aglomerados Urbanos do Mundo (UN, 2008).....	53
Tabela 4: Qualidade do Ar em Megacidades do Mundo segundo poluentes monitorados (MAGE et. al., 1996).....	54
Tabela 6: Emissão Total de Isopreno e Monoterpenos em Área de Portugal.(NUNES & PIO, 2001).....	75
Tabela 7: Emissões de Reservatórios de Usinas Hidroelétricas no Brasil. (MCT1, 2006).....	83
Tabela 8: Valores médios da razão emissão fria / emissão quente em veículos de passeio a gasolina e diesel sob temperatura de 16°C. (JOURMARD & ANDRE, 1990).	87
Tabela 9: Distribuição percentual da composição do combustível e dos gases de exaustão de 6 diferentes tipos de gasolina. (PERRY & GEE,1995).....	88
Tabela 10: Participação Percentual do Setor Industrial (Fontes Fixas) em Relação às Moveis. (CETESB, 2006; FEEMA, 2006).....	94
Tabela 11: Emissão de CO de fornos de Cerâmicas do Estado da Paraíba.(Almeida et. al. 2007).....	99
Tabela 12: Emissões Atmosféricas – Geração Termoelétrica (adaptado de MICHELINI, 2005).....	105
Tabela 13: Dados de Simulação - Emissões Atmosféricas de Turbinas à Gás (RANGEL & BLÜCHER, 2005).....	108

Tabela 14: Padrão Nacional de Qualidade do Ar (a partir da Resolução CONAMA 03/90)	114
Tabela 15: Limites de Emissão de Poluentes para Veículo Leve de Passageiros e Comercial.(MMA,2008)	116
Tabela 16: Fatores de Emissão para Veículos da Frota Leve.(IBAMA, 2008)	117
Tabela 17: Limites de Emissão de Poluentes para Motocicletas.(IBAMA,2008)	118
Tabela 18: Limites de Emissão para fonte fixa de combustão externa. (MMA, 2008)	119
Tabela 19: Limites de Emissão para fonte fixa de combustão externa em queima de madeira. (MMA, 2008)	120
Tabela 20: Limites de Emissão para fonte fixa de combustão externa em queima de madeira. (MMA, 2008)	120
Tabela 21: Limites de Emissão para Turbina em Centrais de Geração de Energia. (MMA, 2008)	120
Tabela 22: Frota Veicular de Três Lagoas. (DETRAN-MS, 2006)	139
Tabela 23: Emissões de Fontes Móveis. (TEXEIRA ¹ et. al.,2008; FEEMA ² , 2006; CETESB ³ , 2004)	145
Tabela 24: Emissão Nacional da Frota Veicular Leve/1994. (MCT2, 2006)	145
Tabela 25: Relação assumida para a Idade dos veículos e a Quilometragem total percorrida. (MCT2, 2006; MURGEL et. al., 1987)	150
Tabela 26: Quilometragem média obtida do Inventário e Entrevista espontânea em Três Lagoas.	151
Tabela 27: Parâmetros de Calibração da Curva de Sucateamento da Frota. (MCT2, 2006)	152
Tabela 28: Consumo Médio de Combustíveis para a Produção de Peças Cerâmicas.....	157
Tabela 29: Resultados do Inventário de Emissões de Poluentes de Veículos Leves.....	188
Tabela 30: Resultados do Inventário de Emissões de Poluentes decorrentes do Consumo de Combustíveis.....	191
Tabela 31: Resultados do Inventário de Emissões de Poluentes decorrentes do Consumo de Combustíveis.....	191

Tabela 32: Resultados do Inventário de Emissões da Indústria de Cerâmica Vermelha (2005/2006).....	197
Tabela 33: Resultados Emissão Total de hidrocarbonetos biogênicos de Floresta de Eucalipto.	201
Tabela 34: Emissão Total de hidrocarbonetos biogênicos do Lago de Jupia.....	204
Tabela 35: Resultados de Concentração média de Ozônio para Janeiro, Setembro e Outubro de 2005/2006.	212
Tabela 36: Relação entre Concentração de Poluentes e Direção do Vento. (6 a 9/Janeiro/2005).....	224
Tabela 37: Relação entre Concentração de Poluentes e Velocidade do Vento. (6 a 9/Janeiro/2005).....	224
Tabela 38: Relação entre Concentração de Poluentes e Umidade Relativa do Ar. (6 a 9/Janeiro/2005).....	226
Tabela 39: Concentração Média de Poluentes referentes aos dias 6 a 9 de Janeiro de 2005.	227
Tabela 40: Relação entre Concentração de Poluentes e Temperatura Ambiente. (6 a 9/Janeiro/2005).....	228
Tabela 41: Relação entre Concentração de Poluentes e Direção do Vento. (1 a 4/Setembro/2005).....	230
Tabela 42: Relação entre Concentração de Poluentes e Velocidade do Vento. (1 a 4/Setembro/2005).....	231
Tabela 43: Relação entre Concentração de Poluentes e Umidade Relativa do Ar. (1 a 4/Setembro/2005).....	232
Tabela 44: Relação entre Concentração de Poluentes e Temperatura Ambiente. (1 a 4/Setembro/2005).....	234
Tabela 45: Análise de Componentes Principais para o período de 6 a 9 de Janeiro de 2005.	235
Tabela 46: Análise de Componentes Principais para o período de 1 a 4 de Setembro de 2005.	236

Lista de Abreviações

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores

ANICER – Associação Nacional da Indústria Cerâmica

ANP – Agência Nacional do Petróleo

CCD – Charge-Coupled Device

CESP – Companhia Energética de São Paulo

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CO – Monóxido de Carbono

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito

EPA – Environmental Protection Agency

EUA – Estados Unidos da América

FEEMA – Fundação Estadual de Engenharia de Meio Ambiente

GEMS – Global Environment Monitoring System

GO – Estado de Goiás

HC – Hidrocarbonetos

HRC – High Resolution Camera

IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change

IRMSS – Infrared Multispectral Scanner

ISCST3 – Industrial Source Complex Short Term

MCT – Ministério de Ciência e Tecnologia

MEGAN - Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature

MP – Material Particulado

MP2.5 – Material Particulado com dimensão de 2,5 μm

MP10 – Material Particulado com dimensão de 10 μm

MS – Estado de Mato Grosso do Sul

NEDS – National Emissions Data System

NMVOC – Compostos Orgânicos Voláteis Não-Metânico

NO_x – Óxidos de Nitrogênio

NO₂ – Dióxido de Nitrogênio

ONU – Organização das Nações Unidas

O₃ – Ozônio

OZIPR – Ozone Isopleth Plotting Research

Pb - Chumbo

PROCONVE – Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores

PROMOT – Programa de Controle da Poluição do Ar por Motocicletas e Similares

PRONAR – Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar

PCI – Poder Calorífico Inferior

PCS – Poder Calorífico Superior

PR – Estado do Paraná

RMSP – Região Metropolitana de São Paulo

SO_x – Óxidos de Enxofre

SO₂ – Dióxido de Enxofre

SPM – Material Particulado em Suspensão

TSP – Particulado Total em Suspensão

WFI – Wide Field Imager

WHO – World Health Organization

UNEP – Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas

VOC – Compostos Orgânicos Voláteis

Lista de Anexos

Anexo 1: Frota Estimada de Veículos para Três Lagoas	267
Anexo 2: Aplicação da Curva de Gompertz aos Dados de Venda de Veículos Licenciados – Gasolina - Passageiros / 2005	268
Anexo 3: Aplicação da Curva de Gompertz aos Dados de Venda de Veículos Licenciados – Gasolina - Comercial Leve / 2005	269
Anexo 4: Aplicação da Curva de Gompertz aos Dados de Venda de Veículos Licenciados – Álcool - Passageiros / 2005.....	270
Anexo 5: Aplicação da Curva de Gompertz aos Dados de Venda de Veículos Licenciados – Álcool - Comercial Leve / 2005.....	271
Anexo 6: Aplicação da Curva de Gompertz aos Dados de Venda de Veículos Licenciados – Diesel - Passageiros / 2005	272
Anexo 7: Aplicação da Curva de Gompertz aos Dados de Venda de Veículos Licenciados – Diesel - Comercial Leve / 2005	273
Anexo 8: Aplicação da Curva de Gompertz aos Dados de Venda de Veículos Licenciados – Gasolina - Passageiros / 2006	274
Anexo 9: Aplicação da Curva de Gompertz aos Dados de Venda de Veículos Licenciados – Gasolina - Comercial Leve / 2006	275
Anexo 10: Aplicação da Curva de Gompertz aos Dados de Venda de Veículos Licenciados – Álcool - Passageiros / 2006.....	276
Anexo 11: Aplicação da Curva de Gompertz aos Dados de Venda de Veículos Licenciados – Álcool - Comercial Leve / 2006.....	277
Anexo 12: Aplicação da Curva de Gompertz aos Dados de Venda de Veículos Licenciados – Diesel - Passageiros / 2006	278
Anexo 13: Aplicação da Curva de Gompertz aos Dados de Venda de Veículos Licenciados – Diesel - Comercial Leve / 2006	279

Anexo 14: Cálculo do Fator de Emissão Médio para a Frota Gasolina e Álcool de Três Lagoas e Cálculo de Emissões / 2005	280
Anexo 15: Cálculo do Fator de Emissão Médio para a Frota Diesel de Três Lagoas e Cálculo de Emissões / 2005	281
Anexo 16: Cálculo do Fator de Emissão Médio para a Frota de Motos e Similares de Três Lagoas e Cálculo de Emissões /2005	282
Anexo 17: Cálculo do Fator de Emissão Médio para a Frota Gasolina e Álcool de Três Lagoas e Cálculo de Emissões / 2006	283
Anexo 18: Cálculo do Fator de Emissão Médio para a Frota Diesel de Três Lagoas e Cálculo de Emissões / 2006	284
Anexo 19: Cálculo do Fator de Emissão Médio para a Frota de Motos e Similares de Três Lagoas e Cálculo de Emissões /2006	285
Anexo 20: Cálculo de Emissão De Isopreno da Cobertura Vegetal para os Dias 04 e 05 de Setembro de 2005	286
Anexo 21: Cálculo de Emissão De Monoterpenos da Cobertura Vegetal para os Dias 04 e 05 de Setembro de 2005	287
Anexo 22: Cálculo Estimativo da Emissão De CO, NOx e HC da Unidade Industrial 1 de Cerâmica Vermelha 2005/2006.....	288
Anexo 23: Cálculo Estimativo da Emissão De CO, NOx e HC da Unidade Industrial 2 de Cerâmica Vermelha 2005/2006.....	289
Anexo 24: Cálculo Estimativo da Emissão De CO, NOx e HC da Unidade Industrial 3 de Cerâmica Vermelha 2005/2006.....	290
Anexo 25: Cálculo Estimativo da Emissão De CO, NOx e HC da Unidade Industrial 4 de Cerâmica Vermelha 2005/2006.....	291
Anexo 26: Cálculo Estimativo da Emissão De CO, NOx e HC da Unidade Industrial 5 de Cerâmica Vermelha 2005/2006.....	292
Anexo 27: Perfil de Concentração do Ozônio em Três Lagoas 2005/2006	293
Anexo 28: Rosa dos Ventos (2005) : Janeiro e Fevereiro	294

Anexo 29: Rosa dos Ventos (2005) : Março e Abril.....	295
Anexo 30: Rosa dos Ventos (2005) : Maio e Junho	296
Anexo 31: Rosa dos Ventos (2005) : Julho e Agosto	297
Anexo 32: Rosa dos Ventos (2005) : Novembro e Dezembro.....	298
Anexo 33: Rosa dos Ventos (2006) : Janeiro e Fevereiro.....	299
Anexo 34: Rosa dos Ventos (2006) : Março e Abril.....	300
Anexo 35: Rosa dos Ventos (2006) : Maio e Junho	301
Anexo 36: Rosa dos Ventos (2006) : Julho e Agosto	302
Anexo 37: Rosa dos Ventos (2006) : Setembro e Outubro.....	303
Anexo 38: Rosa dos Ventos (2006) : Novembro e Dezembro.....	304
Anexo 39: Concentração de Ozônio 2006	305
Anexo 40: Arquivo de Saída do OZIPR	306
Anexo 41: Mecanismos de Formação de Ozônio na Atmosfera.....	317
Anexo 42: Formulário de Pesquisa Aplicado em Três Lagoas.....	318
Anexo 43: Arquivo de Entrada de Emissão para Simulação de Dispersão de Poluentes da Planta Termoelétrica – Figura 94.....	320
Anexo 44: Arquivo de Entrada de Emissão para Simulação de Dispersão de Poluentes da Planta Termoelétrica – Figuras 92 e 93	322
Anexo 45: Arquivo de Entrada de Emissão para Simulação de Dispersão de Hidrocarbonetos Biogênicos – Figuras 95 e 96.....	324
Anexo 46: Arquivo de Entrada de Parâmetros Meteorológicos para Simulação de Dispersão de Poluentes – Figuras 92, 93 e 94	325
Anexo 47: Arquivo de Entrada de Parâmetros Meteorológicos para Simulação de Dispersão de Poluentes	326
Anexo 48: Arquivo de Entrada de Parâmetros Meteorológicos para Simulação de Dispersão de Poluentes – Figuras 95 e 96	327

Anexo 49: Cálculo Estimativo das Emissões Horárias – Usina Termoelétrica – 04 e 05/09/2005	328
Anexo 50: Gráficos Adicionais de Simulação da Dispersão de Poluentes (CO) – Usina Termoelétrica – 04/09/2005 – Estação 1	329
Anexo 51: Gráficos Adicionais de Simulação da Dispersão de Poluentes (CO) – Usina Termoelétrica – 04/09/2005 – Estação 2	330
Anexo 52: Gráficos Adicionais de Simulação da Dispersão de Poluentes (CO) – Usina Termoelétrica – 05/09/2005 – Estação 1	331
Anexo 53: Gráficos Adicionais de Simulação da Dispersão de Poluentes (CO) – Usina Termoelétrica – 05/09/2005 – Estação 2	332
Anexo 54: Gráficos Adicionais de Simulação da Dispersão de Poluentes (NO _x) – Usina Termoelétrica – 04/09/2005 – Estação 1	333
Anexo 55: Gráficos Adicionais de Simulação da Dispersão de Poluentes (NO _x) – Usina Termoelétrica – 04/09/2005 – Estação 2	334
Anexo 56: Gráficos Adicionais de Simulação da Dispersão de Poluentes (NO _x) – Usina Termoelétrica – 05/09/2005 – Estação 1	335
Anexo 57: Imagens da Região onde está Localizada a Estação de Monitoramento da Qualidade do Ar em Três Lagoas (01/06/2005)	336
Anexo 58: Imagens das Principais Vias Urbanas de Três Lagoas (01/06/2005).....	337
Anexo 59: Esquema de Organização dos Dados em Planilhas Eletrônicas de Cálculo - I.....	338
Anexo 60: Esquema de Organização dos Dados em Planilhas Eletrônicas de Cálculo - II ...	339
Anexo 61: Ilustração de Alguns Recortes da Planilha de Dados para Ozônio 2005.....	340
Anexo 62: Ilustração de Trechos do Banco de Dados Experimentais Obtidos da Estação de Monitoramento de Qualidade do Ar.....	341
Anexo 63: Fatores de Emissão do IPCC (1996) e Dados da ANP (2005/2006) para o Cálculo Top-Down da Emissão de Poluentes Gasosos.....	342
Anexo 64: Dados de Sondagem da Atmosfera de Campo Grande.....	343

Sumário

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	37
1.1. Introdução.....	37
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	41
2.1. Atmosfera	41
2.2. Poluição do Ar no Meio Urbano.....	45
2.3. Fontes de Emissão de Poluentes do Ar.....	62
2.4. Emissão Geoquímica	63
2.5. Emissão de Queimadas.....	65
2.6. Emissão da Vegetação	70
2.7. Emissão de Reservatórios de Hidroelétricas	78
2.8. Emissão da Frota Veicular.....	84
2.9. Emissão em Indústria de Cerâmica Vermelha.....	92
2.10. Emissão em Centrais Termoelétricas	102
2.11. Legislação e Padrão de Qualidade do Ar.....	111
2.12. Parâmetros Meteorológicos	121
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	129
3.1. Caracterização da Região de Estudo: Três Lagoas – MS.....	129
3.2. Inventário de Emissões Atmosféricas	134
3.2.1. Inventário de Emissão da Frota Veicular	139
3.2.2. Inventário da Indústria de Cerâmica Vermelha.....	155
3.2.3. Inventário da Usina de Geração Termoelétrica	159
3.2.4. Inventário da Cobertura Vegetal de Reflorestamento	161
3.2.5. Inventário de Emissão do Lago da Represa de Jupiaá	165
3.3. Monitoramento da Concentração de Poluentes e Parâmetros Meteorológicos	168
3.4. Organização e Tratamento Estatístico dos Dados Monitorados.....	170
3.4.1. Análise de Componentes Principais	171
3.4.2. Análise de Séries Temporais	172
3.5. Transporte de Poluentes e Reações Químicas na Atmosfera	174

3.5.1. Modelo de Dispersão de Poluentes	176
3.5.2. Modelo de Reação Química de Poluentes.....	178
3.6. Caracterização da Superfície por Sensoriamento Remoto	182
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	187
4.1. Inventário de Emissões Atmosféricas - Frota Veicular	188
4.2. Inventário de Emissões Atmosféricas – Usina Termoelétrica	194
4.3. Inventário de Emissões Atmosféricas – Cerâmica Vermelha.....	197
4.4. Inventário de Emissões Atmosféricas - Fontes Biogênicas	199
4.5. Avaliação de Indicadores de Qualidade do Ar.....	205
4.5.1. Análise do Comportamento do Ozônio de Superfície	208
4.5.2. Análise do Comportamento do CO e NO _x	216
4.5.3. Análise da Relação entre os Precursores NO _x e CO com o Ozônio.....	220
4.6. Avaliação dos Condicionantes Meteorológicos.....	222
4.6.1. Relações NO _x , CO e Ozônio / Condições do Vento (Janeiro)	224
4.6.2. Relações NO _x , CO e Ozônio / Umidade Relativa do Ar (Janeiro).....	226
4.6.3. Relações NO _x , CO e Ozônio / Temperatura (Janeiro).....	228
4.6.4. Relações NO _x , CO e Ozônio / Condições do Vento (Setembro).....	229
4.6.5. Relações NO _x , CO e Ozônio / Umidade Relativa do Ar (Setembro)	232
4.6.6. Relações NO _x , CO e Ozônio / Temperatura (Setembro).....	234
4.6.7. Correlação entre Grupo de Poluentes e Parâmetros Meteorológicos.....	235
4.7. Análise do Transporte de NO _x , CO e HC.....	237
4.8. Análise dos Resultados da Simulação de Formação de Ozônio	244
5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES	249
5.1. Conclusões	249
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	253
ANEXOS.....	265

Introdução e Objetivos

1.1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos é crescente a preocupação de diversos setores da sociedade em questões ambientais. Uma dessas questões, a poluição do ar, tornou-se ainda mais urgente devido ao processo de intensificação do efeito estufa na atmosfera terrestre, a perda de camada de ozônio, e os diversos problemas de saúde que decorrem da poluição do ar.

O presente estudo se propõe a, inicialmente, gerar um corpo de informações relacionados com a qualidade do ar que, até o momento, são escassas para a região abrangida, Três Lagoas, no leste de Mato Grosso do Sul. E, embora o tema não seja novo poucas são as regiões brasileiras que de fato possuem estudos sobre a qualidade do ar local; em geral, esses estudos ocorrem em grandes regiões urbanas, motivadas principalmente por reunirem número significativo de fontes fixas e móveis, que contribuem mais vigorosamente para a degradação da qualidade do ar, do que em pequenos centros urbanos.

Posteriormente, as informações geradas são somadas a outras obtidas de monitoramento da concentração dos poluentes CO, NO_x e O₃ que analisados seus comportamentos juntamente com parâmetros meteorológicos podem revelar aspectos da dinâmica da atmosfera

local.

O capítulo 2 se concentra em caracterizar um aspecto geral das fontes de emissão, e gradativamente busca tornar mais específicas algumas informações sobre fontes que mais diretamente estarão associadas com o trabalho. Também são abordados as normas e padrões de qualidade do ar. O texto procura deter-se em localizar o tema nos dias atuais e referenciar alguns trabalhos que possam auxiliar a organizar um corpo de informações que, posteriormente, seja útil em elucidar questões mais locais à região de estudo, Três Lagoas. Ao final o texto aborda o tema da meteorologia.

O capítulo 3 aborda as metodologias aplicadas para gerar as informações do inventário. Os métodos, no caso, devem ser os mais bem estabelecidos atualmente, e, no caso do Inventário de Emissões Atmosféricas, utiliza-se exaustivamente as orientações do Painel Internacional para a Mudança Climática, da Agência de Proteção Ambiental Norte-Americana e da Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental de São Paulo. Foram incluídos textos abordando métodos de cálculo que, embora não sejam visíveis por estarem no âmbito de planilhas eletrônicas, têm papel fundamental para entender os limites que os modelos podem apresentar.

O capítulo 4 apresenta os resultados obtidos da aplicação das metodologias descritas no capítulo 3 e discute a interpretação de tais resultados. No que tange aos inventários são apresentados, na forma de tabelas, os resultados consolidados para as fontes veiculares, as fontes industriais (Usina Termoelétrica e Indústria de Cerâmica Vermelha), e, as emissões de hidrocarbonetos da cobertura vegetal de reflorestamento e da lagoa da represa de Jupuí. Também são apresentados resultados do comportamento dos poluentes, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e ozônio, além de sua comparação com parâmetros meteorológicos com o fim de explicitar os mecanismos cíclicos das condições do tempo com

a intensificação, ou não, da concentração de poluentes. Sob esse aspecto, o capítulo procura organizar e utilizar as informações disponíveis para desenhar o perfil de dois distintos períodos do ano, Janeiro, mês em que as ocorrências de chuvas são mais comuns, e Setembro, que integra um período onde a seca é predominante.

Ainda no capítulo 4 são apresentados resultados de simulações da dispersão dos compostos gasosos lançados na atmosfera pela planta Termoelétrica e a pela Floresta de Reflorestamento, observando as regiões mais impactadas pela emissão de NO_x e a importância do papel dos hidrocarbonetos biogênicos na química da atmosfera urbana.

O capítulo 5 aborda as conclusões e sugestões para futuros trabalhos decorrentes da pesquisa atual. As conclusões procuram resgatar os principais tópicos da pesquisa apontando a relevância dos resultados para a região estudada e avaliações adicionais sob um caráter mais integrador.

Revisão Bibliográfica

Neste capítulo são apresentados conceitos teóricos e referências da literatura que abrangem o suporte necessário para a compreensão dos conteúdos e análises apresentados nos capítulos subsequentes.

2.1. ATMOSFERA

A Atmosfera terrestre compreende uma vasta região, dominada essencialmente por gases, que circunda o planeta. Uma das características mais relevantes da atmosfera da Terra é sua seletividade à energia, mantendo-se transparente à parte significativa dos comprimentos de ondas enviados do Sol, e opaca para outras oriundas da desexcitação, na forma de calor, da superfície. O sistema climático e o equilíbrio térmico são mantidos pela transferência de energia solar para a superfície da Terra, e, entre uma região dessa superfície para outra do planeta, além do reenvio para o espaço exterior. Essa dinâmica está intrinsecamente relacionada às qualidades seletivas presentes na arquitetura física e química da Atmosfera da Terra. (SALBY,1996; SEINFELD, 1998; WALLACE & HOBBS, 2006)

Segundo Salby (1996) devido à atmosfera constituir-se em um sistema fluido, a mesma é capaz de suportar um amplo espectro de movimentos, oscilando entre redemoinhos

turbulentos de poucos metros à circulações de massas de ar tendo a dimensão do planeta. Essa mobilidade do sistema fluido torna a descrição de seu comportamento complexa, sendo ela responsável pela redistribuição da massa, energia e outros constituintes em infinitas configurações.

O efeito da massa do planeta, a gravidade, sobre a massa de gás da atmosfera é o principal agente na manutenção de sua estabilidade no percurso da Terra pelo espaço. Entretanto, a gravidade é um limitador do movimento de massas de ar com dimensões de algumas centenas de quilômetros, forçando o movimento, para esses casos, quase-horizontal, o que para alguns constituintes, como o vapor de água e o ozônio, representa serem espalhados em camadas. Dessa maneira o perfil da atmosfera pode ser classificado em função desse fenômeno. A figura 1 ilustra essas camadas.

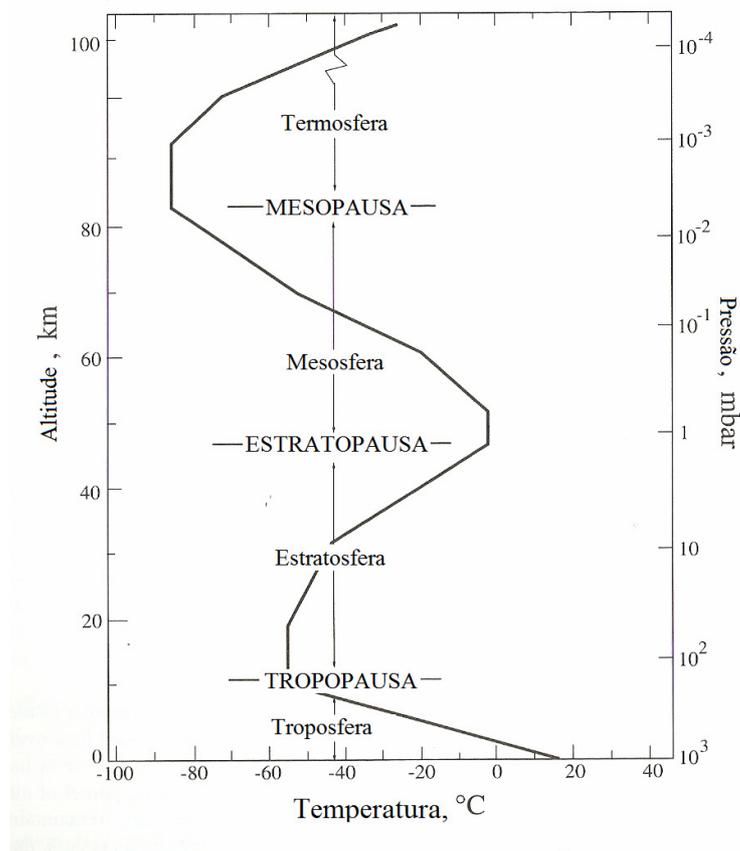


Figura 1: Estratificação da atmosfera terrestre em função da altitude e pressão. (SEINFELD & PANDIS, 1998)

Segundo Seinfeld & Pandis (1998) a atual composição da atmosfera da terra é o resultado de transformações relativamente recentes. O vapor de água, provavelmente, está associado a eventos que o expeliram do interior da Terra, e uma vez na atmosfera condensou formando os atuais oceanos. O caráter altamente oxidante da atmosfera devido à presença do oxigênio é previsto ter estabilizado, aos níveis atuais, há cerca de 400 milhões de anos.

O conhecimento atual sobre as características da atmosfera é derivado de inúmeras observações experimentais. Nela, a composição dos gases quanto à sua constituição e concentração é fundamental para a manutenção da vida no planeta, portanto, a oscilação percentual, mesmo dos gases traços, pode causar danos às populações de seres vivos ou mesmo desequilíbrio nos fenômenos encerrados na atmosfera.

A variabilidade de parâmetros meteorológicos como temperatura, velocidade e direção do vento e umidade relativa do ar, entre outras, estão intimamente associadas às flutuações na concentração de constituintes traços. Entretanto, a composição gasosa da atmosfera é praticamente constante entre os gases majoritários como o nitrogênio (78%), oxigênio (21%) e argônio (0,93%). (WARNECK, 1988; FINLAYSON-PITTS & PITTS, 2000; WALLACE & HOBBS, 2006)

Numa ínfima parte da composição dos gases da atmosfera, cerca de 0,07%, estão os chamados gases traços. Alguns desses gases, devido à ação dos meios de produção humana apresentam, principalmente, em regiões urbanas, concentrações em níveis superiores aos encontrados em regiões remotas à influência antropogênica.

Na tabela 1 estão identificados alguns dos principais constituintes gasosos da atmosfera terrestre, juntamente a sua respectiva massa molecular e fração de concentração em volume de ar.

Tabela 1: Principais constituintes gasosos da atmosfera da Terra. (WALLACE & HOBBS, 2006).

Constituinte	Peso Molecular	Concentração
Nitrogênio (N ₂)	28,013	78,08 %
Oxigênio (O ₂)	32,000	20,95 %
Argônio (Ar)	39,95	0,93 %
Vapor de Água (H ₂ O)	18,02	0 – 5 %
Dióxido de Carbono (CO ₂)	44,01	380 ppmv ¹
Neônio (Ne)	20,18	18 ppmv
Hélio (He)	4,00	5 ppmv
Metano (CH ₄)	16,04	1,75 ppmv
Criptônio (Kr)	83,80	1 ppmv
Hidrogênio (H ₂)	2,02	0,5 ppmv
Óxido Nitroso (N ₂ O)	56,03	0,3 ppmv
Ozônio (O ₃)	48,00	0-0,1 ppmv

¹ ppmv (parte por milhão em volume) ou $2,46 \cdot 10^{13}$ moléculas/cm³

Entre os principais gases traços presentes no meio urbano, e de interesse para os estudos de Poluição do Ar, estão o monóxido de carbono, os óxidos de nitrogênio, o ozônio, hidrocarbonetos e dióxido de enxofre. A tabela 2 ilustra a concentração desses gases em ambientes de ar limpo e ar contaminado.

Tabela 2: Concentração de gases traços em atmosfera limpa e poluída. (WALLACE & HOBBS, 2006).

Poluentes	Concentração (ppbv ¹)	
	Ar limpo	Ar contaminado
CO	120	1.000 – 10.000
NO ₂	0,1 – 0,5	50 – 250
NO	0,01 – 0,05	50 – 750
O ₃	20-80	100 – 500
SO ₂	1 - 10	20 -200

¹ ppbv (parte por bilhão) ou $2,46 \cdot 10^{10}$ moléculas/cm³

2.2. POLUIÇÃO DO AR NO MEIO URBANO

Na história mundial há relatos de casos de degradação da qualidade do ar pela presença de gases poluentes ou fumaça em regiões povoadas pelo homem desde o século XIII. Entretanto, os primeiros episódios severos de poluição do ar urbano que resultaram, posteriormente, na elaboração de normas de controle, tal qual as conhecemos hoje, surgiram no início do século XIX. (WARK,1998)

Em 1819, na Inglaterra, por determinação do Parlamento é criada uma comissão especial com a incumbência de avaliar os impactos de fumaça oriunda de motores a vapor e fornos que utilizavam como combustível o carvão. Todavia, em 1956, após a ocorrência de dois episódios com quase 5000 vítimas fatais, foram elaboradas leis específicas (designada *The Clear Air Act*) para o controle da qualidade do ar em Londres, onde quatro anos antes a combinação de compostos de enxofre , fumaça e condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão auxiliaram o confinamento de altas concentrações de poluentes sobre a cidade resultando no chamado *London smog*. (GREATER LONDON AUTHORITY, 2002; WARK, 1998)

O termo *London smog* é a justaposição de parte das palavras, em língua inglesa, para fumaça (smoke), oriunda de chaminés, e, névoa (fog) que, na região urbana de Londres é comum em parte significativa do ano. A ocorrência desta última, quase sempre acompanhada da presença de inversões térmicas impede uma melhor dispersão dos poluentes e, em destaque, o episódio de 1952 contou com ação prolongada por dias, o que permitiu elevadas concentrações de gases tóxicos na região urbana de Londres. (GREATER LONDON AUTHORITY, 2002)

As figuras 2 e 3 ilustram, respectivamente, as concentrações registradas pela estação de

monitoramento da cidade e, o excesso de mortes nos dias que se seguiram à grande névoa poluente. As curvas parecem confirmar a relação entre a presença da intensa fumaça de 1952 e o pico no excedente de mortes referentes ao mesmo período, o que, de outra maneira também é confirmado pela ausência do fenômeno em 1951, acompanhada da normalidade do número de óbitos registrados.

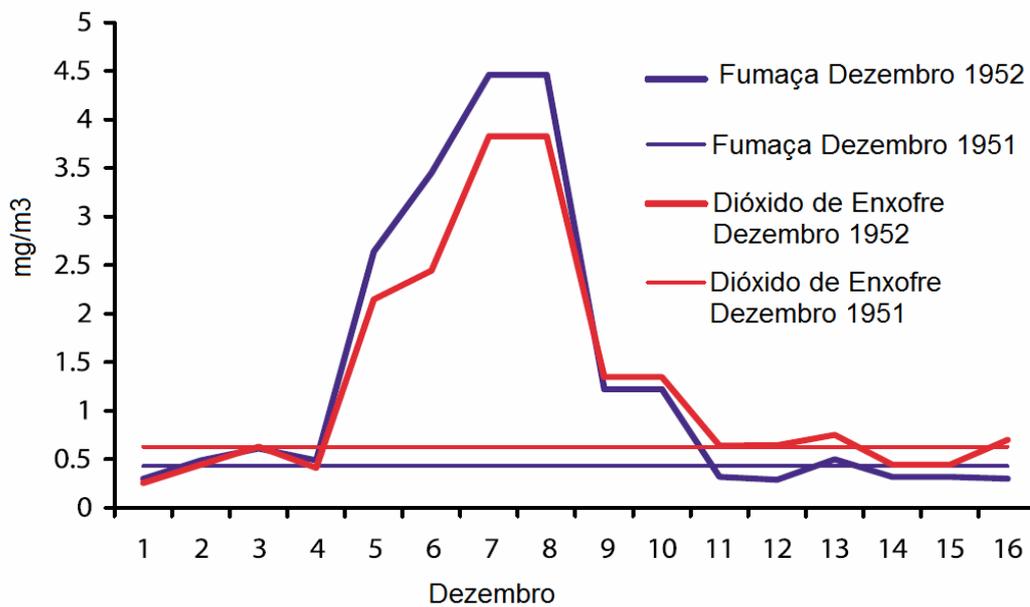


Figura 2: Concentração de Fumaça e Dióxido de Enxofre em Londres em 1951 e 1952.(GREATER LONDON AUTHORITY, 2002)

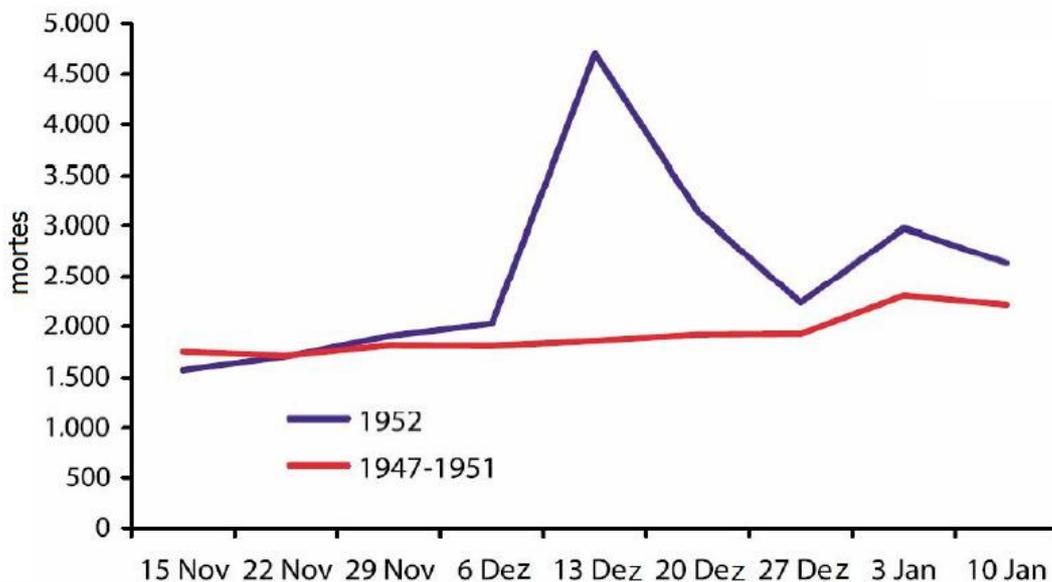


Figura 3: Excesso de mortes em semanas próximas ao *London Smog*.(GREATER LONDON AUTHORITY, 2002)

No final de outubro de 1948, em Donora, estado da Pensilvânia, Estados Unidos, quase metade dos 14.000 habitantes foram acometidas por doenças respiratórias. Em cerca de 24 horas foram registradas 20 vítimas fatais do que, segundo registros à época, classificaram de “Desastre de Donora”. As causas, embora não se tornaram conclusivas, indicavam provável relação com uma forte névoa de fumaça (Smog) formada nos dias 30 e 31 daquele mês de outubro. A fumaça e gases tóxicos estavam relacionados às emissões de combustão em fornos de indústrias químicas e de aço que utilizavam como combustível o carvão. (PENNSYLVANIA STATE ARCHIVES, 2008; WARK, 1998; FINLAYSON-PITTS, 2000)

Como no caso de Londres, as vítimas, em Donora, apresentavam sintomas relacionados ao aparelho respiratório e coração. Relatórios médicos de autópsia em Londres indicaram que as vítimas, em sua maioria, já apresentavam limitações de saúde e possuíam idade superior a 65 anos, o mesmo foi verificado em Donora. Em 1949, devido ao “Desastre de Donora” o governo do estado fundou a Divisão de Controle da Poluição do Ar para estudar a questão. Entretanto, as discussões se seguiram até 1965 quando então o legislativo estatal aprovou lei específica para o controle das condições da qualidade do ar no Estado da Pensilvânia. (PENNSYLVANIA STATE ARCHIVES, 2008; GREATER LONDON AUTHORITY, 2002)

Episódios de formação de Smog nos Estados Unidos também ocorreram em Los Angeles durante a década de 1940. Mas, nesse caso se verificou diferença em relação ao London smog, o ambiente fortemente oxidante provocava irritação nos olhos e até danos a espécies da vegetação e materiais em borracha, a neblina ao invés de coloração acinzentada possuía aspecto amarela-amarronzada que ocorria em dias quentes, sob o brilho da luz do sol. (FINLAYSON-PITTS, 2000; BAIR, 2007)

Desde 1903 há registros, em Los Angeles, de ocorrências de formação de névoa associada com fumaça, tanto que habitantes, nesse ano, confundiram o fenômeno (Smog) com

um eclipse do sol. Entre 1939 e 1943 a região da bacia de Los Angeles sofreu com a formação de névoa oxidante de maneira intensa e quase contínua. Esse fato motivou, em 1945, a formação da Diretoria de Controle da Poluição do Ar para estudar o assunto. (AIR QUALITY MANAGEMENT DISTRICT, 1997)

Em 1947 fundou-se, no condado de Los Angeles, a primeira Agência de Controle e Fiscalização da Poluição do Ar na América. Estudos posteriores, entre 1950 e 1952, indicaram que o Smog formado em Los Angeles e suas vizinhanças de fato não era emitido de uma fonte em especial, mas o resultado de reações químicas de compostos primários sob a ação da radiação solar. Em 1952 Haagen-Smit demonstrou que o principal gás oxidante do Smog em Los Angeles era o Ozônio. (HAAGEN-SMIT, 1952,1953; AIR QUALITY MANAGEMENT DISTRICT, 1997)

Em 1970, com a criação da Agência Norte-Americana de Proteção Ambiental (EPA) os estudos relacionados à qualidade do ar; o estabelecimento de padrões de controle de emissões e concentração de poluentes na atmosfera foram ampliados, e, também, se tornou modelo para outras agências em diversos países.

Em poucos anos, após a criação da EPA, o banco de dados das estações de monitoramento instaladas em grandes centros urbanos dos Estados Unidos permitiu diagnosticar o perfil da qualidade do ar em diversas regiões do país. Também foram desencadeados estudos da influência de peculiaridades locais relacionadas à dimensão da frota veicular, setores industriais, topografia regional, proximidade do mar ou lagos, meteorologia, entre outros aspectos. (NAVARRA, 1979)

Em 1989, a EPA estimou que cerca de 67 milhões de pessoas, nos Estados Unidos da América (EUA), residiam em áreas que apresentavam sua segunda maior média anual de

concentração de Ozônio acima de 120 ppb. As figuras 4 a 6 ilustram essas médias, de Ozônio, entre os anos de 1979 e 1988 para as cidades de Los Angeles, Washington e Atlanta.

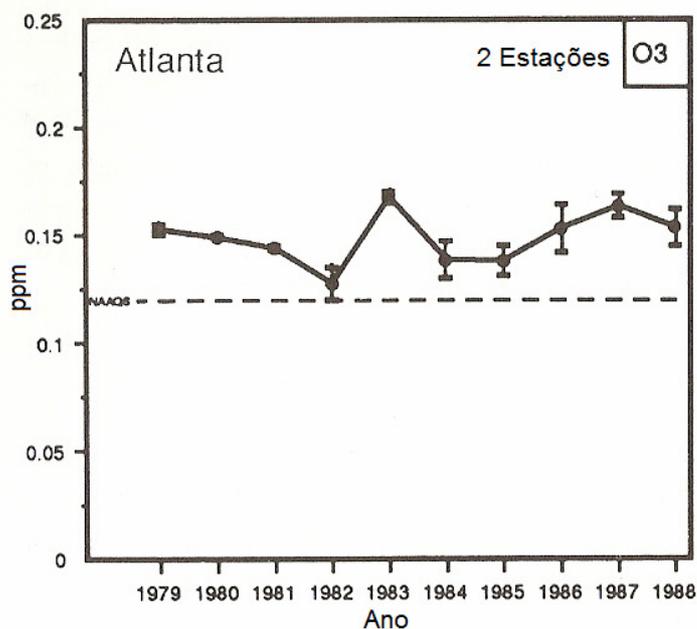


Figura 4: Segunda maior média anual de Ozônio em Atlanta – EUA. (NRC, 1991)

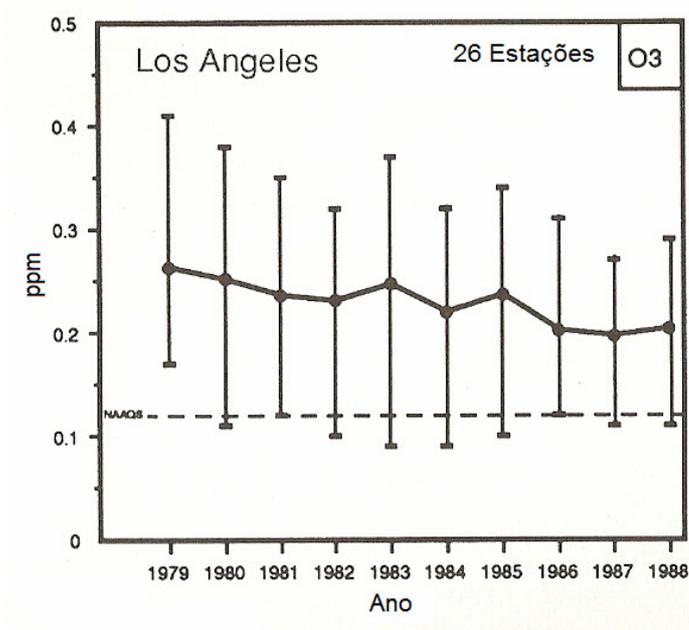


Figura 5: Segunda maior média anual de Ozônio em Los Angeles - EUA. (NRC,1991)

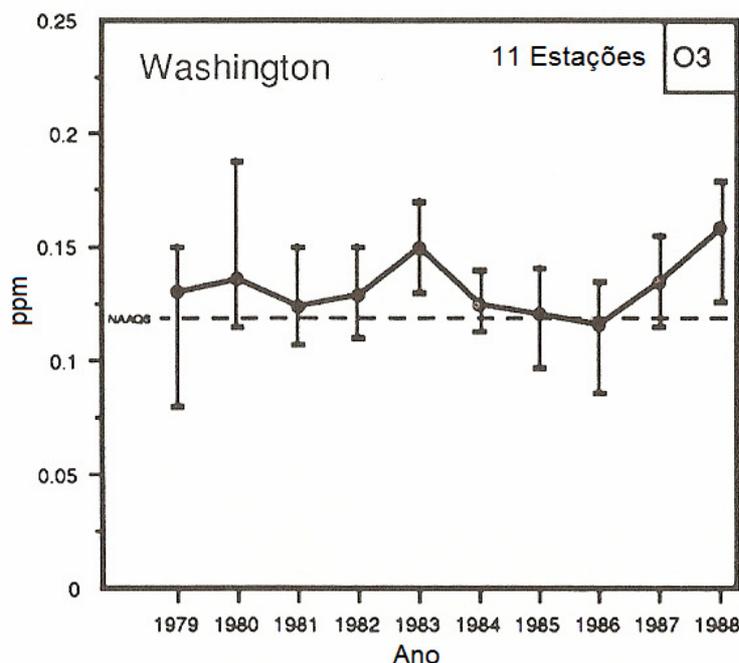


Figura 6: Segunda maior média anual de Ozônio em Washington – EUA.(NRC, 1991)

Como indicado nas figuras anteriores (4,5 e 6) o limite de concentração de Ozônio estabelecido como aceitável, 120 ppbv, foi violado em várias regiões dos EUA. Em Los Angeles a curva alcança valores 1,5 vezes maiores que o padrão indicado na figura 5, em linha tracejada. Washington e Atlanta apresentaram resultados ligeiramente maiores ao padrão, entretanto a primeira apresenta um número maior de estações de monitoramento. Segundo Wark et. al (1998), em 1995 nos Estados Unidos haviam 77 áreas que registraram violação do limite para Ozônio. Outros poluentes do ar também apresentaram áreas de baixa qualidade: 36 áreas para o monóxido de carbono, 82 de material particulado, 43 de dióxido de enxofre, 11 de chumbo e, 1 de Óxidos de Nitrogênio.

Episódios severos como os de Londres e Los Angeles são cada vez mais raros. Entretanto, em diversas regiões do mundo industrializado e em desenvolvimento os limites de concentração de poluentes estabelecidos têm sido ultrapassados, o que implica na exposição

de grandes populações e conseqüentes prejuízos ao bem estar da mesma.

Segundo Mayer (1999) a principal razão da degradação da qualidade do ar em centros urbanos é o crescimento populacional associado às mudanças na forma de uso da terra, sendo esta devido ao aumento das áreas urbanas. Uma das conseqüências do crescimento populacional é a maior emissão de poluentes no ar. Embora a taxa de emissão por habitante seja maior em países industrializados há um crescente aumento nessa taxa para populações de países em desenvolvimento, como o Brasil.

Em 1974, dois anos após a conferência de Estocolmo sobre Meio Ambiente, a Organização Mundial de Saúde (WHO) e o Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas (UNEP) iniciaram parceria para o monitoramento da qualidade do ar, o Global Environment Monitoring System (GEMS), em 50 cidades em 35 países em todo o mundo. Inicialmente, foram instalados instrumentos capazes de monitorar o dióxido de enxofre (SO₂), material particulado (MP) e Chumbo. Posteriormente a 1991 se iniciou processo de ampliação dos gases monitorados, adicionando-se o monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO₂), ozônio (O₃) e também material particulado com dimensões abaixo de 10µm.

Mage et. al.(1996) relatam alguns resultados obtidos de estudos realizados com fulcro no banco de dados de monitoramento do programa acima citado. É destacada a estreita relação entre o crescimento populacional, qualidade do ar urbano e nível tecnológico para controle de emissões de poluentes. Em megacidades a poluição do ar é fato disseminado e, em países em desenvolvimento, freqüentemente, há cenários severos. Em países desenvolvidos também se verifica tal comportamento, mas em menor grau. A figura 7 ilustra estimativas e projeções das Nações Unidas, 1989, para a população em 20 megacidades do mundo, nos anos de 1970, 1990 e 2000.

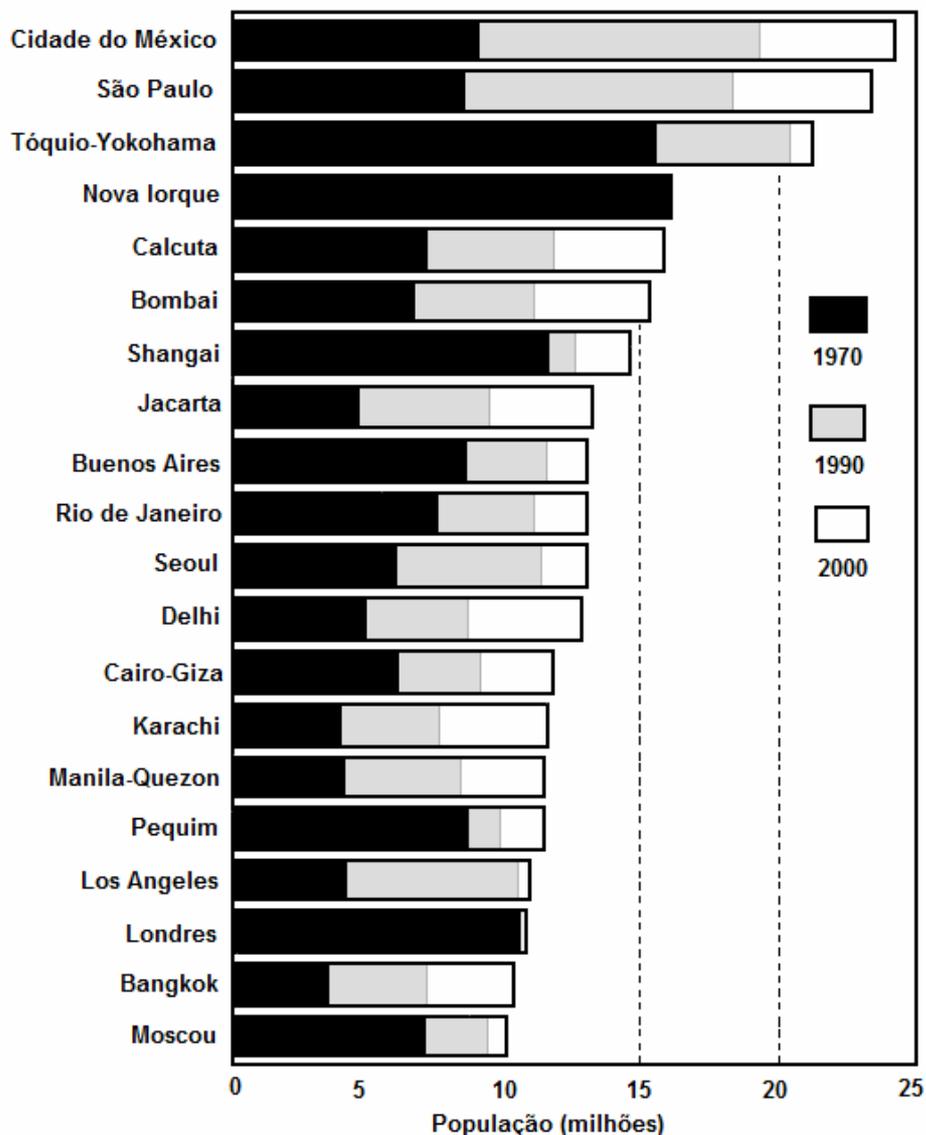


Figura 7: Distribuição Populacional em Megacidades do Mundo.(MAGE et.al 1996)

Segundo dados da WHO/UNEP (1996) populações em países desenvolvidos como Estados Unidos, Inglaterra e Japão apresentavam à época menores previsões de crescimento, ao passo que países em desenvolvimento como Brasil, México e Índia tais taxas continuariam sendo expressivas.

Em recente relatório, 2008, a Organização das Nações Unidas (ONU) realizou estimativa da população de cidades com mais de 10 milhões de habitantes no mundo até 2025. Nesse os índices praticamente de todos os grandes aglomerados urbanos apresentam taxas decrescentes de crescimento populacional. A tabela 3 ilustra esse fato. (WORLD

URBANISATION PROPECTS, 2007)

Tabela 3: Maiores Aglomerados Urbanos do Mundo (UN, 2008).

Aglomerado Urbano	População (milhões)			Taxa Anual Média (%)	
	1975	2007	2025	1975-2007	2007-2025
Tóquio	26.6	35.7	36.4	0.92	0.11
Nova Iorque	15.9	19.0	20.6	0.57	0.44
Cidade do México	10.7	19.0	21.0	1.80	0.55
Bombai	7.1	19.0	26.4	3.08	1.83
São Paulo	9.6	18.8	21.4	2.10	0.71
Delhi	4.4	15.9	22.5	4.00	1.92
Xangai	7.3	15.0	19.4	2.24	1.44
Calcutá	7.9	14.8	20.6	1.96	1.83
Dacar	2.2	13.5	22.0	5.64	2.72
Buenos Aires	8.7	12.8	13.8	1.19	0.41
Los Angeles	8.9	12.5	13.7	1.05	0.50
Karachi	4.0	12.1	19.1	3.48	2.52
Cairo	6.4	11.9	15.6	1.91	1.49
Rio de Janeiro	7.6	11.7	13.4	1.38	0.74
Osaka-Kobe	9.8	11.3	11.4	0.43	0.04
Pequim	6.0	11.1	14.5	1.91	1.50
Manila	5.0	11.1	14.8	2.49	1.60
Moscou	7.6	10.5	10.5	0.99	0.04
Istambul	3.6	10.1	12.1	3.21	1.03

Fenger (1999) relata que o crescimento populacional do mundo se acentuou após a segunda grande guerra. Na década de 1950 a população mundial era cerca de 2.5 bilhões de habitantes, alcançando em meados de 1998 cerca de 5.9 bilhões. Nesse mesmo período a frota veicular motorizada urbana, uma das principais fontes emissoras de poluentes, cresceu por um fator 10 atingindo 600 milhões de unidades, sem contar motocicletas e similares.

Como consequência, desde 1950, emissões como o dióxido de enxofre mais do que dobraram enquanto os óxidos de nitrogênio aumentaram por um fator 4. A tabela 4 ilustra a qualidade do ar em 20 megacidades do mundo em função de diferentes poluentes.

Tabela 4: Qualidade do Ar em Megacidades do Mundo segundo poluentes monitorados (MAGE et. al., 1996).



Uma constatação verificada nas últimas décadas, até em função de restrições impostas por lei, é a redução das taxas de emissões de poluentes em países desenvolvidos. Na Alemanha, poluentes como o monóxido de carbono, dióxido de enxofre e material particulado, apresentaram fortes quedas, enquanto outros, como os óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis sofreram reduções modestas. A figura 8 ilustra o decréscimo

nas emissões totais na Alemanha entre 1975 e 1996. (MAYER, 1999)

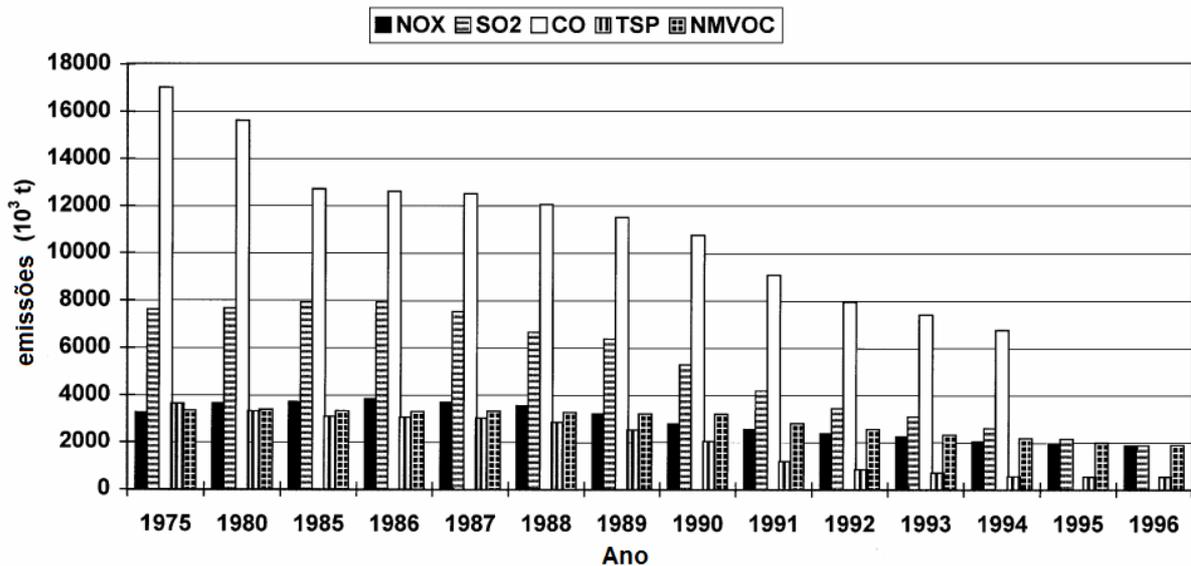


Figura 8: Distribuição da Emissão Total de Poluentes na Alemanha.(MAYER, 1999)

Países como a Alemanha, desenvolvidos, segundo critério apresentado por Fenger (1999), estão no último estágio na relação entre industrialização e controle da poluição urbana. Economias em transição caminham para a estabilização das emissões de poluentes, enquanto países em desenvolvimento, como o Brasil, permanecem com os níveis de emissão em ascensão.

Segundo relatório do Banco Mundial (1992), em geral, há relação entre a renda per capita de um país e sua qualidade ambiental. Quando uma nação inicia seu processo de industrialização, passa pela falta de controle de emissões de poluentes, o que ocasiona a elevação da concentração desses poluentes em regiões urbanas, ou cenários de baixa qualidade do ar, e, posteriormente, somente com o domínio de tecnologias mais avançadas de controle os níveis de poluição de antes do processo industrial podem ser novamente alcançados. O ponto da curva de qualidade do ar em que ocorre a inversão de tendência, embora haja variações, é estimado anteceder os US\$ 8000 (oito mil dólares americanos) per

capita. O Brasil ultrapassou essa marca no ano de 2006. (MAGE, 1996; GROSSMANN & KRUEGER, 1994; WORLD DEVELOPMENT REPORT, 1992)

Dessa maneira, há estreita relação entre o nível de desenvolvimento de uma nação e o controle da concentração dos poluentes monitorados em regiões com grandes aglomerados populacionais. A figura 9 ilustra as diferentes fases de desenvolvimento de uma nação, desde o início do processo de industrialização até o domínio de altos padrões tecnológicos. (MAGE, 1996; MAYER, 1999; FENGER, 1999).

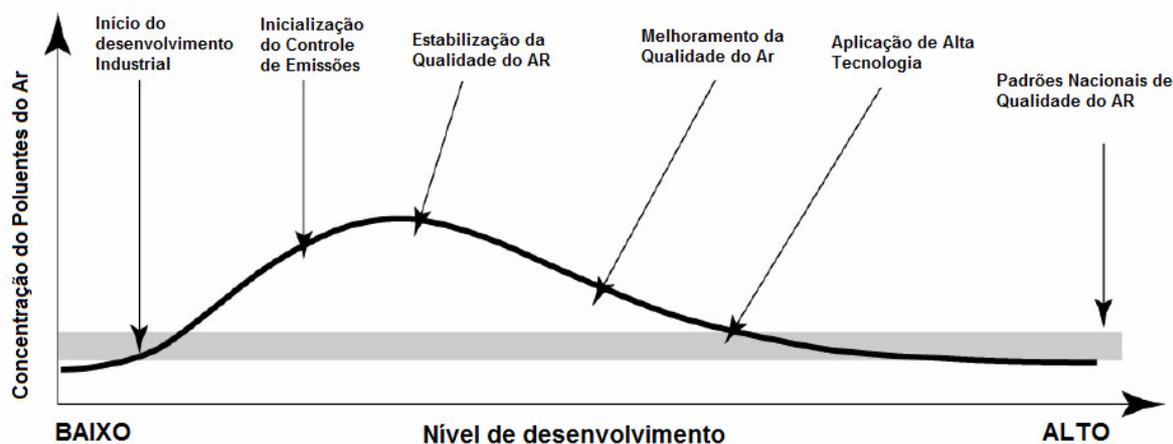


Figura 9: Relação entre nível de desenvolvimento do país e controle da poluição do ar.(FENGER, 1999)

No Brasil, as séries históricas da Qualidade do Ar são restritas temporalmente, isto é, são poucas as cidades no país que mantêm rede de monitoramento de poluentes do ar. A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) é uma dessas poucas cidades, que através da Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (CETESB), desde a década de 1980 tem recebido contínuo monitoramento da qualidade do ar e crescente controle e fiscalização.

No Relatório de Qualidade do Ar do Estado de São Paulo da CETESB (2006), a queda da concentração de poluentes na região da grande São Paulo, como resultado desse aprimoramento no controle e fiscalização, não são evidentes para todos poluentes

monitorados. As figuras 10 e 11 ilustram, respectivamente, as concentrações médias anuais de máximas durante 10 anos de Monóxido de Carbono e Ozônio em diferentes estações de monitoramento na RMSP. Em ambas as figuras as escalas estão abaixo do limite de segurança determinado pelos Padrões Nacionais de Qualidade do Ar.

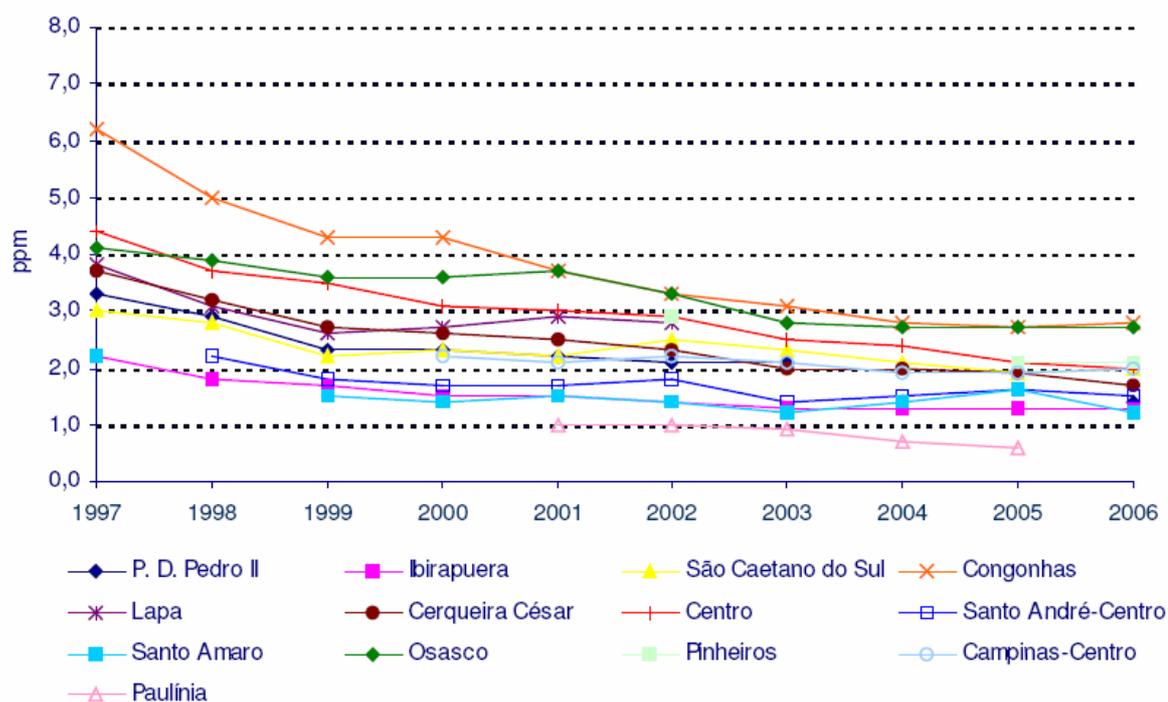


Figura 10: Concentração Média Anual de monóxido de carbono na RMSP e regiões vizinhas.(CETESB,2006)

Na figura 10 as concentrações médias anuais de monóxido de carbono referentes a máximas de 8 horas, em algumas regiões, como Congonhas e o Centro, sofreram redução de mais de 50% em 10 anos. O mesmo ocorre, com menor intensidade, para o Centro de Campinas que, embora apresente uma série histórica menor, os valores médios oscilam ao redor de 2,0 ppm. Entretanto, após 2003, todas as estações apresentam estabilização das concentrações em uma faixa entre 1,0 e 3,0 ppm.

Esse fato, possivelmente, tem parte de sua explicação associada à implementação de tecnologias de controle de emissões em veículos automotores na RMSP. No início da década de 1980 o fator de emissão estimado para monóxido de carbono, frota leve, era 54 g/km, nos últimos anos esse índice é menor que 0,5 g/km. (IBAMA, 2008)

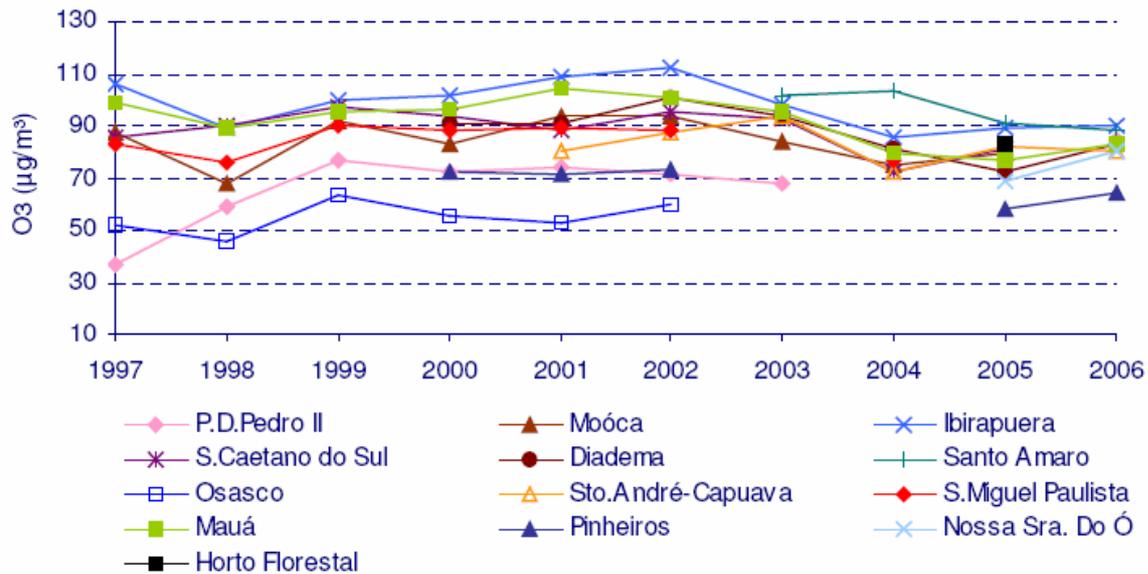


Figura 11: Concentração Média Anual de Ozônio de várias estações de monitoramento na RMSP.(CETESB,2006)

As concentrações médias anuais das máximas de 1 hora de Ozônio, figura 11, apresentam um pequeno deslocamento na amplitude, para a maioria das áreas, entre os anos 2000-2003 para 2005-2006. No primeiro período as médias de concentração oscilaram entre 90 e 110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, posteriormente entre 70 e 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Mas, isso não representa dizer que há uma tendência de decréscimo. Frequentemente, os limites padrões para o Ozônio são ultrapassados na RMSP, e embora, entre 2002 e 2006 essa frequência tenha decaído quase 50%, é recomendado cautela na análise dessa informação visto que esse poluente é fortemente influenciado por parâmetros meteorológicos. (CETESB,2006)

Em cidades interioranas, redes de monitoramento da qualidade do ar são raras. No Estado de São Paulo a CETESB mantém uma rede que cobre 12 cidades fora da RMSP, mas que, em geral, são estações limitadas em 2 ou 3 poluentes. A Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente do Estado do Rio de Janeiro (FEEMA), também mantém estações de monitoramento no interior do estado, mas apenas em 3 municípios, e, em geral, monitoram partículas inaláveis e/ou ozônio. (CETESB,2008 ;FEEMA, 2006)

Em Mato Grosso do Sul (MS) a qualidade do ar urbano é pouco estudada. Não há, até o presente momento, estações de monitoramento, em regime contínuo, da qualidade do ar mantidas pelo poder público em cidades do Estado. Algumas iniciativas isoladas aproveitam a existência de alguns bancos de dados de empresas, que por força de suas atividades, mantêm estações de monitoramento em cidades como Campo Grande e Três Lagoas.

Hess et. al. (2006) elaboraram inventário de emissões de poluentes para a frota de transporte coletivo de ônibus e microônibus em Campo Grande. Dependendo da referencia adotada para calculo, emissões como as de monóxido de carbono são estimadas em até 46 toneladas/mês, enquanto hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio, 12,7 e 80,6 toneladas/mês, respectivamente.

Pavão et. al. (2006) estudaram a variabilidade diária e sazonal do ozônio de superfície em região próxima à cidade de Campo Grande. A variabilidade horária no mês de setembro de 2005 indica concentrações mais intensas durante as tardes, devido à ação da insolação, e menores no período noturno. As concentrações registradas foram, a mínima de 5,6 ppbv e a máxima de até 71,9 ppbv. A figura 12, a seguir, ilustra o comportamento diário do ozônio na região de Campo Grande.

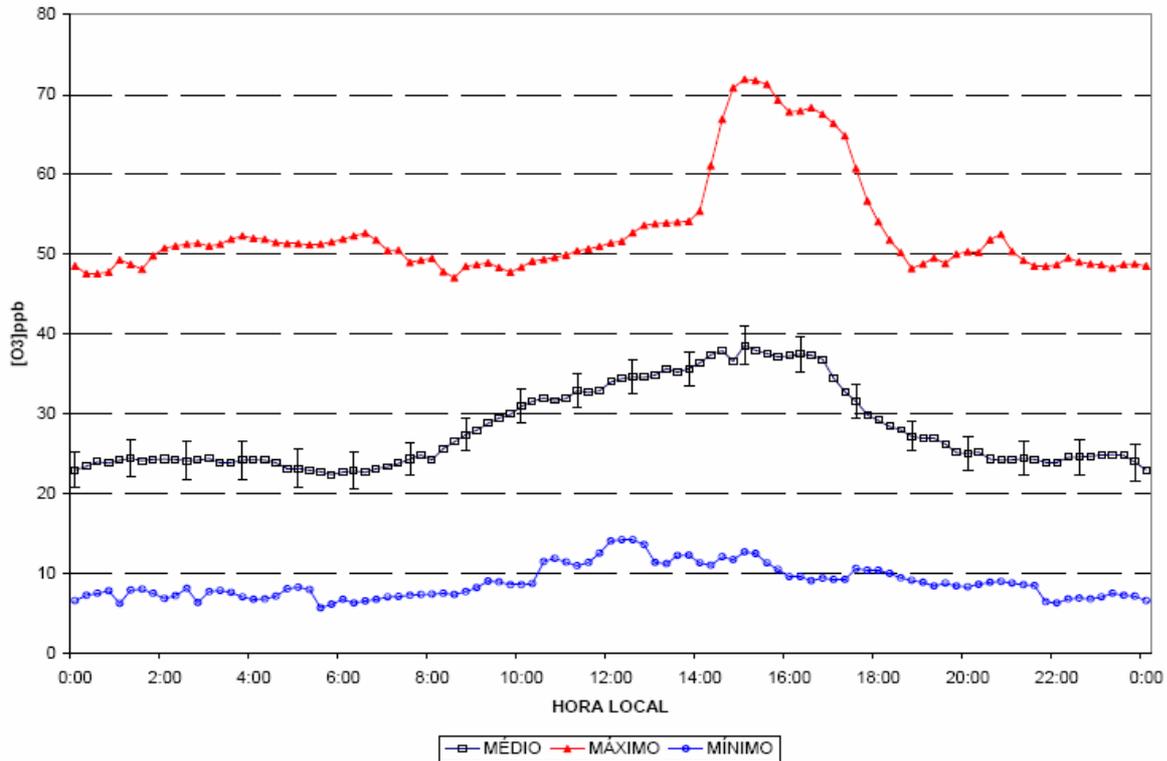


Figura 12: Concentração Diária de Ozônio em Setembro de 2005 em Campo Grande, MS.(PAVÃO et. al, 2006)

Na região Centro-Oeste estudos sobre emissões de poluentes no ar estão, por vezes, relacionados às queimadas sazonais em Estados como Amazonas, Rondônia, Acre, Goiás, Mato Grosso e o próprio Mato Grosso do Sul. Parte significativa dessas queimadas alcança escala global. Todavia, para o contexto regional, há indicativos de que, principalmente, à época da estação seca, na região Centro-Oeste, a presença de Ozônio de baixa altitude pode estar relacionada ao transporte de regiões de queimadas. (FREITAS et. al.,2005).

Kirchhoff & Marinho (1994) e Boian & Kirchhoff (2005) apresentam estudos sobre a elevada concentração de Ozônio na estação seca nas regiões, respectivamente, de Goiânia (GO) e Maringá (PR). Em Goiânia, balões foram lançados para monitorar as condições meteorológicas e a concentração de Ozônio. A uma altitude média de 2,0 km foram

registrados picos de concentração desse gás de até 112 ppbv.

Em Maringá, situada no norte do Paraná, portanto, mais distante das regiões onde ocorrem queimadas, medidas de Ozônio de superfície parecem confirmar a influência do transporte de longa-escala durante o período de estação seca. Quando confrontadas medidas do mês de Janeiro (período chuvoso) com Agosto (estação seca), durante o período da tarde, a variação pode ser superior a 80 ppbv entre as estações.

A figura 13 ilustra tal comportamento, com destaque para dois períodos do mês de Agosto, 8 a 24 em que as massas de ar não são oriundas de regiões com focos de queimadas, apresentando menores concentrações horária médias; e, 25 a 31, em que as massas de ar são oriundas de regiões com grandes fontes de queimadas de biomassa, com médias de até 100% maiores que o período anterior.

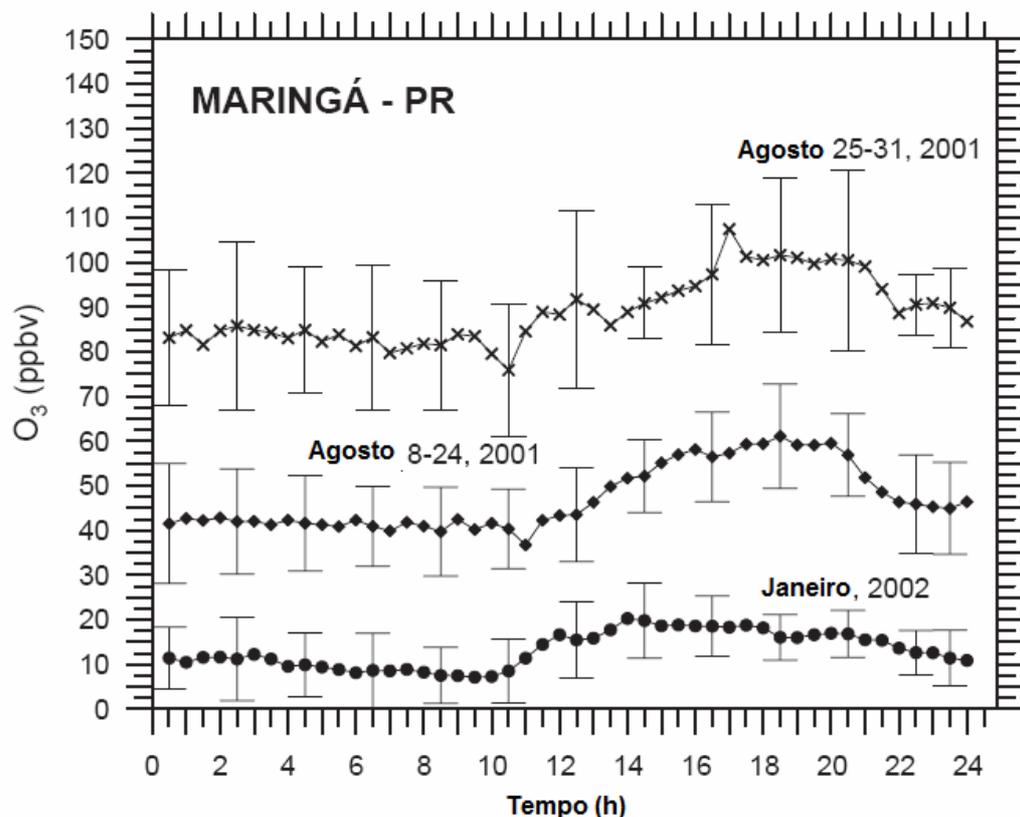


Figura 13: Concentração Diária de Ozônio em Janeiro e Agosto para Maringá, PR.(BOIAN & KIRCHHOFF, 2005)

2.3. FONTES DE EMISSÃO DE POLUENTES DO AR

Atualmente, são aceitas duas, majoritárias, categorias de fontes de emissão de poluentes: as Naturais, com origem nos fenômenos da natureza, tal como, erupção vulcânica; hidrocarbonetos emitidos da vegetação; ozônio produzido em descargas elétricas em tempestades; decomposição de matéria orgânica; incêndios espontâneos sazonais; entre outras; e, as Antropogênicas, decorrentes das atividades humanas como o uso de transporte movido a combustível fóssil, indústrias, produção de energia elétrica, etc. (LORA, 2002; GODISH, 1991)

Algumas fontes emissoras de poluentes do ar, tanto Naturais quanto Antropogênicas, serão apresentadas nas seções seguintes. As fontes de emissões Antropogênicas abordadas no contexto do presente trabalho estão de acordo com as fontes existentes em Três Lagoas, MS, e, que foram selecionadas para avaliação dentro do escopo de fontes emissoras majoritárias. Entre as fontes abordadas estão: Frota Veicular, Usina Termoelétrica, Indústria de Cerâmica Vermelha, Áreas de Reflorestamento, Reservatório de Hidroelétrica.

2.4. EMISSÃO GEOQUÍMICA

Um exemplo clássico de fonte natural de emissão de poluentes é a erupção vulcânica. Em maio de 2008, no Chile, entrou em erupção o vulcão Chaitén, distante cerca de 1220 quilômetros de Santiago. Grandes volumes de gases e cinzas foram lançados a altitudes entre 11 e 17 mil metros na atmosfera; altitude suficiente para a pluma, carregada pelos ventos, alcançar escalas regional e global atingindo a Argentina, Brasil, Uruguai e o Oceano Atlântico. Mais de 4000 pessoas foram evacuadas das áreas num raio de 30 quilômetros durante o episódio, que atingiu com espessa camada de cinzas cidades da Argentina. A figura 14 ilustra o deslocamento da pluma iniciada no dia 2 de maio, e, visível nos dias seguintes, 3 e 5 por imagens de satélite. (BBC,2008; O GLOBO,2008; CLARIN, 2008; NASA,2008)

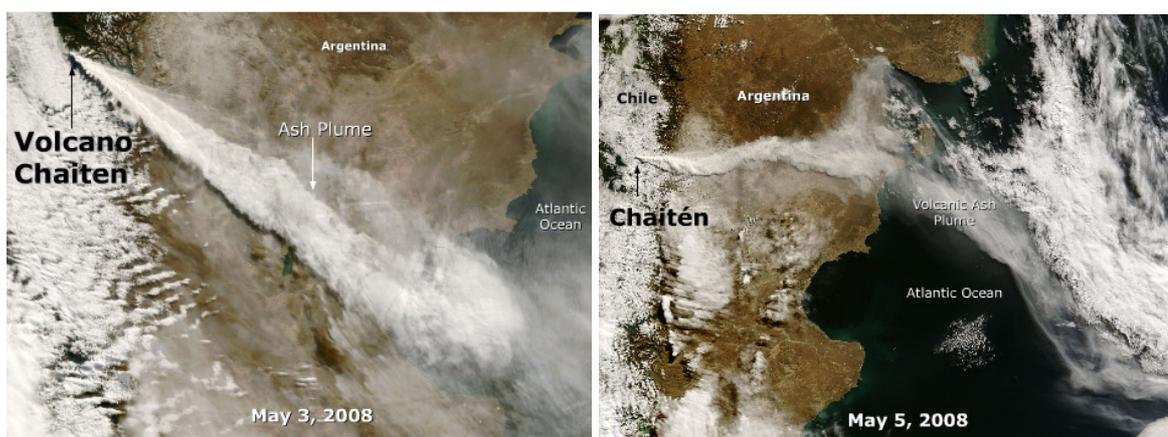


Figura 14: Deslocamento da Pluma do Vulcão Chaitén nos dias 3 e 5 de maio de 2008. <http://www.nasa.gov>

A atividade vulcânica é registrada de longa data. Um dos registros mais conhecidos é do Vulcão Vesúvio, que cobriu parcialmente a região de Pompéia em 79 D.C. e, provocou 16.000 mortes. Ao longo da história foram inúmeros os exemplos de catástrofes envolvendo vulcões, tal como, para citar alguns, Krakatoa e Tambora no século XIX, e Ilhas de Martinica no século XX, que juntos vitimaram cerca de 113.000 habitantes de regiões próximas e, lançaram imensos volumes de gases tóxicos e material particulado na atmosfera. (CHIOSSI,

1983; ASWATHANARAYANA,1995)

O magma, ou a lava, ao ser expelida pode, dado o volume de gases presentes, causar explosões que aumenta a violência com que partículas e gases são lançados na atmosfera. Compostos gasosos como SO₂, CO₂, CO, H₂S, NH₃, Hg, HF, CH₄, entre outros, são expelidos comumente dos vulcões e podem causar mortes por asfixia. Em 21 de Agosto de 1986, cerca de 1700 pessoas foram vitimas de asfixia pela ação do CO₂ emitido por um vulcão, em um lago, em Camarões. (CHIOSSI, 1983; ASWATHANARAYANA,1995)

Nriago & Becker (2003) baseados em 200 diferentes referências da literatura, que abrangeram 10.000 experimentos individuais, produziram detalhado inventário sobre emissões de mercúrio (Hg) em cerca de 100 vulcões em atividade, em todo o mundo, entre 1980 e o ano 2000. As emissões naturais totais de Hg, em vulcões, contabilizadas por esses autores são cerca de 112 t/ano, entretanto, as contribuições continentais, naturalmente, são diferentes, sendo maiores nas regiões onde há mais intensa e numerosa atividade vulcânica.

A Indonésia e o Chile são os dois países que possuem o maior número de vulcões em atividade na atualidade. O Chile atualmente possui cerca de 2000 sendo 50 em atividade. No Brasil de hoje não há registro de atividade vulcânica, mas há estruturas que indicam que já houve tal atividade pelo menos em regiões como a Ilha de Fernando de Noronha, na costa nordeste, e Poços de Caldas, no Estado de Minas.

2.5. EMISSÃO DE QUEIMADAS

Uma fonte de emissões significativas são as queimadas de vegetação, entretanto, atualmente suas causas são mais relacionadas à atividade humana, tal como a necessidade de expansão da fronteira agrícola. Regiões como a Califórnia, nos Estados Unidos; e, o oeste brasileiro, entre os Estados de Mato Grosso do Sul e Goiás até a região Amazônica apresentam queimadas sazonais.

Lein & Stump, (2008), desenvolveram metodologia para estimar os riscos associados às queimadas em regiões onde as fronteiras urbanas têm se expandido sobre a cobertura de vegetação preservada. Segundo esse estudo, no Sudoeste de Ohio, a presença das atividades humanas são a maior causa de queimadas, enquanto queimadas devidas à ação natural, por relâmpagos, por exemplo, são inferiores à 1%. Nos Estados Unidos, as queimadas são intensas, principalmente na região Oeste do país, devido ao clima seco somado ao calor do verão e à ação dos ventos.

Zhang et. al.,(2008), através de sensoriamento remoto e dados de inventários, estimaram emissões de MP2.5 oriundas de queimadas no território norte-americano para os anos de 2002 a 2005. A emissão total anual sofreu variações entre $1,8 \cdot 10^5$ (2004) a $3,49 \cdot 10^5$ (2002) ton/ano. A incerteza associada à emissão total de poluentes devido à queima de biomassa se deve, entre outros aspectos, à densidade da vegetação, a eficiência da combustão, à área incendiada. Segundo esse autor, as florestas representavam 44% da vegetação incinerada, mas que ocupavam cerca de 30% da área total queimada.

A figura 15 ilustra a disposição dos eventos de queima de biomassa para o ano de 2002. As maiores emissões, em vermelho, ocorrem no oeste, nos estados do Oregon (24,7%), Califórnia (13,8%) e Colorado (10,8%). As menores emissões, em azul, são espacialmente

densas na região sudoeste do país, em áreas ao redor dos estados de Kansas, Oklahoma e Missouri; estes focos de queimada duram poucas horas do dia e estão associados à atividade agrícola. Cerca de 40% dos focos ocorrem entre Julho e Agosto, enquanto menos de 10% entre Novembro e Fevereiro. (ZHANG, 2008)

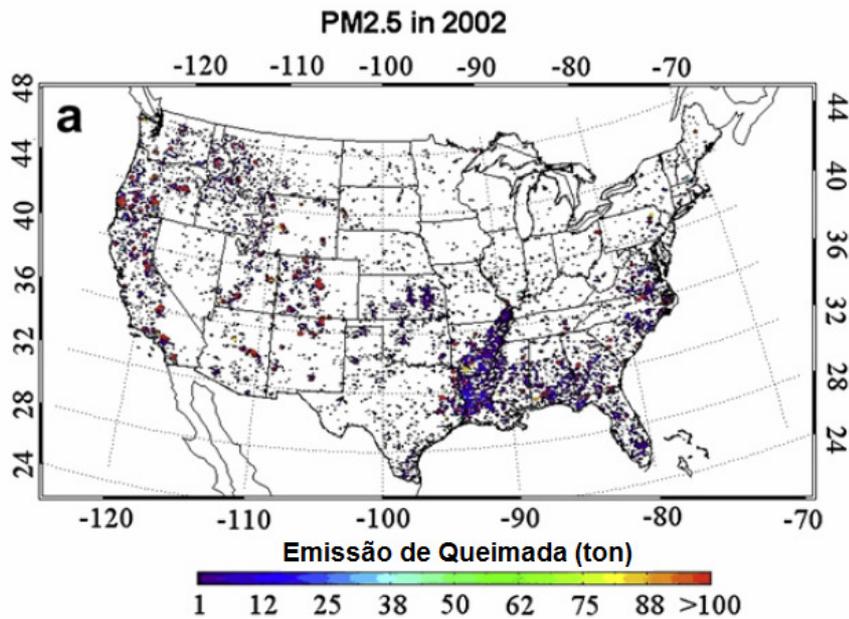


Figura 15: Distribuição espacial de focos de queimadas e estimativa de emissão de PM2.5.(ZHANG et. al.,2008)

No Brasil, as queimadas apresentam episódios intensos, mas bem delimitados no espaço e tempo, ocorrendo, principalmente, nos meses de agosto e setembro, nas regiões norte e centro-oeste do país. (FREITAS et. al., 2005)

Segundo relatório publicado pelas Nações Unidas, International Forest Fire (2000), os “incêndios” no Brasil são minoria, isto é, aquelas “queimadas” originadas de maneira acidental em regiões não perturbadas pela ação do homem. Em geral, as árvores da região amazônica e costa atlântica, em sua maioria, apresentam alta umidade, e parte das áreas de floresta chegam a passar de 6 a 8 meses em solo úmido ou inundado.

Entretanto, a região de terra firme, em estações de intensa seca, pode favorecer o aparecimento de incêndios ou queimadas, que quase sempre estão também associados à

presença de alguma atividade humana, tal como caça, expansão de áreas de cultivo e exploração de lenha. No Cerrado, a vegetação mais esparsa facilita a exploração do solo, e nessas regiões a atividade agropecuária é um fator associado às queimadas, tanto que suas fronteiras se expandem até a região amazônica em Mato Grosso e Rondônia. (FREITAS et. al.,2005; INTERNATIONAL FOREST FIRE, 2000; KIRCHHOFF & MARINHO,1993)

A figura 16 ilustra o total de focos de queimadas no Brasil durante os anos de 2005 e 2006. O ano de 2005 apresentou, sem contar os meses de Janeiro e Novembro (sem dados), cerca de 68% mais focos de queimadas que em 2006. O segundo semestre, em ambos os anos, apresenta maior número de eventos de queimadas, e em especial os meses de agosto, setembro e outubro que juntos respondem por 85% e 68% dos focos, respectivamente, em 2005 e 2006.

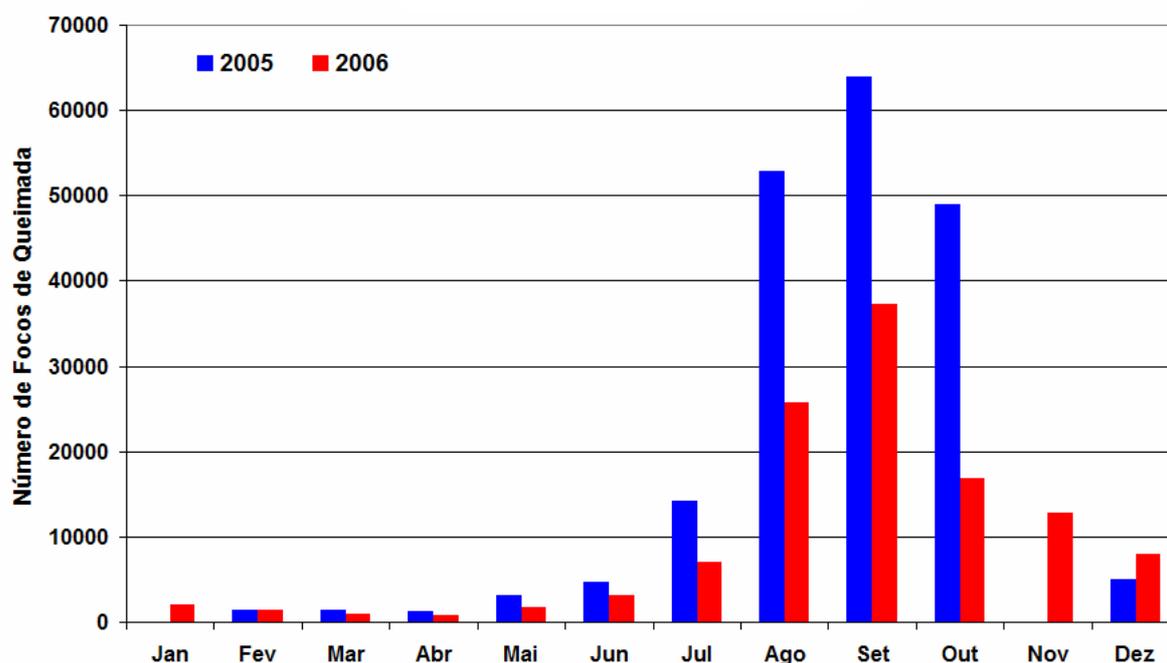


Figura 16: Total de Focos de Queimadas no Brasil 2005/2006. (elaborado a partir de dados do INPE -

As queimadas oferecem riscos à saúde humana quando a pluma se desloca sobre regiões povoadas próximas, através da fumaça, e distantes influenciando na formação de ozônio, ou intensificando as concentrações de monóxido de carbono. (GOUVEIA, 1999; GOUVEIA et. al.,2003; SALDIVA et. al.,2004; MASCARENHAS et. al.,2005; BOIAN & KIRCHHOFF,2005)

Em Setembro de 2005, em Rio Branco, no Acre, o limite de MP2.5 foi excedido 23 dias. Nesse mesmo período 15% das internações hospitalares, 2922, foram atribuídos a problemas respiratórios, principalmente em crianças e idosos. Dados do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) para 2005 indicam que cerca de 90% dos focos de queimada no Acre ocorreram nos meses de agosto e setembro. A figura 17 ilustra a relação entre o número de internações e concentração média de MP2.5 diária no período relatado. (MASCARENHAS et. al.,2005)

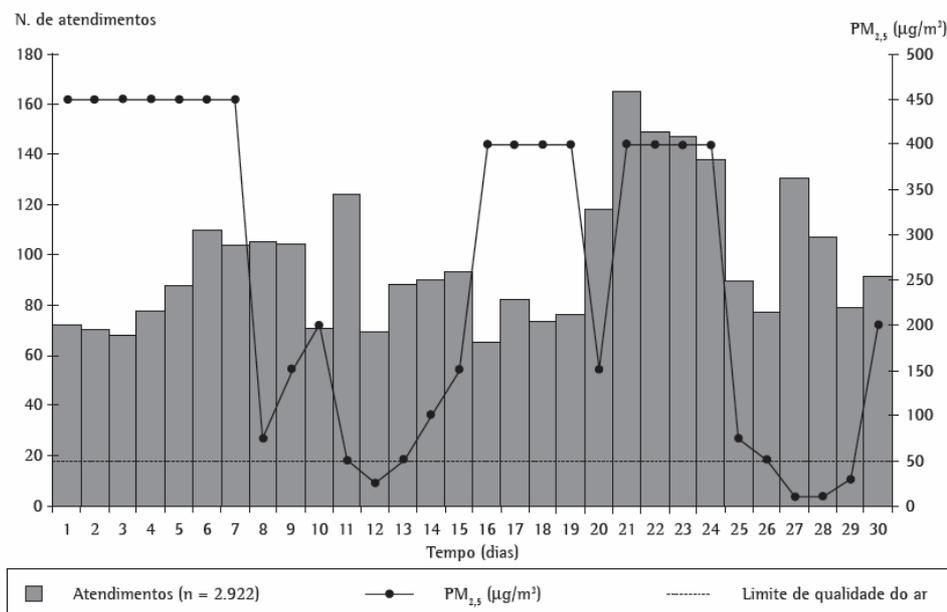


Figura 17: Relação entre número de atendimentos e concentração de PM2.5 em Rio Branco/AC,

set/2005.(MASCARENHAS et. al.,2005)

Segundo Brown et. al.,2006, o que ocorreu no Acre em setembro de 2005 está relacionado a um longo e atípico período sem chuvas. Em maio do mesmo ano, os níveis dos rios no Acre eram os menores em 34 anos. Nos meses subseqüentes as chuvas se tornaram virtualmente ausentes e, o mesmo ocorreu para regiões vizinhas como o departamento de Pando na Bolívia, Madre de Dios no Peru. A figura 18 ilustra os focos de queimada (pontos vermelhos) nas três regiões citadas acima no dia 17 de setembro, destacando o deslocamento da pluma por fortes ventos.

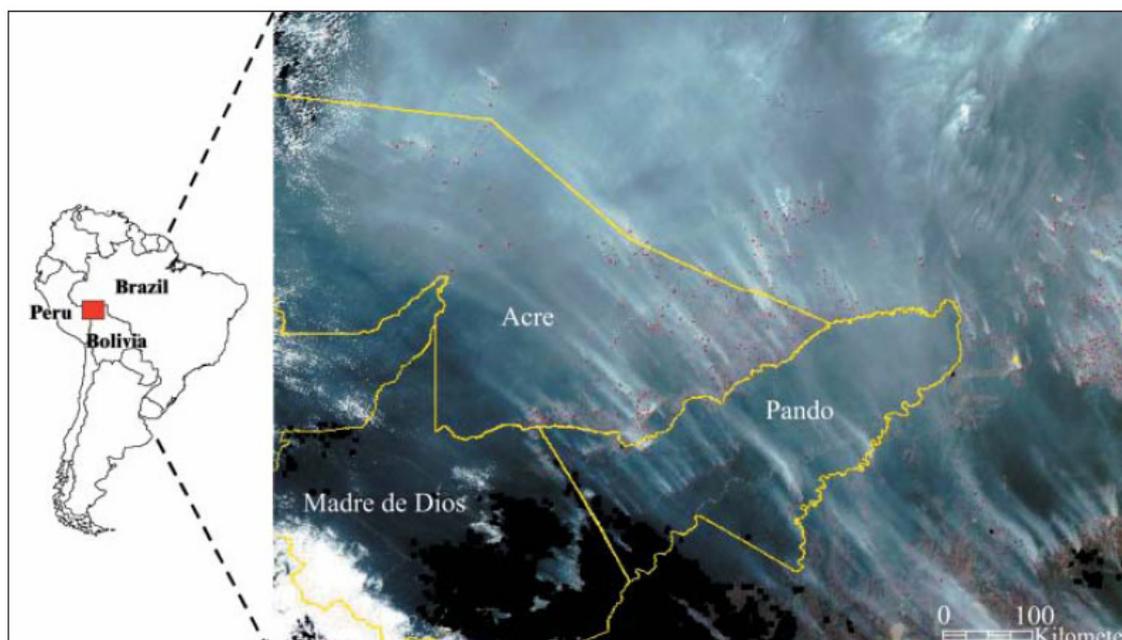


Figura 18: Plumadas de Fumaça de Focos de Queimada no Acre, Brasil; Peru e Bolívia em 17 de Setembro de 2005.(BROWN et. al.,2006)

2.6. EMISSÃO DA VEGETAÇÃO

A vegetação é responsável majoritária pela emissão de hidrocarbonetos na atmosfera. Estimativas publicadas em Guenther et. al.(1995) indicavam emissão global anual de hidrocarbonetos biogênicos de 1150 Tg/ano, o que representa quase uma ordem de grandeza maior em relação aos hidrocarbonetos de origem antropogênica.

Entre os compostos orgânicos emitidos por plantas terrestres os mais comumente conhecidos são, o Eteno, os Monoterpenos e o Isopreno. Este último, o Isopreno, é o mais abundante orgânico emitido pela vegetação, cerca de 50%, e, também, um dos mais reativos, tendo ação química semelhante aos alquenos. A tabela 5 ilustra emissões globais de Isopreno e Monoterpenos. (FINLAYSON-PITTS & PITTS, 2000; SEINFELD & PANDIS, 1998; NRC, 1991)

O Isopreno contribui para a formação de ozônio troposférico e material particulado orgânico, desempenhando importante papel na qualidade do ar em regiões rurais e também no meio urbano através da formação de poluentes secundários. Em regiões como a Amazônia, a presença do isopreno auxilia o processo de formação de aerossóis que, por conseguinte podem causar variações na visibilidade e facilitar a condensação de núcleos para formação de nuvens. (WHO, 2005; ARTAXO et. al, 2004)

Tabela 5: Emissões Globais de VOCs Biogênicos (SEINFELD & PANDIS, 1998)

	Isopreno	Monoterpenos	Outros VOCs	
Fonte	Tg / ano			Total
Florestas	372	95	177	821
Plantações	24	6	45	120
Arbustos	103	25	33	194
Oceano	0	0	2.5	5
Outros	4	1	2	9
Total	503	127	260	1150

Segundo Ryerson et. al.(2001), a presença de isopreno, em regiões rurais do leste e meio-leste norte-americano, contribui para a formação de ozônio. Nestas regiões a presença de termoelétricas a carvão como as de Thomas Hill, Johnsonville e Cumberland permitem a formação de plumas (gases de exaustão) com a presença de óxidos de nitrogênio, que ao se deslocarem encontram pelo caminho hidrocarbonetos emitidos pela vegetação local.

Campanhas de amostragens aéreas realizadas nos dias 4,7 e 12 de julho de 1999, sob condições meteorológicas semelhantes, indicam que atmosfera com baixa concentração de isopreno, ($0,3 \pm 0.2$ ppbv), favorece a rota de reação que produz HNO_3 . De outra maneira, concentrações maiores de isopreno, (3 ± 2 ppbv), auxiliam a formação de ozônio na região de influência das termoelétricas e florestas.

As figuras 19 e 20 ilustram, respectivamente, a disposição geográfica das fontes de emissão (Isopreno e NO_x) e a relação entre formação de ozônio e idade da pluma. A estimativa do fluxo de isopreno foi obtida com o algoritmo BEIS2, durante o meio dia na estação do verão. Na figura 19 os pontos negros representam as termoelétricas, os círculos brancos abertos os 50 maiores emissores de NO_x , Thomas Hill em círculo sólido azul, Cumberland uma cruz verde e, Johnsonville um círculo sólido verde. As caixas em azul e verde compreendem as regiões onde foram realizados os vôos de monitoramento.

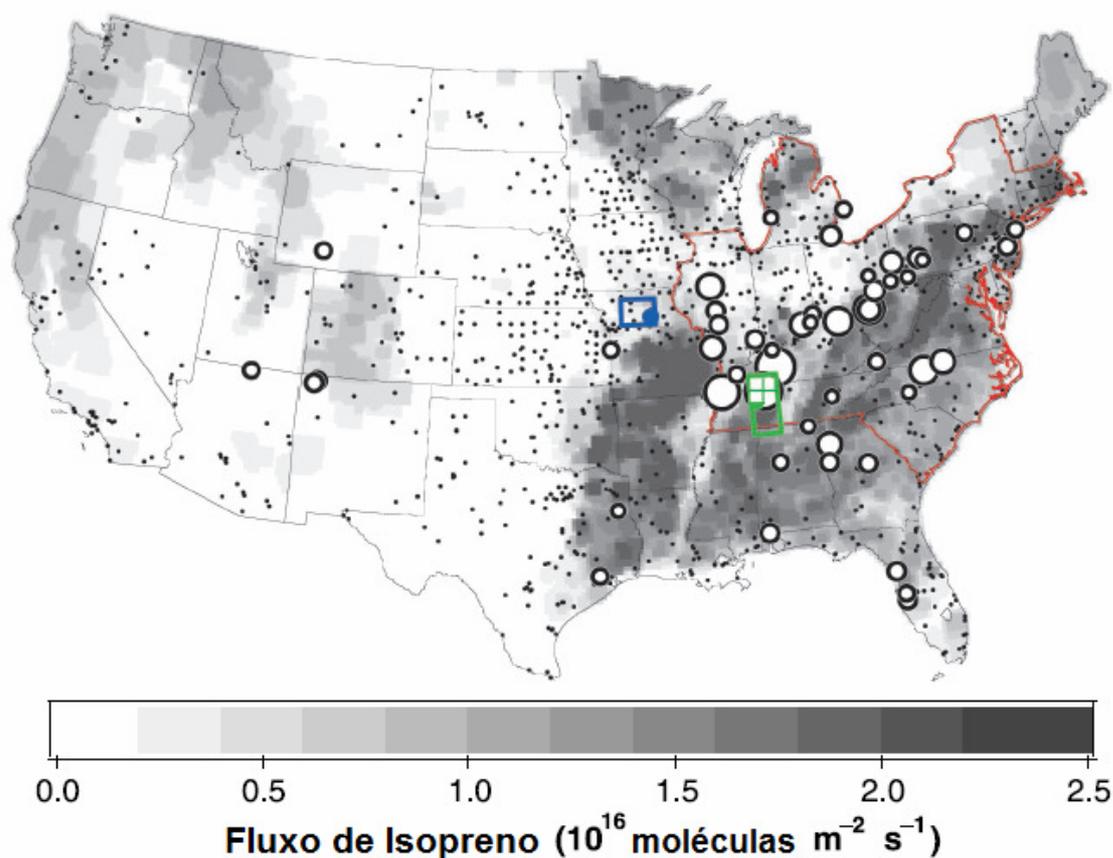


Figura 19: Regiões do território norte-americano com emissões de isopreno e presença de termoelétricas.(RYERSON et. al.,2001)

As taxas de emissão de NO_x para Johnsonville, Cumberland e Thomas Hill, para os dias monitorados, figura 20, foram respectivamente, 1,8 ton/hr, 13,9 ton/hr, 3,6 ton/hr. Nas primeiras horas, a pluma sofre a formação de HNO_3 , o que, com maior densidade de NO_x , menor relação VOC/ NO_x , as reações entre a OH e NO_2 são dominantes, inicialmente, tornando mais lenta a formação de Ozônio. Esse comportamento é verificado em 20A e 20B. Em 20C a pluma de NO_x estava remota às maiores concentrações de isopreno, portanto em ambiente com baixa reatividade devido ao VOC, esse episódio favorece reações entre Monóxido de Carbono e Metano com a Hidroxila.

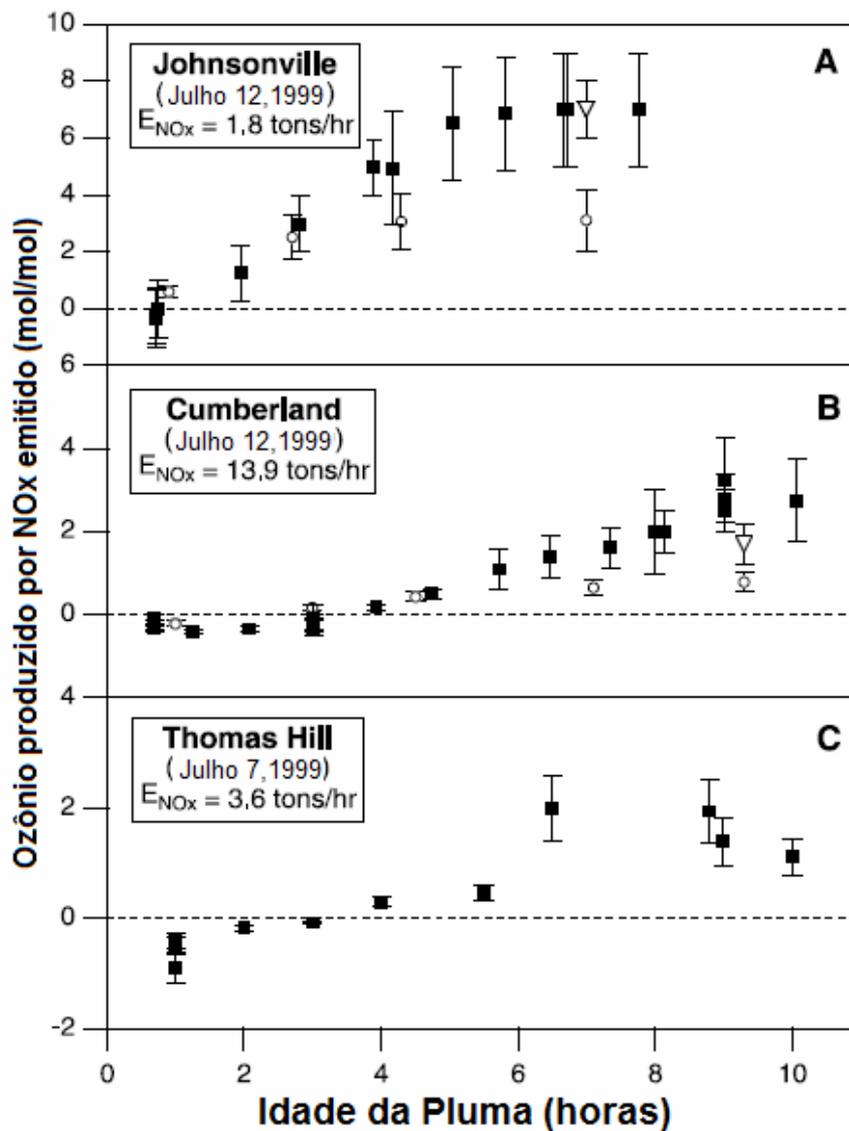


Figura 20: Relação produção de Ozônio, Emissão de NOx e idade da Pluma.(RYERSON et. al.,2001)

No Brasil, o Eucalipto, uma das culturas que apresentam significativa taxa de emissão de isopreno, ocupa uma área total de cerca de $3,5 \cdot 10^6$ ha com expectativa de crescimento de 23% até 2015. A biomassa é utilizada na produção de papel, entretanto discussões recentes vislumbram o uso do eucalipto também como alternativa para produção de etanol no país. (AGÊNCIA FAPESP, 2008)

O Eucalipto, embora presente no país desde o final do século XIX, teve sua importância

mais bem percebida a partir da década de 1950, como matéria-prima para a produção de celulose. Nas décadas de 1970-80 a produção de celulose se consolidou e o Brasil se colocou no cenário mundial como um grande produtor e exportador, e, a produção de carvão vegetal para siderurgia ampliou ainda mais os negócios com o gênero *Eucalyptus*, que é originária da Austrália e conta com mais de seiscentas espécies. (LIMA, 1993)

Na região de Três Lagoas a exploração da atividade florestal remonta ao início da década de 1970. Entretanto, atualmente, com as obras de instalação da fábrica de papel e celulose na região a atividade deve sofrer intensa expansão ocupando vastas áreas que se localizam desde 19° a 22° S e 51° a 54° W, totalizando quase 100.000 ha. (CHAMPION, 2007)

As emissões oriundas da floresta de eucalipto compreendem os hidrocarbonetos biogênicos Isopreno (C_5H_8) e os Monoterpenos ($C_{10}H_{16}$). O Inventário de Emissões da área de plantio de Eucalipto da região de Três Lagoas foi elaborado a partir dos seguintes dados: área de plantio da cultura de eucalipto classificada por idade, dados de meteorologia da região (temperatura e radiação solar), densidade foliar para a cultura do eucalipto, e o uso do algoritmo matemático específico para emissões da vegetação.

Cálculos realizados por Nunes & Pio (2001), utilizando o algoritmo designado G-93, para vastas regiões de cultivo de Eucalipto da espécie *globulus* (4146 km²), em Portugal, demonstraram que a vegetação pode ser grande fonte de hidrocarbonetos com alto potencial reativo. A região estudada em Portugal apresenta temperaturas médias menores do que as da região leste de Mato Grosso do Sul, o que sugere, uma vez que as emissões de isopreno respondem positivamente à intensidade de radiação solar e temperatura, atividade intensa de produção desse gás. A tabela 6 ilustra as emissões totais obtidas no inventário elaborado para a região portuguesa.

Tabela 6: Emissão Total de Isopreno e Monoterpenos em Área de Portugal.(NUNES & PIO, 2001)

Compostos	Cultura	Área (km ²)	Emissão (ton/ano)
Isopreno	Eucalipto	4.146	41.213
Monoterpenos	Eucalipto		5.253
	Pinheiro	122.003	29.678

Karlik et al. (2001) realizaram estudos sobre 47 espécies de Eucalipto na região da Califórnia, Estados Unidos, entre elas a espécie *grandis*, com taxa de emissão estabelecida em $21 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$. Na região de Três Lagoas as espécies cultivadas compreendem 95% de *Eucalyptus grandis* e 5% de *Eucalyptus urophylla* segundo Estudos de Impacto Ambiental da empresa de exploração florestal local.

Dados experimentais foram obtidos medindo-se emissões entre 2 e 4 metros acima da copa das árvores. Os resultados foram comparados com a simulação do modelo G93, e, estão ilustradas na figura 21.

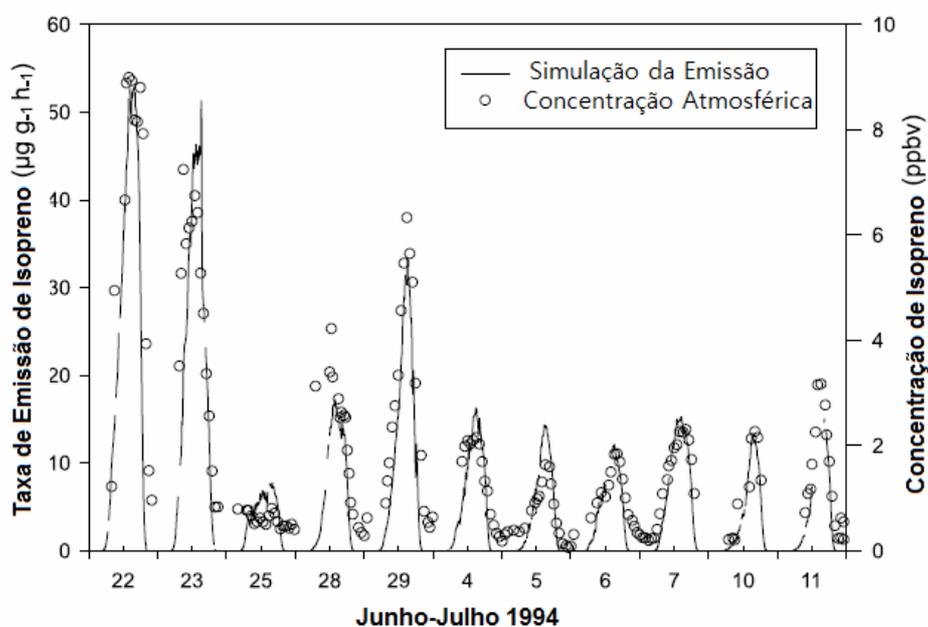


Figura 21: Emissão e Concentração de Isopreno, resultados experimentais e de simulação.(NUNES & PIO,2001)

Embora, haja incertezas na produção de inventários de emissões de hidrocarbonetos biogênicos devido a sua variabilidade com condicionantes da espécie vegetal; características do ambiente da região; e, número e tipos desses hidrocarbonetos; as emissões de isopreno, a partir de simulações, são um razoável indicador da ação de compostos orgânicos em regiões onde os mesmos estão presentes. (RYERSON et. al.,2001; NRC, 1991)

O algoritmo de Guenther, (modelo G93), é um dos mais bem sucedidos modelos para estimativa de emissão de isopreno. Atualmente, simulações de emissões globais de isopreno, a partir desse algoritmo, foram incorporadas em modelos sofisticados com diferentes entradas de informações da literatura, tal como, estudos de campo e dados de diferentes satélites; dados de distribuição de espécie vegetais em diversos ecossistemas; sistemas climáticos; distribuição de energia solar nas diferentes regiões, entre outros aspectos. (NUNES & PIO, 2001; GUENTHER et. al. 1993, 1995, 2003)

Guenther et. al. (2003) utilizando o modelo global MEGAN (Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature) realizou simulações que indicaram emissão total de cerca de 600 Tg de Isopreno, pouco mais de 5% das estimativas realizadas pelo mesmo autor em 1995. As taxas de emissão de isopreno em função da cobertura vegetal e condições do tempo (temperatura e radiação solar) podem variar sazonalmente entre magnitudes menores que 2 mg/m².dia e superiores a 150 mg/m².dia.

O Brasil apresenta, segundo dados de simulação, taxas de emissões entre as mais elevadas. A figura 22, a seguir, ilustra esse fato.

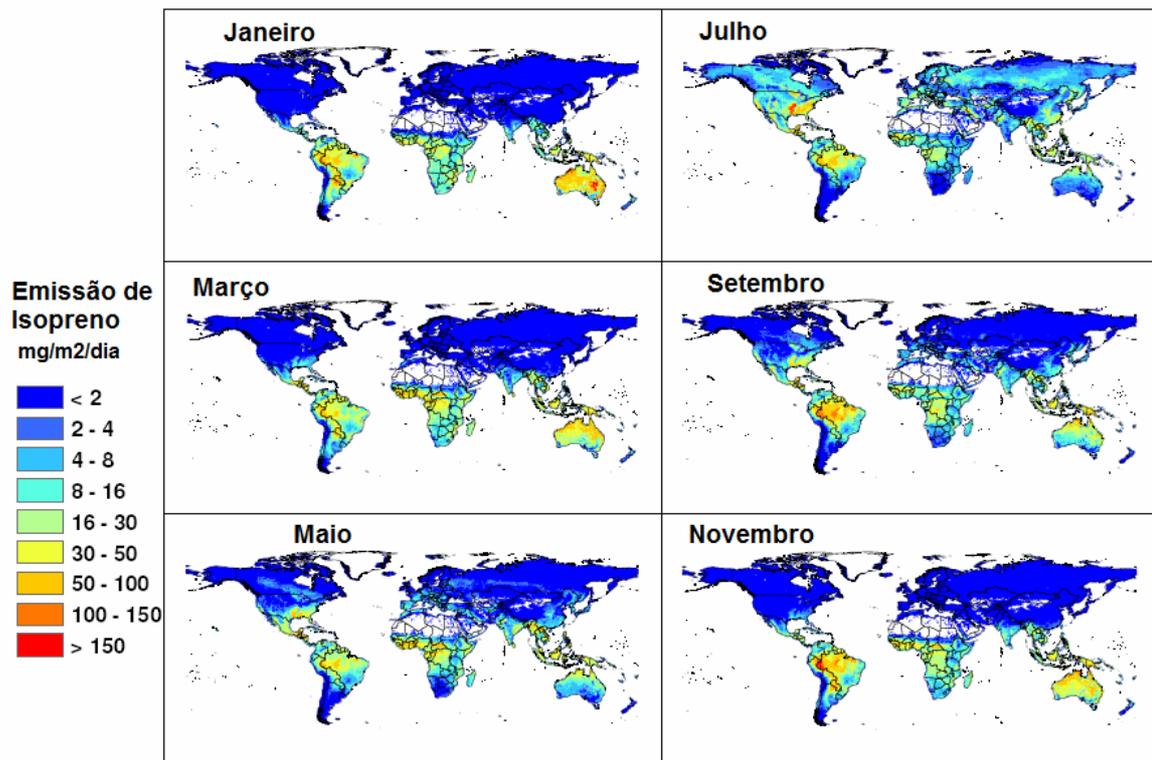


Figura 22: Distribuição Sazonal da Taxa de Emissão de Isopreno em regiões continentais.(GUENTHER et. al.,2003)

2.7. EMISSÃO DE RESERVATÓRIOS DE HIDROELÉTRICAS

Segundo o relatório da World Commission on Dams (2000), desde a década de 1950, foram construídas mais de 45.000 grandes barragens em todo o mundo. Entre as finalidades das barragens está o controle de inundações, a irrigação e a geração de energia elétrica, sendo esta última de interesse para a presente pesquisa. Atualmente cerca de 1/3 dos países do mundo utilizam energia hidroelétrica para produzirem metade de sua eletricidade, e, as grandes barragens são responsáveis por 19% da eletricidade gerada no mundo.

Emissões atmosféricas associadas aos reservatórios de hidroelétricas são mais bem conhecidas pelas contribuições, ainda que minoritariamente, à intensificação do efeito estufa (CH_4 , CO_2 , N_2O), que atualmente têm sido apontados como responsáveis por parte das mudanças no clima do planeta. Entretanto, o foco do presente texto está no papel que o metano desempenha na química da atmosfera ao reagir com a hidroxila, favorecendo rotas de formação de poluentes secundários, tal como o ozônio. (ROSA & SCHAEFFER, 1995; WCD, 2000; SEINFELD & PANDIS, 1998)

O Brasil embora possua apenas 1% das grandes barragens do mundo, essas são responsáveis praticamente por 90% da eletricidade gerada no país. Muitas dessas barragens, como a de Jupia (Eng^o Souza Dias), em Três Lagoas, foram implantadas entre as décadas de 60 e 80, o que faz de seus reservatórios fontes emissoras com idade entre 20 e 30 anos. Esse fato, embora não definitivo para a qualificação das emissões de metano, podem revelar que tipo de fonte orgânica é mais dominante na fase atual de um lago.

O metano de origem na biomassa pré-existente, em geral, apresenta emissões mais intensas nos sete primeiros anos de inundação do reservatório, isto devido à decomposição dos galhos finos e folhagem da vegetação submersa. Após o consumo dessa biomassa, a

matéria orgânica pré-existente contribui de forma menos intensa e a decomposição lenta dos troncos, raízes e galhos mais grossos são os responsáveis pelas emissões mais duradouras dessa fase, que podem permanecer por décadas. (MCT1, 2006; SIKAR et. al., 2005, 2006; ROSA & SCHAEFFER, 1995).

Entretanto, com a revitalização das condições físico-químicas da água do reservatório, incrementam-se as contribuições da formação de matéria orgânica interna ao lago, além daquela oriunda de sedimentos das regiões ribeirinhas. Outros fatores como a temperatura, velocidade do vento, insolação, parâmetros físico-químicos da água, a biosfera, e o regime de operação da barragem, também, podem desempenhar influências sobre as emissões de metano e outros gases na superfície do lago. (MCT1, 2006)

No interior de reservatórios de hidroelétricas as camadas em maior profundidade, tal como o leito, são anóxicas, pobres ou sem oxigênio. Nessa região onde o sedimento se acumula a matéria orgânica sofre transformações como hidrólise e fermentação pela ação de bactérias. Esses microorganismos ao se alimentarem convertem a matéria orgânica em compostos mais simples, que posteriormente sofrem reações de oxi-redução resultando na produção de metano e gás carbônico. O metano se desprende em bolhas para a superfície ou mesmo se difunde pela água; durante o trajeto, na região óxica, parte desse metano é oxidado em dióxido de carbono, que também alcança a atmosfera. A figura 23 ilustra parte da descrição acima. (SILVA & SIKAR, 2004)

De maneira mais específica, a formação de metano à partir do dióxido de carbono, na faixa sedimentar, figura 23, se dá devido ao CO_2 agir como acceptor dos íons de hidrogênio que resultam de reações de oxidação de compostos de acetato, através de enzimas que catalisam o potencial reativo do processo. (STEIL & VAZOLLER, 2007; SILVA & SIKAR, 2004)

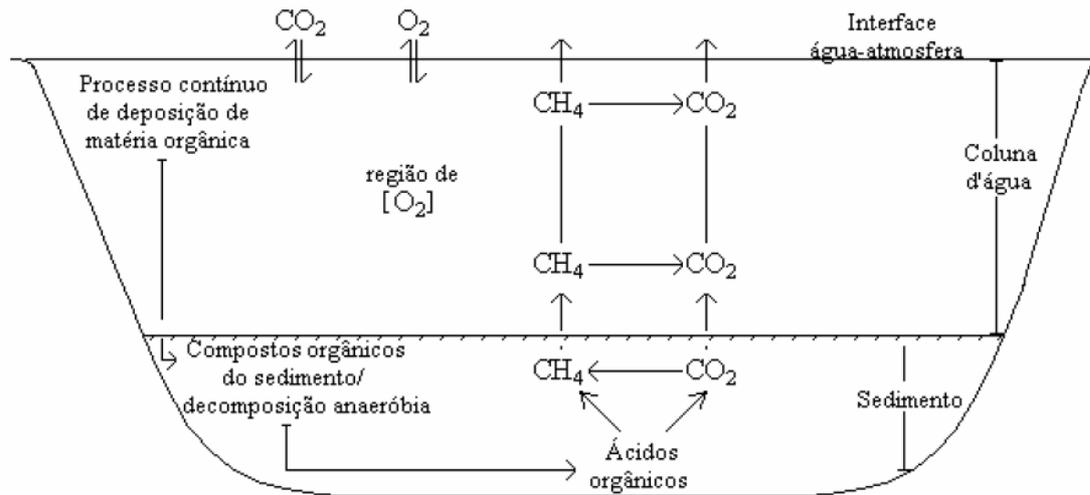


Figura 23: Corte transversal de um Reservatório e Processo de Formação de Metano. (SILVA & SIKAR, 2004)

Lima & Victoria, 2002, investigaram emissões de metano nos reservatórios de Tucuruí e Samuel, bioma amazônico, e sua dependência com alguns parâmetros ambientais. Os autores verificaram, após análise de imagens de satélite, que a presença de plantas aquáticas sofreram grande variação nos primeiros 10-15 anos após o fechamento da represa. Esse fato está diretamente relacionado à disponibilidade e qualidade de matéria orgânica existente, o que reflete diretamente o nível de atividade metanogênica. Outros aspectos como a profundidade do reservatório, a temperatura da água, velocidade do vento na superfície, segundo a análise estatística, mantém correlação com as taxas de emissão de metano. Dessa forma, as variações nas emissões de metano foram 157% em Samuel e 107% em Tucuruí. A figura 24 ilustra a redução de plantas aquáticas (tons escuros) em tributários do rio Tucuruí entre os anos de 1986 e 2001.

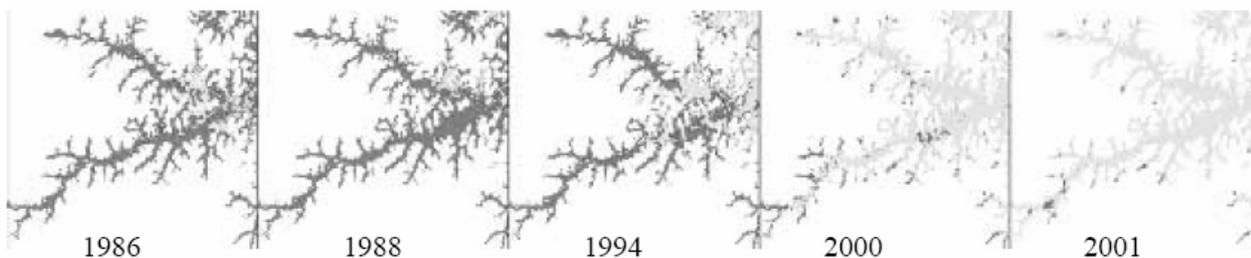


Figura 24: Redução de plantas aquáticas na região do reservatório de Tucuruí. (LIMA & VICTORIA, 2002)

Silva & Sikar (2004) estudaram o comportamento do metano dissolvido em água em quatro diferentes reservatórios: Miranda (18°54'S), Xingó (9°36'S), Ribeirão das Lages (22°42'S) e Represa do Lobo (22° 10'S). Um dos resultados dessa pesquisa indica a dependência da concentração de metano em função da profundidade do reservatório. A concentração de CH₄ na superfície que é próxima a 2 ppm pode chegar a 10⁶ ppm em profundidades entre 10 e 20 metros onde o oxigênio dissolvido pode ser inferior a 0,5 mg.L⁻¹. De maneira geral os resultados das nove campanhas realizadas confirmaram o aumento na concentração de metano com a profundidade. A figura 25 ilustra tal comportamento em um dos sítios monitorados em cada reservatório.

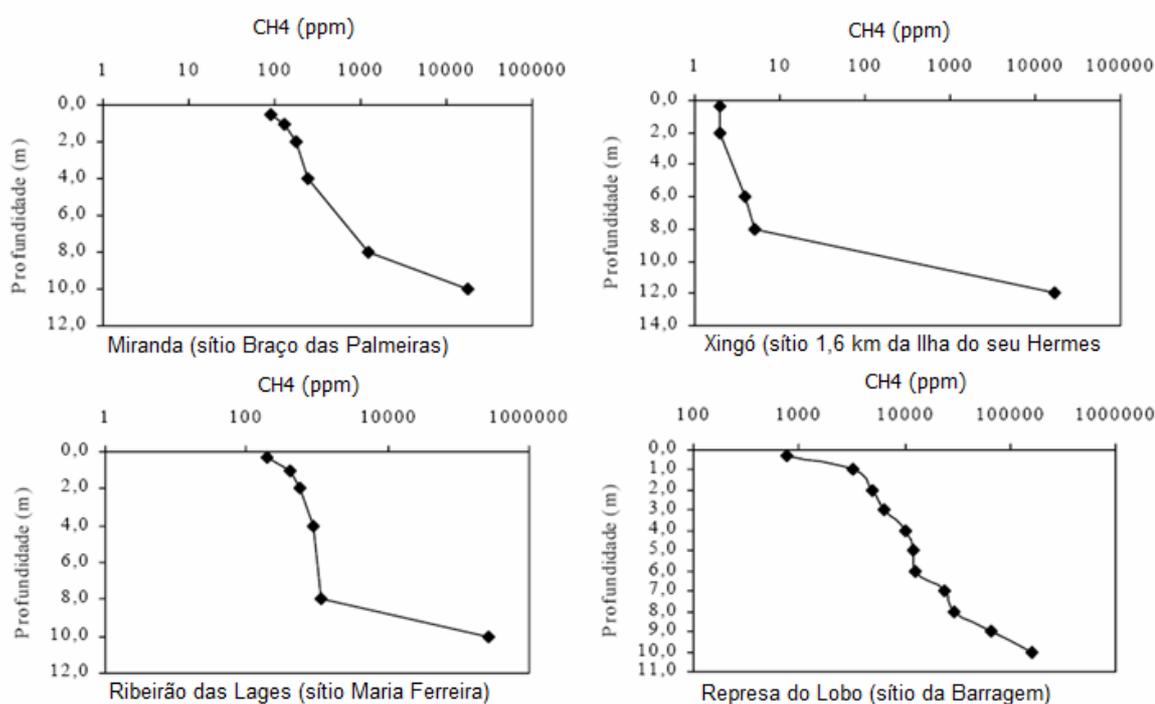


Figura 25: Perfil da Concentração de Metano x Profundidade do Reservatório .(SILVA & SIKAR, 2004)

Esses mesmos autores consideraram as emissões de metano na forma de bolhas (fluxo ebulitivo) e dissolvido em água (fluxo difusivo). As emissões médias dos fluxos ebulitivo e difusivo, respectivamente, para os reservatórios de Miranda (15,6 e 19,9 mgCH₄/m²/dia) e Xingó (124,2 e 25,7 mgCH₄/m²/dia).

As informações sobre as emissões de lagos de barragens no Brasil ainda são escassas, embora vários estudos tenham ocorrido e logrado um conjunto extenso de dados, que, entretanto se referem a um número reduzido de reservatórios.

Uma das referências mais completas sobre o tema no país é o primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa, com destaque para as emissões de dióxido de carbono e metano em barragens. O inventário reúne dados de quatorze campanhas de monitoramento entre 1998 e 1999 e, abrange os reservatórios de: Miranda, Três Marias, Barra Bonita, Segredo, Xingó, Samuel e Tucuruí. E, adiciona dados de outros dois reservatórios de um estudo paralelo: Itaipu e Serra da Mesa. As localizações desses lagos são representativas da abrangência do território nacional, distribuindo-se desde 2º S a 25º S. A Figura 26 e a Tabela 7 ilustram, respectivamente, a localização geográfica e algumas características dessas barragens. (MCT1, 2006)

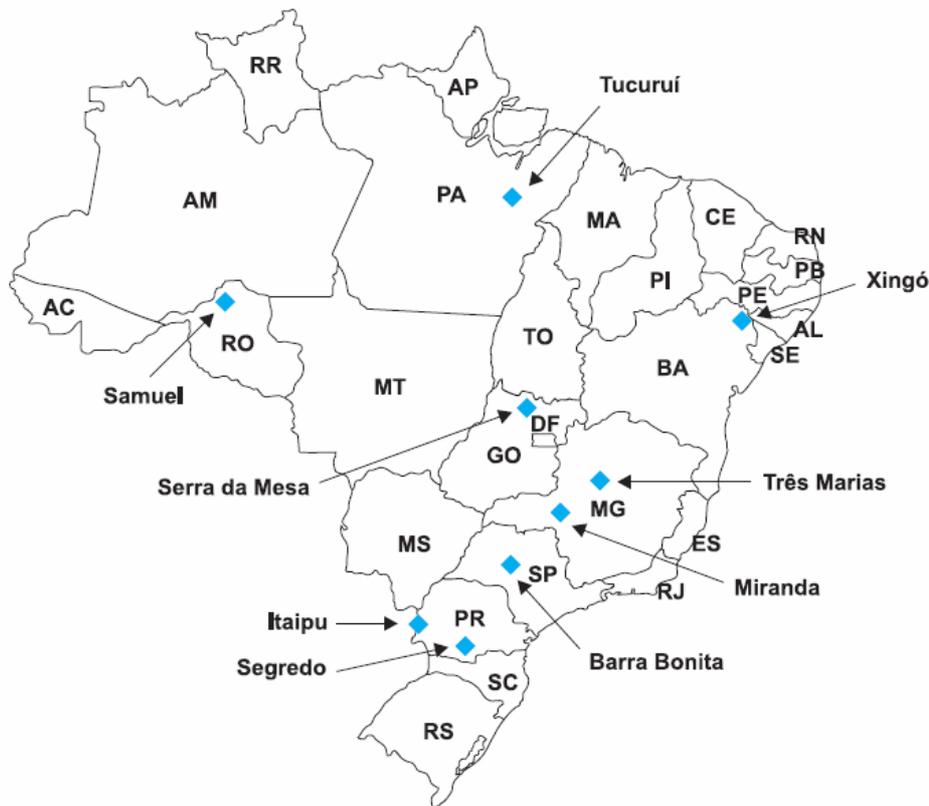


Figura 26: Localização espacial de nove importantes reservatórios brasileiros. (MCT1, 2006)

Tabela 7: Emissões de Reservatórios de Usinas Hidroelétricas no Brasil. (MCT1, 2006)

Hidroelétricas	Latitude	Bioma	Potência (MW)	Área (km ²)	Fator de Emissão (kg CH ₄ /km ² /dia)	Emissão Total (tCH ₄ /ano)
Miranda (1997)	18°55`S	Cerrado	390	50,6	154,2	2.848
Três Marias (1961)	18°13`S	Cerrado	396	1.040	196,3	74.515
Barra Bonita(1962)	22°31`S	Mata Atlântica	140,76	312	20,9	2.380
Segredo (1992)	25°47`S	Mata Atlântica	1.260	82	8,8	263
Xingo (1994)	9°37`S	Caatinga	3.000	60	40,1	878
Samuel (1988)	8°45`S	Amazônica	216	559	104,0	21.220
Tucuruí (1984)	3°45`S	Amazônica	4.240	2.430	109,4	97.032
Serra da Mesa (1997)	13°50`S	Cerrado	1.275	1.784	51,1	33.274
Itaipu (1984)	25°26`S	Mata Atlântica	12.600	1.549	20,8	11.760

Os valores médios apresentados na tabela 7, em geral, são resultado de amostragens em diferentes sítios com diferentes profundidades em um mesmo reservatório e, em campanhas diferentes. O erro associado à taxa de emissão de metano, em geral, próximo ou superior a 100%, reflete sua complexa dependência com os aspectos físico-químicos, biológicos e meteorológicos que envolvem os reservatórios.

Segundo o Relatório da World Commission on Dams (2000) a base científica disponível ainda é restrita a amostragens em regiões como Brasil, Canadá e Guiana Francesa, o que pode oferecer incertezas quando extrapoladas para uma visão global. Uma constatação do relatório é que hidroelétricas como Tucuruí e Itaipu embora emitam grandes massas de CH₄, essa quantidade ainda não é suficiente para oferecer risco aos benefícios climáticos de plantas hidroelétricas ao invés de uma equivalente termoelétrica, que em sua maioria utiliza combustível fóssil. Outro aspecto abordado por esses autores é que quando a razão entre potência instalada e área de abrangência do reservatório é menor do que 0,1 as emissões de metano e dióxido de carbono de hidroelétricas tornam-se superiores a termoelétricas equivalentes. As hidroelétricas ilustradas na tabela 7 apresentam índice entre 0,4 e 50,0.

2.8. EMISSÃO DA FROTA VEICULAR

Uma das fontes antropogênicas que mais contribui para o volume de poluentes na atmosfera são os veículos automotores. Em 2006 a frota mundial de autoveículos ultrapassou 950 milhões de unidades, um fator 4 em relação à frota existente na década de 1970 quando havia cerca de 239 milhões de unidades. No Brasil, somente entre 1997 e 2006 a frota veicular aumentou em 36%, alcançando, segundo estimativas, 24 milhões de autoveículos. (ANFAVEA, 2008; LORA, 2002)

Segundo Oltra & Jean (2009), a indústria de carros é caracterizada por forte e persistente domínio do motor a combustão interna. Essa indústria passou por longo processo de maturação, entretanto, segundo esses autores, não há clareza se tais mudanças serão suficientes, em uma visão de futuro, para atender as exigências de qualidade ambiental e padrões de emissão. Nas últimas décadas inovações como a tecnologia de injeção de combustível, melhorias internas à câmara de combustão (ignição e taxa ar-combustível), filtros para partículas, materiais para estruturas mais leves, decréscimo na fricção, têm auxiliado a redução do consumo de combustíveis, emissão de poluentes e ruídos, e, aumento da eficiência energética dos motores.

A frota de veículos leves, maior fonte emissora de gases poluentes no meio urbano, utiliza, de forma majoritária, motores do ciclo Otto. O Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (1990-1994) aponta que, para o ano de 1994, a razão entre emissões de CO e VOCs para frota leve em relação à frota pesada foram, respectivamente, 3,6 e 2,7. As emissões de NOx do ciclo diesel (utilizado na frota pesada) são 6,9 vezes maiores que as da frota leve, e, em cidades como São Paulo e Rio de Janeiro têm importante participação. No Rio de Janeiro, a avenida Brasil contribui de maneira individual com 33% das emissões de NOx, o que é atribuído à intensa presença das frotas de caminhões

e ônibus. (MCT2, 2006; LOUREIRO, 2005; FEEMA, 2006; MONTEIRO, 1998)

O funcionamento do primeiro motor de ciclo Otto ocorreu em 1876, ele foi criado por Nikolaus Otto. O motor funciona em quatro tempos, admissão, compressão, expansão e exaustão. Na admissão, uma mistura ar-combustível é admitida no interior na câmara de combustão, um cilindro com pistão móvel. No tempo seguinte, a compressão, essa mistura é comprimida e posteriormente, com a ignição, desencadeia-se a explosão da mistura, ou o processo reativo de combustão. A Energia é extraída do movimento mecânico do pistão devido à expansão dos gases formados, durante o processo de expansão, que por fim, na exaustão são expelidos para fora do cilindro. A figura 27 ilustra as fases de operação do motor de ciclo Otto. (SOUZA, 2004; LORA, 2002; WARK, 1998; GODISH, 1991)

Segundo Lora (2002), motores de combustão interna produzem mais poluentes por unidade de combustível consumido do que instalações energéticas estacionárias. Fatores que podem determinar o tipo e a quantidade de gases poluentes da exaustão de motores são: relação ar/combustível; sincronização da faísca; geometria da câmara de combustão; velocidade do motor e tipo de combustível. Dessa maneira, reduções nas emissões de CO, NOx e VOCs implicam em possíveis modificações na operação (relação ar/combustível e sincronização da ignição); projeto de motor; tratamento dos gases de exaustão e reformulação da composição do combustível utilizado.

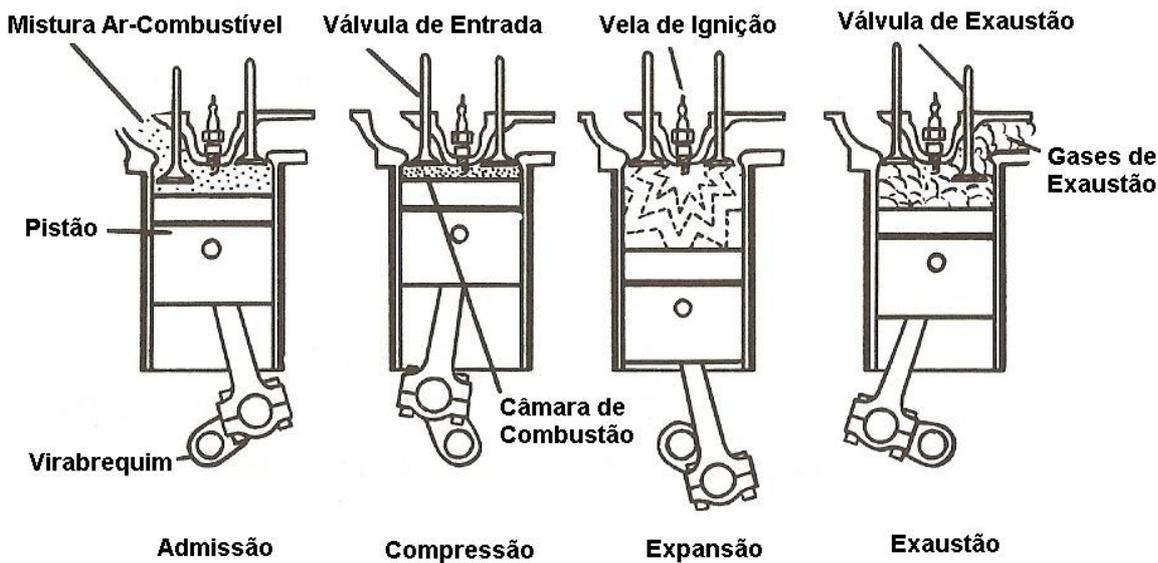


Figura 27: Esquema do Motor de Combustão de Interna por centelha – Ciclo Otto. (GODISH, 1991)

Pesquisas como as de Perry & Gee (1995) e Joumard & André (1990) buscaram elucidar questões como a influência da composição dos combustíveis e a partida a frio nas emissões de motores a combustão interna. Na França, uma amostragem de veículos selecionados, aleatoriamente, indicou que 27% das viagens eram realizadas com o motor frio, isto é, sem atingir a temperatura ideal para operação. Em 3340 viagens registradas, a distância média percorrida foi de 7 km, e, embora apenas 16 % das viagens estavam acima de 10 km, elas representavam 60% da distância total percorrida. Variações nas emissões de gases poluentes configuraram-se como consequência direta dessas verificações experimentais.

Em testes de laboratório, com um programa específico de rodagem e carga, foram testadas as emissões. Verificou-se que o CO e HC são mais sensíveis à partida fria, e, que a temperatura ambiente é um fator determinante na relação emissão fria/emissão quente. Em temperaturas de -10°C a razão emissão fria/emissão quente chega a 8,1 e 3,2 para o CO e HC, respectivamente. Enquanto em 30°C as mesmas razões são 1,9 e 1,5. A tabela 8 ilustra emissões para uma temperatura ambiente de 16°C .

Tabela 8: Valores médios da razão emissão fria / emissão quente em veículos de passeio a gasolina e diesel sob temperatura de 16°C. (JOURMARD & ANDRE, 1990).

Combustível	CO	VOCs	NOX	PM	Consumo Combustível
Gasolina	2,30	2,53	1,05	-	1,47
Diesel	1,43	1,44	1,09	1,46	1,21

A composição dos combustíveis é um outro aspecto a ser caracterizado na emissão veicular. A gasolina, um dos combustíveis mais utilizados na frota leve brasileira, é responsável por parte significativa das emissões de VOCs nas cidades. Sua composição é na maioria compostos saturados C₄-C₉ e uma parcela variável de aromáticos e hidrocarbonetos insaturados. Uma composição típica é 60% de alcanos, 30% de aromáticos e 10% de alquenos. Os gases de exaustão apresentam relação com a composição do combustível na medida que parte dos hidrocarbonetos na câmara de combustão são não-queimados, outra parcela é formada durante o processo reativo da combustão. (WARNECK, 1988; WARK, 1998, GODISH, 1991)

Durante o processo de combustão a fragmentação dos compostos hidrocarbonetos ocasiona a formação de produtos mais leves tal como o metano, etano, etileno e acetileno. O benzeno, um importante aromático com potencial carcinogênico, também é formado durante o processo de combustão uma vez que os níveis observados na exaustão são levemente superiores à presente na composição do combustível.

Perry & Gee (1995) estudaram a relação entre os hidrocarbonetos presentes na composição da gasolina e aqueles detectados nos gases de exaustão dos veículos automotores. Foram selecionadas 6 diferentes composições de gasolina (“A” a “F”), e efetuados testes analíticos. A participação dos compostos aromáticos na composição dos combustíveis variou entre 20 e 57%; sendo que, de maneira específica, o benzeno variou entre 1,5 e 4,9%. Nos gases de exaustão a presença do benzeno oscilou entre 4,6 e 7% indicando a produção do

mesmo devido ao processo de combustão. A tabela 9 ilustra esses resultados e dos demais compostos detectados nos testes. Para gasolinas com composição entre de 20 a 60% de aromáticos presentes à taxa de emissão, em mg/km, resultou em: Tolueno, 100 a 450; p,m-Xileno, 50 a 300; Benzeno, 70 a 110.

Nelson et. al.,2008, estudaram a presença de hidrocarbonetos na composição do diesel para uso em 12 diferentes veículos, ano-modelo 1986-96, com pesos variando entre 1480 e 14.120 kg. Utilizaram métodos cromatográficos para análise de amostras. Os resultados são compatíveis com dados de pesquisas anteriores sobre o assunto. A taxa de emissão média, em mg/km, para diferentes VOCs foram: Benzeno, 6,1; Tolueno, 3,4; m,p-Xileno, 3,2; 1,3-Butadieno, 1,0; Formaldeído, 29,8; Acetaldeído, 13,2.

Tabela 9: Distribuição percentual da composição do combustível e dos gases de exaustão de 6 diferentes tipos de gasolina. (PERRY & GEE,1995).

Composição	%	Aromáticos	Olefinas	Saturados	MTBE	Benzeno
	A	57	1	42	0	2,4
	B	20	9	56	15	1,6
	C	45	0,5	54	0	4,9
	E	35	15	50	0	3,8
	E	27	33	33	7	1,5
	F	20	23	58	0	1,5
Exaustão	%	Tolueno	Xileno	Etilbenzeno	1,3-Butadieno	Benzeno
	A	29,5	24,2	5,6	0,7	6,9
	B	8,3	7,5	2,1	1,5	4,6
	C	16,4	14,7	4	0,9	7
	E	11,9	11,6	3,1	1,2	6,1
	E	8,3	8,2	2,3	1,8	4,8
	F	7,9	6,6	1,8	1,4	4,7

A coordenação entre novas tecnologias de controle de exaustão e qualidade dos combustíveis e normas de padrão de qualidade do ar tem auxiliado a atenuação das taxas de

emissão por quilometro rodado dos autoveículos. Nos EUA, em 1956, um carro novo chegava a emitir 8,1 g/km de hidrocarbonetos, 2,3 g/km de óxidos de nitrogênio e 54,4 g/km de monóxido de carbono. Quatro décadas mais tarde, em 1996, após intenso período de pesquisas, criação de agências de regulação e fiscalização da qualidade do ar, e, principalmente, aprimoramentos na engenharia dos dispositivos de controle de emissão, as taxas de emissão desses mesmos gases poluentes eram de 0,16 g/km de hidrocarbonetos, 0,25 g/km de óxidos de nitrogênio e 2,13 g/km de monóxido de carbono. (LORA, 2002; WARK, 1998; GODISH, 1991)

No Brasil, a criação do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), 1986, abriu caminho para o estabelecimento gradativo de menores emissões de CO, NO_x, VOCs, da exaustão de gases poluentes de veículos automotores. A figura 28 ilustra o comportamento dos fatores de emissão ao longo dos anos no Brasil. O item 2.11 tratará da legislação brasileira para a qualidade do ar.

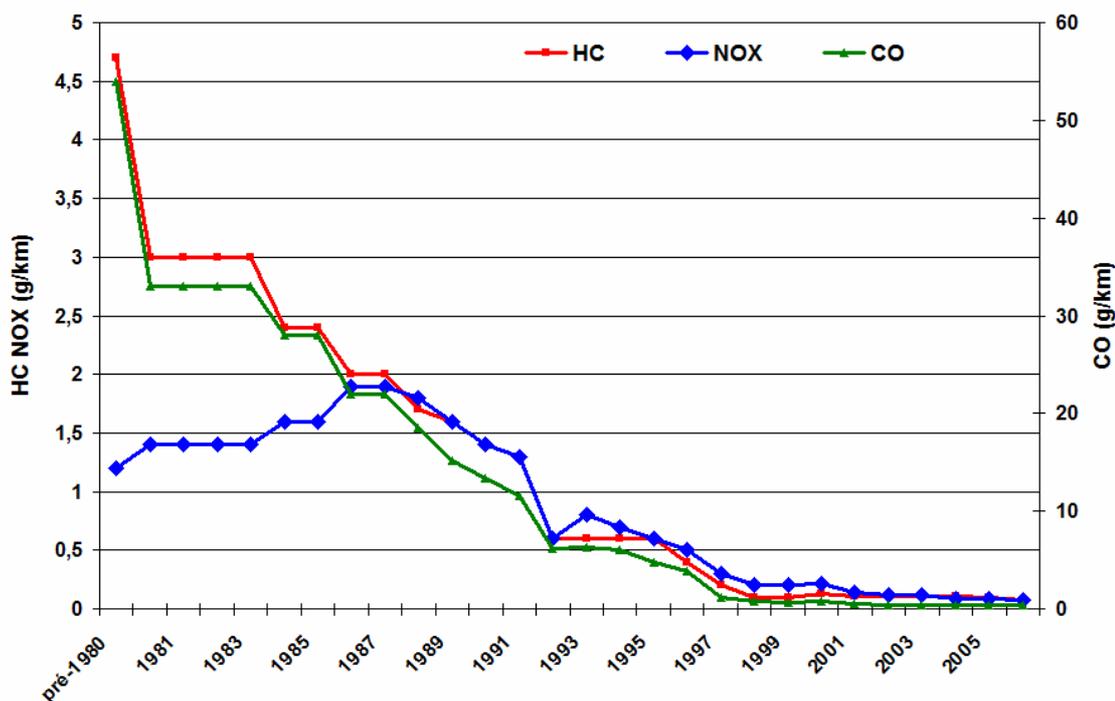


Figura 28: Comportamento dos Fatores de Emissão de Poluentes da Frota Veicular Leve. (elaborado a partir de dados do PROCONVE/IBAMA)

A redução dos fatores de emissão pós-PROCONVE, para a frota veicular leve nacional alcançaram 98% para o monóxido de carbono, 95% para os hidrocarbonetos e 96% para os óxidos de nitrogênio. Entretanto, tais variações não se verificam nas concentrações, dos mesmos poluentes, nas grandes regiões metropolitanas brasileiras. (IBAMA, 2008)

O crescimento populacional, de regiões urbanas do país, exigiu um redimensionamento das características de vias e acessos urbanos e rodoviários. Por conseguinte, o tempo despendido e a distancia diária média percorrida, adicionados ao crescente número de veículos da frota compensou os ganhos na redução dos fatores de emissão para alguns poluentes, principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil. (MAYER, 1999; WARK, 1998; MAGE et. al.,1996)

Segundo dados da Prefeitura Municipal de São Paulo, entre os anos de 1980 e 2000 a população paulistana cresceu cerca de 23%. A frota veicular entre os anos de 1985 e 2000 sofreu acréscimo de 102%, um índice próximo às reduções percentuais ocorridas com os fatores de emissão no país. Por outro lado, a resposta na concentração dos poluentes às mudanças foi lenta. Durante a década de 1980 e parte de 1990 as taxas de violação dos padrões de qualidade do ar de monóxido de carbono não apresentaram curva definida de tendência. A figura 29 ilustra esse fato. (SEMPLA-SP,2008; DETRAN-SP,2008; IBAMA, 2008; CETESB, 1996)

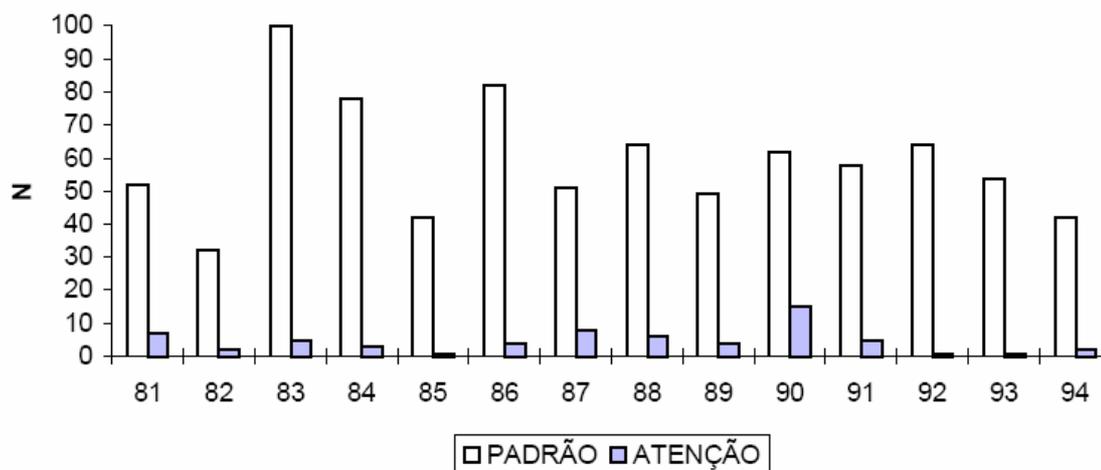


Figura 29: Número (N) de violações dos níveis “padrão” e “atenção” da qualidade do ar na RMSP . (CETESB, 1996)

Entre os anos de 1997 e 2001 o número de violações do nível “padrão” e “atenção” de monóxido de carbono na RMSP foram, respectivamente, 131 e 7 eventos. A média do período indica redução no número de violações em relação ao período entre 1981 e 1994. Após 2002 as concentrações de monóxido de carbono registradas em diversas estações de monitoramento da RMSP demonstraram tendência à estabilização (Figuras 10 e 11, pág.57 e 58). (CETESB, 2001, 2002, 2006)

2.9. EMISSÃO EM INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA

Na década de 1950 instalou-se na baixada santista o pólo industrial de Cubatão, com 30 grandes empresas de vários setores. A região chegou a ser considerada a mais poluída do mundo e designada “Vale da Morte”, e, em 1985 ocorreu o maior acidente industrial do Brasil, o rompimento e incêndio do duto de gasolina da Petrobrás que vitimou, oficialmente, 99 residentes. (LORA, 2002)

Cubatão é um caso muito peculiar de região urbana em que as emissões industriais, dado as dimensões e características das atividades desenvolvidas localmente, superam as emissões da frota veicular. Em grandes regiões metropolitanas como as cidades de São Paulo e Rio de Janeiro as emissões industriais, para a maior parte dos poluentes monitorados, são menores ou, no máximo equivalentes, às de fontes móveis.

Algumas atividades industriais podem ter contribuições individuais grandes, principalmente em localidades como Cubatão, onde a frota veicular total é reduzida. Atualmente, cerca de 27 mil unidades cadastradas. As cidades paulistas de Sorocaba e São José dos Campos apresentam contingentes populacionais e frota veicular semelhantes. Suas populações, em 2006, eram de cerca de meio milhão de habitantes, enquanto a frota veicular com valores superiores a 200 mil unidades. As emissões industriais, em ambas localidades, são a fonte minoritária. (IBGE, 2008; CETESB, 2006; DENATRAN, 2006)

Em Sorocaba foram incluídas emissões de cidades co-urbanas. Entre as 21 indústrias inventariadas em 2006, apenas duas indústrias são responsáveis, em média, por mais de 95% das emissões de CO, HC e NO_x do setor industrial. Em São José dos Campos, o fato se repete. Uma única indústria emite cerca de 99% do CO; 78% do HC e 95% do NO_x.

Em relatórios anuais publicados pela FEEMA, 2006, e CETESB, 2006, referentes a

regiões de grande concentração populacional, industrial e veicular, as emissões do setor produtivo variam em relação ao tipo de poluente e conglomerado industrial presente na localidade. Dados reunidos desses relatórios estão ilustrados na figura 30 e tabela 10. A figura 30 reúne as emissões totais estimadas de CO, HC, NO_x, e a tabela 10 os percentuais dessas emissões em relação à fonte móvel.

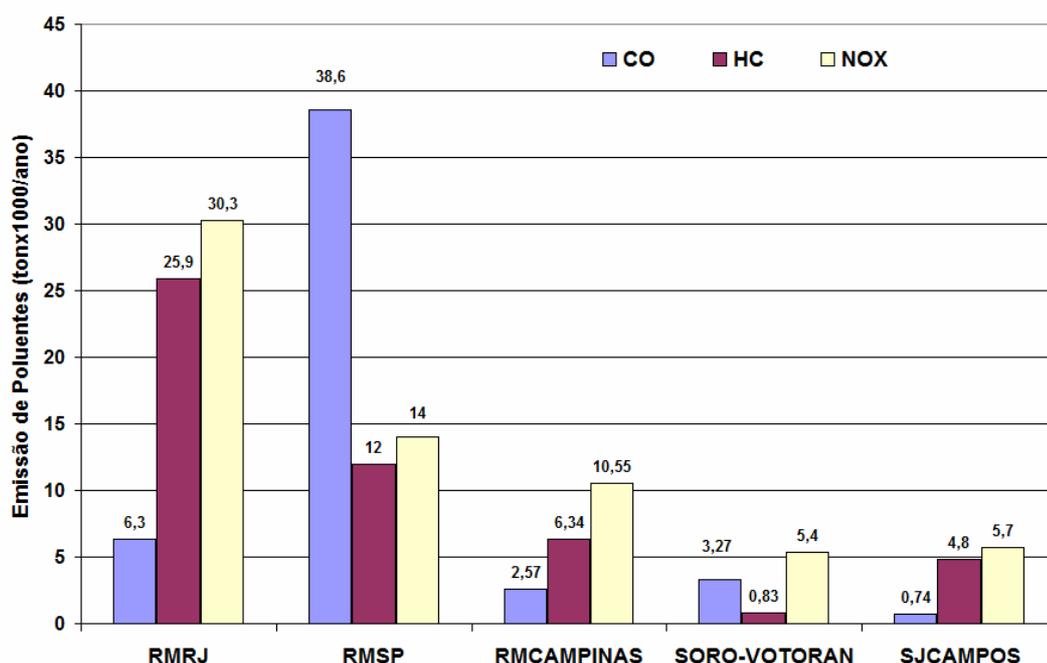


Figura 30: Emissão Total de CO, NO_x e HC em regiões urbanas brasileiras. (CETESB, 2006; FEEMA, 2006)

As emissões de monóxido de carbono são majoritariamente emitidas pelas fontes móveis. A participação global de fontes fixas é, comparativamente, reduzida, 2,0% na RMRJ e 2,5% na RMSP. Entretanto, as emissões de HC e NO_x são distintas. E, podem estar associadas a fatores como dispersão de poluentes (brisa marítima no caso da RMRJ); organização e desenho da distribuição das vias de rodagem da região urbana, dimensão da frota veicular (RMRJ, 2,7 milhões; RMSP, 7,8 milhões), diferenças no tipo e intensidade na atividade industrial predominante, além da possibilidade de desatualização dos dados coletados sobre os setores produtivos cadastrados nos inventários. A tabela 10 ilustra os

comentários acima.

Tabela 10: Participação Percentual do Setor Industrial (Fontes Fixas) em Relação às Moveis. (CETESB, 2006; FEEMA, 2006)

Regiões Urbanas	CO (%)	HC (%)	NO_x(%)
Região Metropolitana do Rio de Janeiro	2,0	32,7	33,5
Região Metropolitana de São Paulo	2,5	6,2	4,1
Região Metropolitana de Campinas	0,9	15,0	14,5
Sorocaba e Votorantin	1,6	46,8	38,9
São José dos Campos	5,8	11,1	33,5

Dois setores industriais serão destacados no presente texto, a indústria de cerâmica vermelha e geração termoelétrica, ambos estão entre as fontes majoritárias que compõem o escopo do inventário e investigação das emissões de fontes estacionárias em Três Lagoas-MS.

Com relação à indústria de cerâmica vermelha, diversos autores têm abordado, sob diferentes aspectos, esse setor, também designado por cerâmica estrutural. Algumas referências consultadas apontam características comuns (evidentemente há exceções) ao setor, como predomínio de empresas de pequeno porte com difícil acesso a novas tecnologias, participação significativa de empresas de gerenciamento familiar, baixa produtividade, desperdícios, e, mercado restrito às vizinhanças da localidade de produção. (CARVALHO, 2006; PEREIRA, 2004; FREITAS, 2003; TOMAZETTI, 2003; PASCHOAL, 2003; DRUSZCZ, 2002; MAFRA, 1999).

Bustamante & Bressiani (2000) apontam que o setor cerâmico, de maneira geral, responde por 1% do PIB nacional, e estimam a existência de 11.000 unidades industriais. O segmento de cerâmica vermelha, em 2000, representou 39,7% do valor anual total da produção. Segundo a Associação Nacional da Indústria Cerâmica (ANICER), 2008, o setor de Cerâmicas e Olarias no Brasil, oficialmente, possui cerca de 5.500 empresas, sendo

responsável por 1,65 milhões de empregos diretos e indiretos, e com faturamento anual médio de 6 bilhões de reais.

Em geral, no Brasil, o combustível utilizado na produção de cerâmica vermelha é a lenha. Entretanto, dependendo da região do país há o uso de outras matrizes energéticas como carvão mineral, óleo diesel, gás natural, entre outros derivados da biomassa. Segundo Mafra (1999), no Estado de Santa Catarina o uso de lenha, serragem e rejeitos de madeira no segmento de cerâmica vermelha compreendem 92,5% na região norte, 100% na região oeste, e 76,6% no sul onde são utilizados também o óleo e o carvão mineral.

Segundo Neri (2003), mais de 90% das empresas do setor de cerâmica vermelha utilizam lenha como combustível, e, esse fato, em algumas regiões do Brasil, associado à falta de informação, de aprimoramento das técnicas de produção (que podem ter um atraso até de 50 anos), de treinamento adequado da mão de obra, pode influenciar os preços de mercado da lenha para baixo, variando até por um fator 3 entre diferentes regiões, e por fim, incentivando a rápida devastação da cobertura vegetal de uma região específica.

Freitas (2003) vislumbrando a inserção do gás natural como combustível na queima de cerâmica vermelha, no Estado do Rio Grande do Norte, elaborou ensaios comparativos entre lenha e GLP. Os resultados indicam relevante ganho de qualidade das peças produzidas e redução nos desperdícios com peças defeituosas. Os percentuais médios, aproximados, de peças de 1ª qualidade obtidas com lenha e GLP foram, respectivamente, 50% e 80%. Para os desperdícios com peças defeituosas esses percentuais foram, 6% para o uso de lenha e menores que 1% para o GLP.

Gondim e Tavares (2006) realizaram estudos semelhantes, comparando o uso de lenha e gás natural. Amostras de tijolos queimados em forno do tipo Hoffmann à lenha, e, outro lote

queimado em forno tipo Túnel à gás natural, foram ensaiados em laboratórios. Os resultados indicam que ambos combustíveis atendem as normas quanto à qualidade visual (trincas, fissuras, uniformidade da cor, deformações) e também a exigências geométricas, resistência do material, absorção de água, com pequenas diferenças entre ambos. Entretanto, os autores concluem que há vantagens econômicas e ambientais no uso do gás natural no setor de cerâmica vermelha.

Alguns autores associam o uso não planejado e intensivo da lenha, como combustível, em algumas regiões do nordeste brasileiro, ao processo de desertificação. E, embora desde a década de 1980 órgãos governamentais, como o IBAMA, mantenham iniciativas para remediar esse cenário, o uso de outros combustíveis ainda é incipiente. A vegetação de caatinga no Estado do Rio Grande do Norte, por exemplo, corre o risco, em algumas regiões, de desaparecer em poucos anos. (NASCIMENTO, 2007; ALMEIDA et. al.,2007; SILVA, 2007)

O processo de queima dos artefatos cerâmicos é responsável por praticamente a totalidade das emissões de gases poluentes do setor produtivo de cerâmica vermelha. Durante a queima as propriedades desejadas para o produto final são alcançadas mediante reações químicas, que ocorrem em função da ativação pelo calor produzido, principalmente, pela combustão de lenha. Como os métodos de controle da combustão são rudimentares, a transferência de calor nem sempre é uniforme, provocando perdas por queima de peças, trincas e fissuras, além de tornar, parte da produção, produtos de 2ª qualidade. (DRUSZCZ, 2002; NERI, 2003; PEREIRA, 2004; LOPES, 2005; ALMEIDA et. al., 2007)

O tipo de forno utilizado na indústria de cerâmica vermelha tem papel relevante na qualidade e valor do produto final. Aspectos como a distribuição e aproveitamento de calor na câmara da carga; tempo necessário nas etapas de aquecimento, queima e resfriamento; uso em

regime contínuo ou intermitente. Os tipos mais comuns de fornos são: Abóbada, Paulistinha, Hoffmann e Túnel. Entre eles o tipo abóbada é um dos mais frequentemente utilizados, principalmente, em pequenos empreendimentos, com produção média diária entre 20 e 30 milheiros, exigindo poucos recursos de operação, facilidade no uso de diferentes combustíveis e com relativa economia, porém pode oferecer queda na qualidade e produtividade das peças, ausência de sistemas de controle da queima que podem incorrer na variação da velocidade de queima e consumo de combustível. (TAPIA et. al.,2005).

As figuras 31 e 32 ilustram, em corte transversal, o forno do tipo abóbada muito usado nas indústrias cerâmicas de Três Lagoas. Esse forno é classificado como intermitente ou descontínuo, sua temperatura média ao final do processo de queima alcança 950 °C. O tempo de operação do ciclo completo (aquecimento, queima e resfriamento) varia, dependendo da eficiência, do tipo e da quantidade de peças a serem queimadas, do projeto de forno, entre outros fatores. Segundo Tapia et.al (2005), para uma produção média de 20.000 peças o tempo de aquecimento oscila entre 15 e 20 horas, a queima de 24 a 30 horas e o resfriamento entre 15 e 20 horas.

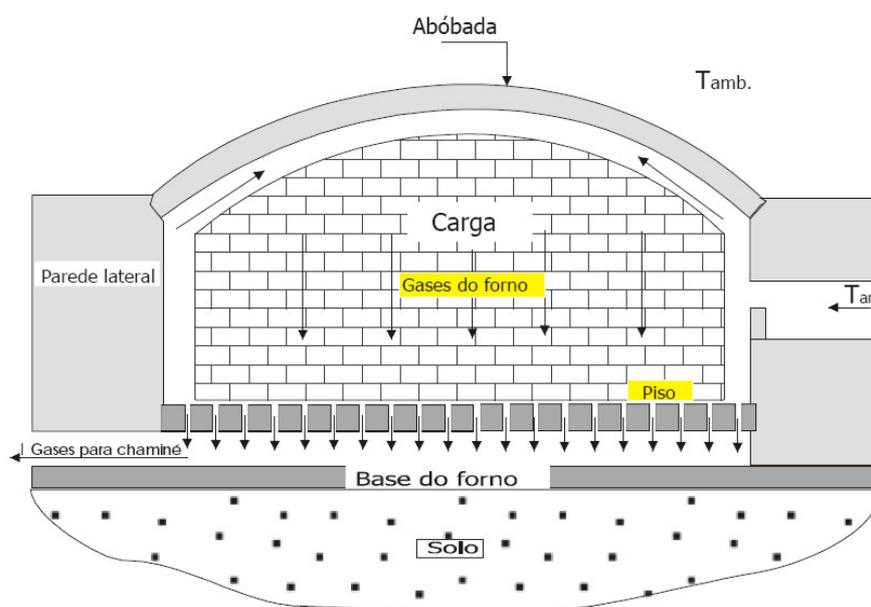


Figura 31: Corte transversal de um forno tipo abóbada. (NICOLAU et. al.,2002)

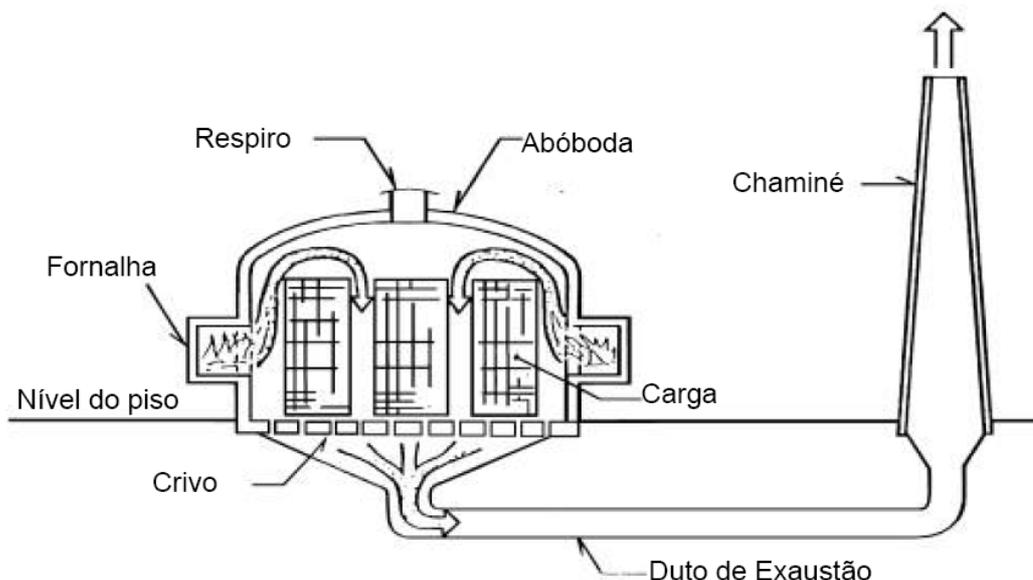


Figura 32: Corte transversal de um forno tipo abóbada com sistema de exaustão lateral.(LOPES, 2005)

Conforme as ilustrações 31 e 32, a queima do combustível na fornalha libera energia na forma de calor, que é transportado pelos gases de combustão que, por conseguinte, são conduzidos até o teto do forno (abóbada), e então, atravessam a carga, trocando calor necessário para as reações químicas internas à massa de argila, e, ao final alcançando o crivo (piso com orifícios) para serem entregues à atmosfera pela chaminé, em temperaturas menores.

Almeida et. al. (2007) realizaram monitoramento de emissões de poluentes em duas indústrias cerâmicas no Estado da Paraíba, com o intuito de, mediante os resultados, tornar mais eficiente o processo de queima, contribuindo para, a redução dos custos de produção; do consumo de lenha; das emissões de poluentes e aumentar a produtividade. Em ambas Cerâmicas os fornos utilizados são do tipo Hoffmann. O consumo de lenha é semelhante, cerca de 11.000 m³/ano, sendo que a Cerâmica designada “1”, localizada em Belém, na região do agreste paraibano, é responsável por 9.720 milheiros/ano com um forno; enquanto a Cerâmica “2”, em Rio Tinto, na zona da mata, produz 19.200 milheiros/ano com três fornos.

Na Cerâmica “1” os níveis médios da concentração de CO₂ permaneceram em 2,2% com temperaturas na saída, na maior parte do tempo, entre 80 e 90°C. A concentração média de dióxido de carbono nos fornos 1 e 2 da Cerâmica “2” foram a mesma, 2%, e o forno 3 um pouco menor, 1,5%. As temperaturas médias de exaustão nesses últimos três fornos se mantiveram, respectivamente, em, 120°C, 56°C e 100°C. Almeida et. al. (2007) conclui que os baixos valores de dióxido de carbono se devem ao grande excesso de ar em que operam tais fornos, entre 60 e 120%. Para a queima de lenha em fornos como os do tipo abóbada uma concentração acima de 10% de CO₂ , e, um excesso de ar entre 60 e 100%, indica boa combustão segundo Tapia et al. (2005).

A tabela 11 ilustra as concentrações de monóxido de carbono nos fornos das Cerâmicas citados anteriormente. As emissões elevadas de monóxido de carbono são um indicador de perdas, isto é, de queima incompleta, o que provavelmente implica, embora não mencionado no artigo, no aumento de emissões de hidrocarbonetos não queimados.

Tabela 11: Emissão de CO de fornos de Cerâmicas do Estado da Paraíba.(Almeida et. al. 2007)

Cerâmica 1	Concentração de CO (ppmv)
Forno 1	500-3500
Cerâmica 2	Concentração de CO (ppmv)
Forno 1	500-2500
Forno 2	1000-1200
Forno 3	680-780

As significativas variações na concentração de monóxido de carbono em Almeida et. al. encontram suporte na literatura que orienta a AP42 adotado pela EPA. Em Hubbard (1991) ensaios de queima de lenha corroboram os dados da tabela 11, quando as concentrações de CO oscilam em até três ordens de grandeza. As figuras 33 e 34 ilustram séries temporais da concentração de oxigênio e monóxido de carbono corrigido para 7% de O₂ realizada em forno convencional com queima de madeira com umidade de cerca de 35%.

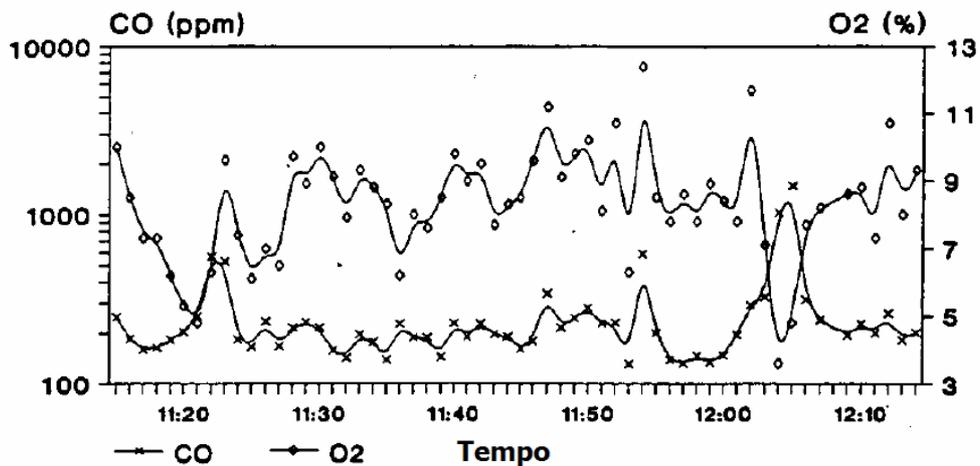


Figura 33: Comportamento temporal do CO em forno à lenha. (HUBBARD, 1991)

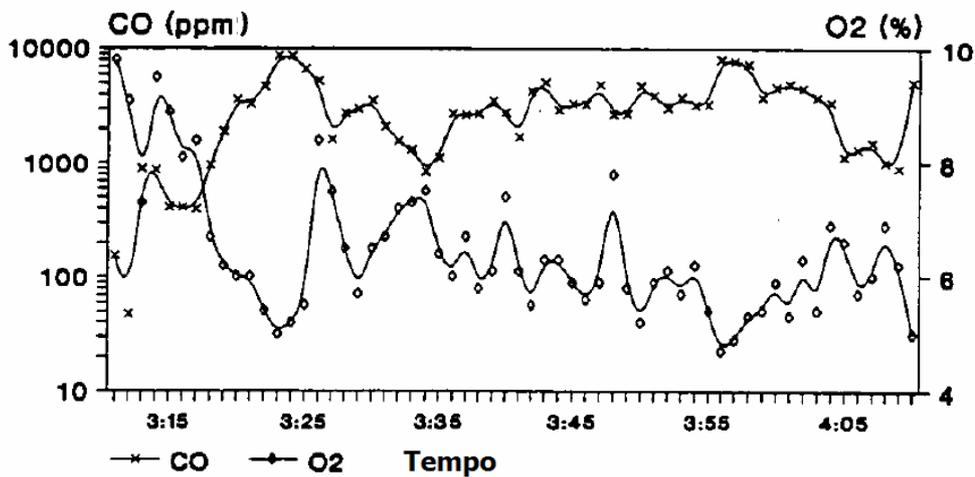


Figura 34: Comportamento temporal do CO em forno à lenha. (HUBBARD, 1991)

Comparando ambas as figuras, as leituras de redução da concentração de oxigênio evidenciam a elevação nas taxas de monóxido de carbono, figura 34, e, embora não haja dados da concentração de dióxido de carbono nesse experimento, sabe-se que esse gás mantém estreita relação de complementaridade com a concentração de oxigênio, o que, dado os baixos níveis de CO, figura 33, e oxigênio na faixa de 9-10 %, as taxas de dióxido de carbono devem estar próximas a 10% indicando queima satisfatória. O estudo também relata as variações na concentração de hidrocarbonetos não-queimados em relação aos níveis de oxigênio e temperatura. A taxas de 5-6% de oxigênio nos gases de exaustão (forno à cerca de 1350 °C),

as concentrações de HC alcançaram níveis próximos a 100 ppmC, ao passo que a 9-12% de oxigênio a concentração de hidrocarbonetos é praticamente nula. (HUBBARD, 1991).

Pagliuso (2005, 2006) em ensaios com 8 diferentes fornos industriais, em regime de operação de rotina, verificou significativas oscilações nas emissões médias de NOx e material particulado com queima de lenha em Mato Grosso do Sul. Embora as concentrações médias fiquem abaixo do que estabelece as normas vigentes, sua variação forno-a-forno pode atingir um fator 9,5 para material particulado e 8,5 para NOx. Tais oscilações podem estar relacionadas a variações no regime de operação, tipo e idade do forno, temperatura da combustão e excesso de ar.

Pereira et. al. (2003) realizou amostragem nos dutos de chaminé em duas indústrias de cerâmica vermelha em Santa Catarina que utilizaram serragem de madeira como combustível. Efluentes gasosos como o NOx, CO₂, CO e O₂ além de material particulado foram investigados em dois diferentes fornos, um tipo garrafão (convencional) e outro túnel. O forno túnel com melhor tecnologia, controle de temperatura e queima, apresentou menores emissões de NOx por unidade de produção, a cada 32,18 peças 0,011 kgNOx, o que representa metade do valor obtido com forno convencional. A concentração média de NOx na saída de chaminé em ambos os fornos são próximas, sendo 12,5 ppmv para o forno garrafão e 16 ppmv para o forno túnel. Os resultados obtidos para o monóxido e dióxido de carbono são semelhantes àqueles encontrados por outros pesquisadores, isto é, as concentrações médias de CO, CO₂, O₂ para o forno convencional foram, respectivamente, 668,5 ppmv, 3,30% e 16,4%.

2.10. EMISSÃO EM CENTRAIS TERMOELÉTRICAS

No Brasil a geração de energia elétrica é dominada pelo segmento hidroelétrico. Segundo relatório da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em 2006, a geração hidroelétrica respondia por quase 75% de toda a capacidade de produção nacional instalada. A falta de investimentos na expansão e aprimoramento do setor hidroelétrico incorreu em desequilíbrio entre oferta e demanda e, culminou, durante o ano de 2001, quando os níveis dos reservatórios estavam abaixo da média histórica, no racionamento do uso de eletricidade. Dessa maneira, foi fortalecido o discurso expansionista do setor termoeletrico resultando na instalação de diversas plantas de geração de energia em vários estados do país. (ANEEL, 2006; ESPOSITO, 2004; MEDEIROS, 2003)

Em 2001 o Plano Prioritário de Termoeletricidade, elaborado pelo governo brasileiro, previa a instalação de 49 novas termoeletricas no país como forma de atender o desequilíbrio ocorrido no mercado de energia. Essa medida previa o uso do gás natural, principalmente, boliviano, como insumo para a geração de eletricidade. A Usina Termoeletrica William Arjona, localizada em Mato Grosso do Sul, foi a primeira dentro desse plano a utilizar o gás natural. Posteriormente, também em MS, entrou em atividade a Termoeletrica de Três Lagoas de propriedade da Petrobrás S.A..

Termoeletricas podem operar em ciclo simples ou ciclo combinado. O ciclo simples consiste no aproveitamento da energia produzida durante a combustão da mistura de ar sob pressão e o combustível escolhido. A expansão dos gases de combustão pelas pás permite o deslocamento do eixo e a posterior entrega dos gases de exaustão, em temperaturas menores, no meio ambiente. Dependendo do projeto, turbinas a gás em ciclo simples apresentam eficiência de até 35%, e, as Usinas térmicas que as utilizam, em geral, entram no sistema interligado nacional nos momentos de pico de carga.

O ciclo combinado aproveita as temperaturas elevadas (em relação à temperatura ambiente) dos gases de exaustão do ciclo simples para gerar energia a partir de uma turbina a vapor. Desta forma a eficiência do conjunto pode chegar a 56%. Uma outra opção para esse tipo de empreendimento é a co-geração, modalidade em que o vapor produzido pode ser direcionado ao processo produtivo de uma outra indústria associada à primeira, alcançando até cerca de 80% de eficiência. As figuras 35 e 36 ilustram, respectivamente, o esquema do ciclo simples e combinado. (TURDERA et. al., 2006; GENERAL ELECTRIC, 2008).

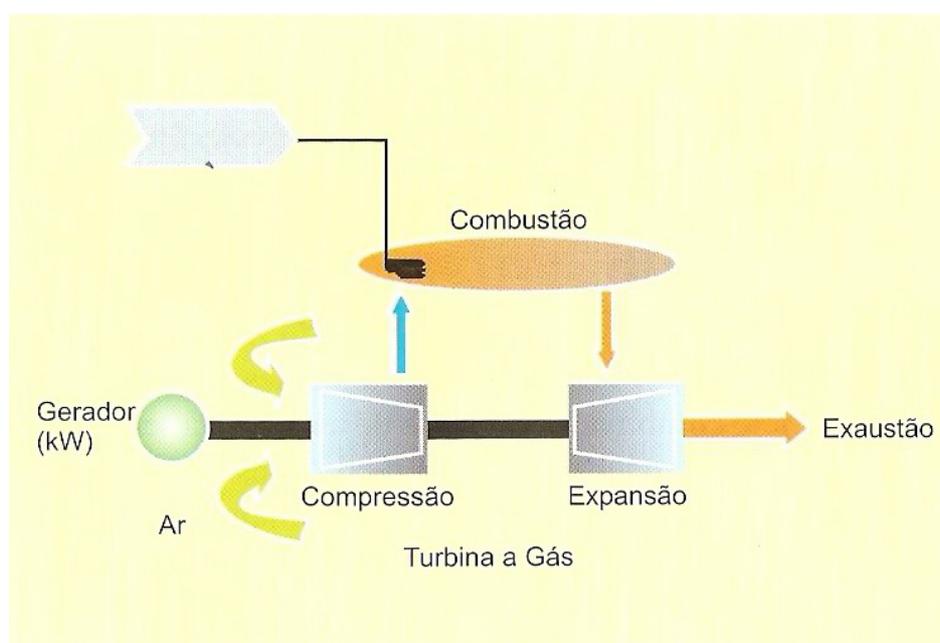


Figura 35: Esquema de funcionamento de Termoelétrica a Ciclo Simples (TURDERA et. al.,2006)

Segundo Turdera et. al. (2006) a eficiência na conversão de energia em novas centrais termoelétricas à gás natural, principalmente ciclo combinado e o uso de co-geração, tem tornado atrativo o uso desse insumo na indústria de geração de energia. Entretanto, Rosswall (1991) aponta que ganhos no custo/benefício são mais evidentes em empreendimentos de médio e grande porte.

Em Bluestein (2001) apud Turdera (2006) o custo de investimento em uma central termoelétrica à gás natural por unidade de potência é intermediário entre o ciclo a vapor

alimentado à carvão (1000-2300 US\$/kw) e motor de combustão interna à diesel (600-1000 US\$/kw); em termos de impactos ambientais o gás natural, comparado a outros combustíveis fósseis utilizados em termoelectricidade, apresenta menores emissões de poluentes gasosos como o SO_2 , NO_x , CO_2 por unidade de energia gerada, com fatores que variam de 1,5-2 no caso do CO_2 e até 4-20 nos casos do NO_x e SO_2 ; os rejeitos sólidos são praticamente nulos.

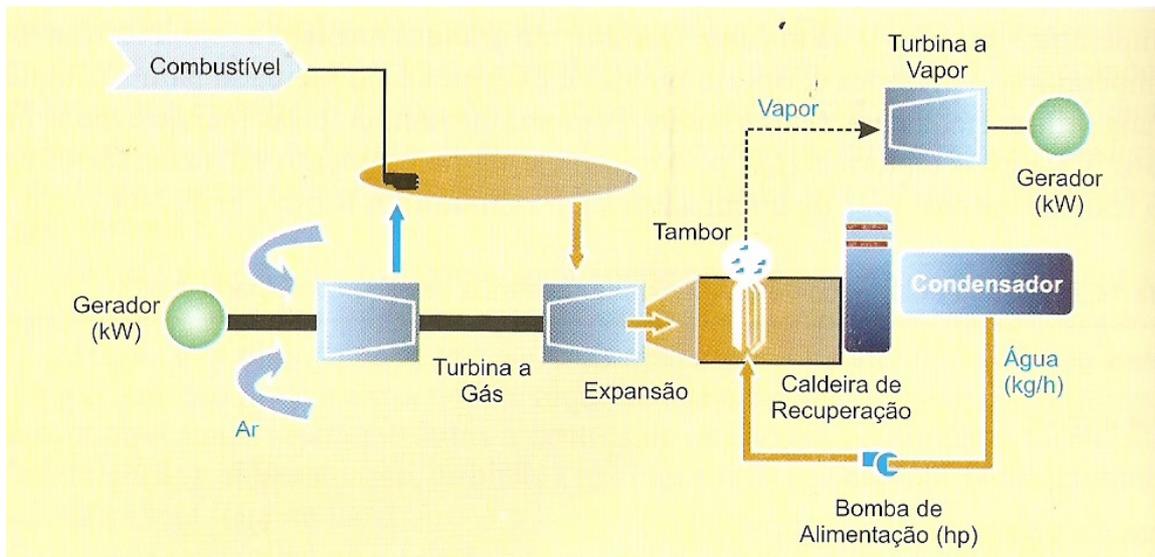


Figura 36: Esquema de funcionamento de Termoeletrica a Ciclo Combinado (TURDERA et. al., 2006).

Michelini (2005) investigou de maneira comparativa o uso de vários combustíveis (carvão mineral, biomassa, óleo combustível e gás natural) na geração de termoelectricidade em quatro diferentes usinas no Brasil. Entre essas usinas está a William Arjona, que utiliza gás natural como combustível. Entre os itens avaliados por esse autor para caracterizar o desempenho de cada planta está a emissão de poluentes na atmosfera.

Os gases de exaustão NO_x , SO_2 e MP foram selecionados como indicadores da performance do aproveitamento de energia em relação à produção de cada poluente oriundo do processo de combustão. Sob a ótica das emissões atmosféricas o estudo constata que o uso de gás natural é mais vantajoso em relação aos demais combustíveis analisados, dentro dos

limites das características dos empreendimentos selecionados. A tabela 12 ilustra a taxa de entrega de poluentes ao meio ambiente devido ao processo de queima por unidade de energia gerada.

Tabela 12: Emissões Atmosféricas – Geração Termoelétrica (adaptado de MICHELINI, 2005).

Poluentes (kg/MWh)	Combustíveis Utilizados			
	Gás Natural	Carvão Mineral	Biomassa	Óleo Combustível
Óxidos de Nitrogênio	4,35	5,00	0,12	3,23
Material Particulado	0,30	0,30	1,56	0,95
Óxidos de Enxofre	0,04	25,00	0,03	7,69

As emissões de material particulado, segundo dados de amostragem, tabela 12, indicam semelhança entre o gás natural e o carvão mineral. Entretanto, esse último possui controle eletrostático de emissão que filtra cerca de 98% do material particulado, enquanto a termoelétrica à gás não possui nenhum sistema de controle, mesmo porque a queima de gás natural gera quantidades negligenciáveis desse poluente.

No caso da emissão de dióxido de enxofre a biomassa (madeira) e o gás natural apresentaram melhores desempenhos, principalmente, porque em suas composições químicas a presença de enxofre é pobre, todavia, a usina à biomassa possui um lavador de gases no sistema de controle de emissões, superando a performance da primeira.

Quanto às emissões de NOx a biomassa apresenta resultado muito superior aos demais combustíveis. Segundo análise do autor, isso se deve às diferenças na origem dos demais combustíveis (fóssil e vegetal) associados a características da combustão, além do sistema de lavador de gases auxiliar, ainda que em menor escala, na redução das emissões de NOx na usina à biomassa.

Pulles & Heslinga (2004) investigaram a variabilidade da emissão de poluentes do ar

oriundas da queima de gás natural em plantas industriais na Holanda e, como esse fato influenciou os dados consolidados em um inventário nacional de emissões. Segundo esses autores a substituição do uso de combustíveis (com maiores teores de enxofre) evidenciou queda significativa nas emissões de compostos de enxofre, porém as reduções de NO_x e CO são menos óbvias.

A análise estatística de emissões da combustão de gás natural em queimadores de caldeiras de plantas industriais comparadas ao uso em turbinas à gás, entre 1990 e 1998, permite, no caso do NO_x , notar tendência na redução das emissões, o decréscimo na média dentro do período foi de 150 g/GJ para 105 g/GJ para turbinas à gás e, de 90 g/GJ para 55 g/GJ para queimadores em caldeiras.

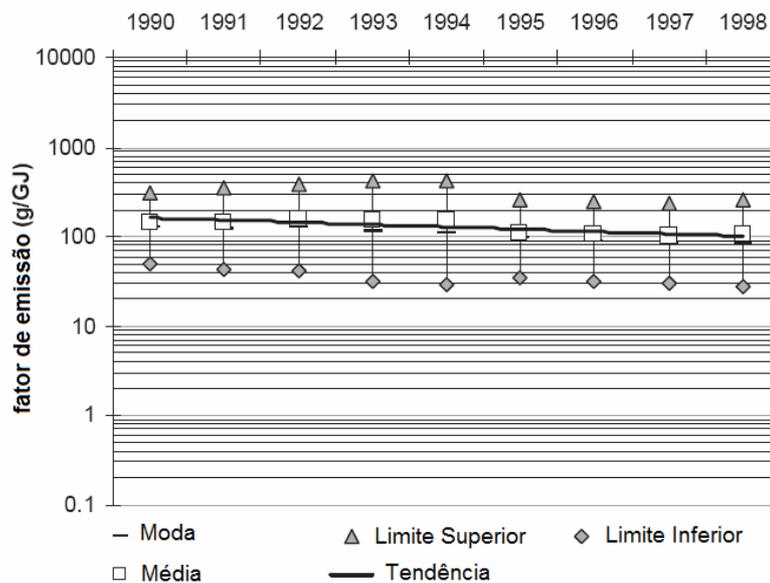


Figura 37: Variação do Fator de Emissão de NO_x em turbinas à gás natural na Holanda entre 1990-1998.

(PULES & HESLINGA, 2004)

A figura 37 ilustra a linha de tendência do fator de emissão dos queimadores em turbinas a gás. A taxa anual de decréscimo no fator de emissão de NO_x em queimadores de turbinas a gás é de 5,8 %, enquanto em caldeiras 4,9%.

No caso do CO essa tendência não é evidente. Enquanto a correlação estatística, no tempo, dos fatores de emissão para o NOx são de cerca de 0,75, o monóxido, para turbinas à gás, é de 0,43, indicando uma correlação não muito forte com o tempo. Em caldeiras, o monóxido apresenta tendência de queda com o tempo, tendo 2/3 das médias correlacionadas com o tempo.

Pules & Heslinga (2004) concluem que individualmente, as variações nos fatores de emissão de ambos tipos de queimadores, são consideráveis em relação aos anos e também ao tamanho da planta, oscilando entre uma ordem de grandeza para o NOx e mais de duas para o CO. Entretanto, quando considerado globalmente, inventário nacional, tais variações são minimizadas, o que segundo esses autores é um indicativo que essas variações são de caráter estocástico. Informações do banco de dados, completo, indicam incertezas de 2-3% nas emissões de NOx e de 7% para o CO.

As emissões de NOx sofrem variações em função da presença percentual de nitrogênio na composição do combustível. Rangel & Büchler (2005) investigaram o comportamento da combustão de gás natural com 1% e 10% de N₂ em sua composição utilizando para tanto experimentos em bancada e simulação computacional. Adicionalmente, os autores variaram a temperatura do ar de combustão em 300 k, 600 k e 1000k. Os resultados indicam que independente do percentual de N₂ o aumento na temperatura do ar de combustão intensifica a presença de NO de origem térmica. Entretanto, o aumento no percentual de nitrogênio no combustível insere no processo de combustão reações concorrentes, que modificam o consumo de oxigênio atômico e hidroxila, reduzindo a produção de NO de origem térmica, portanto reduzindo os níveis de NOx.

A tabela 13, a seguir, ilustra os resultados obtidos por Rangel & Blücher (2005).

Tabela 13: Dados de Simulação - Emissões Atmosféricas de Turbinas à Gás (RANGEL & BLÜCHER, 2005).

	1% N ₂			10% N ₂		
	300 K	600 K	1000 K	300 K	600 K	1000 K
Temperatura Máxima (K)	1858	1984	2058	1845	1990	2070
O ₂ (%)	1,7	2,0	2,0	3,0	3,2	3,2
CO ₂ (%)	9,0	8,9	8,9	8,4	8,3	8,3
CO (ppmv)	0	0	0	0	0	0
NO térmico (ppmv)	89	157	267	56	108	190
NO ativo (ppmv)	4	5	6	19	22	26

Os resultados experimentais, dessa pesquisa, confirmaram a avaliação da simulação. A concentração das emissões, em 300 K, para variação de 1% à 10% de N₂ na composição do combustível ocasionou redução de 21% na formação de NO_x. Entretanto, o calor transferido para as paredes da fornalha também sofre reduções, uma vez que a energia é consumida nas reações de recombinação dos novos compostos formados, exigindo uma quantidade maior de combustível para obter maiores quantidades de calor.

Segundo Lora & Teixeira (2002) as turbinas industriais à gás podem ser classificadas em dois tipos: turbinas aeroderivativas e *heavy duty*. As turbinas aeroderivativas são oriundas de projetos aeronáuticos modificados para atender as características de um empreendimento industrial. O aproveitamento de um projeto de turbina já existente o torna economicamente atrativo, tendo em vista o elevado investimento necessário para a elaboração de um projeto inteiramente novo. Essas turbinas são conhecidas por sua eficiência, alta confiabilidade, ocuparem pouco espaço; facilidades em manutenção; e, em geral, são encontradas em plataformas marítimas, bombeamentos de gás, potência de pico em centrais termoelétricas e propulsão naval.

As turbinas *heavy duty*, de maior interesse para o presente texto, são projetos conhecidos por sua robustez, flexibilidade no uso de combustível, alta confiabilidade e baixo

custo. Elas são turbinas às gás de ciclo simples de um eixo, um compressor (a maioria axial), câmara de combustão e uma turbina. A General Electric e a Asea Brown Boveri são dois dos mais significativos fabricantes desse tipo de turbina, um exemplo é a série de máquinas da GE, MS5001, MS6001, MS7001, MS9001, que fornecem potência entre 26 e 255,6 MW. Alguns desses modelos possuem sistema para redução da emissão de NOx.

O NOx, devido ao grande volume emitido em uma planta térmica, é um dos mais importantes poluentes entregues à atmosfera por termoelétricas a gás natural. Tecnologias recentes, como as turbinas *Dry Low NOx*, permitem baixas emissões desse poluente. Tais turbinas quando utilizam gás natural apresentam 15 ppmv e 9 ppmv, respectivamente, de óxidos de nitrogênio e monóxido de carbono. (MICHELINI, 2005; GENERAL ELECTRIC, 2008)

As turbinas do tipo *heavy duty* designadas “classe F” e produzidas pela General Electric utiliza a tecnologia de redução de emissões *Dry Low NOx*, e, o modelo 6FA, tem 4 unidades instaladas na planta termoelétrica de Três Lagoas, e, alguns de seus principais aspectos estão ilustrados na figura 38.

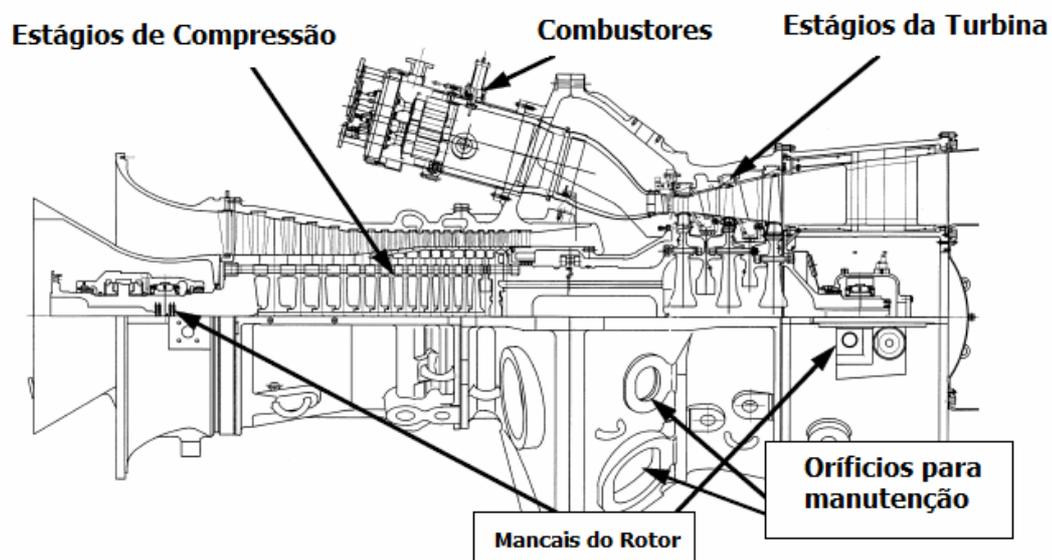


Figura 38: Esquema da turbina à gás MS6001FA da General Eletric. (Ramachandran & Conway, 1996)

Ramachandran & Conway (1996), em um manual da GE, descrevem as características da turbina 6FA. A figura 38 ilustra cinco regiões da máquina, a compressão, que nesse modelo possui 18 estágios; os combustores, ou 6 câmaras de combustão, dispostas na parte superior; a turbina em 3 estágios, além de destaque para regiões facilitadoras para manutenção e os mancais do rotor. É relatado que os gases de exaustão emitidos à temperatura de cerca de 600 °C apresentam níveis de concentração de 25/15 ppmv para NO_x/CO com o sistema DLN.

Segundo Gupta (1997) a tecnologia de combustão em turbinas a gás tem sofrido desenvolvimento gradual e contínuo após a segunda guerra mundial. Entretanto, atualmente, o interesse tanto de cientistas quanto do público em geral por questões ambientais como a redução na qualidade do ar, a descoberta do buraco na camada de ozônio na Antártida, maior incidência de verões quentes, intensificação do efeito estufa e elevação dos níveis da formação de *smog* nas cidades, têm exigido melhor desempenho dos sistemas de combustão.

Dois caminhos são apontados para o melhoramento desses sistemas de combustão com turbinas a gás. Um deles compreende pequenas modificações em vários itens sem alterar significativamente os conceitos atuais de *design* e tecnologia das turbinas, tais como: a) mudanças na geometria linear e distribuição de escoamento do ar; b) métodos mais sofisticados de distribuição e injeção do combustível; c) exploração prática da queima fora das taxas estequiométricas; d) manter baixos níveis de flutuação da temperatura; e, e) novas técnicas de resfriamento das paredes que representem economia e eficiência. O outro caminho seria a mudança completa dos conceitos atuais baseados em chamas difusivas heterogêneas e conservação da distribuição de ar e combustível. (GUPTA, 1997)

2.11. LEGISLAÇÃO E PADRÃO DE QUALIDADE DO AR

Segundo Godish (1991) estabelecer um padrão de qualidade do ar significa assumir que: algum nível de ambas Emissão e Contaminação é permissível, sendo as mesmas igualmente baixas o suficiente de maneira a não causar efeitos. Para tanto o grau de controle que se deseja estabelecer deve se reportar ao que se deseja proteger, o quanto se deseja proteger e se de fato existe ar de qualidade.

As experiências da sociedade humana com os efeitos da poluição do ar não são recentes. Entretanto, no último século o conhecimento de técnicas mais precisas de avaliação dessa poluição e seus efeitos, além, evidentemente da ocorrência de episódios intensos de deterioração da qualidade do ar e registros de desconforto físico, distúrbios respiratórios e mesmo óbitos motivaram o discurso pró-saúde e bem-estar da sociedade.

Nos Estados Unidos da América, padrões de qualidade do ar baseados na preservação da saúde são estabelecidos na suposição de que existe uma dose segura de poluentes. Na prática o padrão de qualidade reflete um suposto valor limite e uma “adequada margem de segurança”. Finalmente, o nível permissível refletirá a conjunção do julgamento científico, e as realidades políticas e econômicas de uma dada sociedade. (GODISH, 1991)

Em 1976, na Sociedade Paulista, passou a vigorar o decreto estadual nº 8.468 que aprovava o regulamento da lei 997 a cerca da *Prevenção e Controle da Poluição do Meio Ambiente*. A norma previa, para efeito de avaliação e controle da qualidade do ar, a divisão do Estado de São Paulo em 11 regiões e a definição de limites de concentração para os poluentes: partículas em suspensão, dióxido de enxofre, monóxido de carbono e ozônio.

Em nível Federal as normas e padrões de controle de emissões e qualidade do ar em automotores e fontes fixas ganharam vulto a partir do estabelecimento do Conselho Nacional

de Meio Ambiente (CONAMA), um órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), criado a partir da lei nº 6.938, de 31/08/1981, e, regulamentada pelo decreto 99.274 de 06/06/1990. Desde então várias resoluções do CONAMA estabeleceram programas com estratégias para o controle da poluição do ar através da definição de limites de emissões e padrões de qualidade do ar, tal como o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR), PROCONVE e PROMOT. (MMA, 2008)

O PRONAR (criado através da resolução CONAMA nº. 5/1989) trazia em seu texto o reconhecimento das condições que motivaram sua elaboração, entre elas: a) o acelerado crescimento urbano e industrial brasileiro e da frota de veículos automotores; b) o progressivo e decorrente aumento da poluição atmosférica, principalmente em regiões metropolitanas; c) os reflexos negativos sobre a sociedade, a economia e o meio ambiente; d) as perspectivas de continuidade destas condições; e) a necessidade de se estabelecer estratégias para o controle, prevenção e recuperação da qualidade do ar.

As estratégias do PRONAR foram fundadas em ações de curto, médio e longo prazo como maneira de otimizar os recursos disponíveis. Tais estratégias compreendem: a) A definição de limites máximos de emissão para as diferentes fontes emissoras; b) Adoção de padrões nacionais de qualidade do ar; c) Prevenção da deterioração significativa da qualidade do ar, classificando as áreas de influência das fontes; d) Monitoramento da qualidade do ar através de rede de instrumentos e laboratórios de análise; e) Gerenciamento do licenciamento de fontes de poluição do ar; f) Produção de Inventário Nacional de fontes de poluentes do ar; g) Aplicação de Gestão Política na interação com a sociedade; h) Induzir o desenvolvimento nacional na área de poluição do ar através do aprimoramento tecnológico e formação de recursos humanos.

O CONAMA nº 3/1990 realizou um dos primeiros passos do PRONAR instituindo os

Padrões Nacionais de Qualidade do Ar, tendo os governos estaduais prerrogativa de torná-los mais restritivos para atender suas especificidades. Os Art.1º e 2º dessa resolução estabelece o conceito de padrão de qualidade do ar, suas razões e definições acerca de classes de poluentes.

Abaixo a transcrição integral de ambos artigos:

“Art.1º São padrões de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral”.

Parágrafo único. Entende-se como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar:

I – impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde;

II – inconveniente ao bem-estar público;

III – danoso aos materiais, à fauna e flora.

IV – prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

Art.2º Para os efeitos desta Resolução ficam estabelecidos os seguintes conceitos:

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

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

Parágrafo único. Os padrões de qualidade do ar serão o objetivo a ser atingido mediante a estratégia de controle fixada pelos padrões de emissão e deverão orientar a elaboração de Planos Regionais de Controle de Poluição do Ar.”

Segundo Lora (2002) a utilização de padrões de qualidade do ar para o controle da poluição do ar possui “*efetividade econômica*”, isto é, otimiza os recursos disponíveis direcionando-os a regiões em que a poluição do ar é classificada como crítica. Regiões urbanas como as cidades de São Paulo e Rio de Janeiro mantêm rede de monitoramento que informam o nível de atendimento aos limites estabelecidos.

Os padrões brasileiros de qualidade do ar têm seu fulcro na experiência Norte-

Americana da EPA, portanto os poluentes selecionados como indicadores e seus limites são semelhantes. A tabela 14 ilustra os Padrões Nacionais de Qualidade do Ar.

Tabela 14: Padrão Nacional de Qualidade do Ar (a partir da Resolução CONAMA 03/90)

Poluentes	Padrão Primário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Padrão Secundário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Óxido de Nitrogênio	320 (170 ppbv) ^{a f} 100 (53 ppbv) ^d	190 (101 ppbv) ^{a f} 100 (53 ppbv) ^d
Ozônio	160 (80 ppbv) ^{a f}	
Monóxido de Carbono	40.000 (35.000 ppbv) ^{a f} 10.000 (9.000 ppbv) ^{b f}	
Dióxido de Enxofre	365 (139 ppbv) ^{c f} 80 (30 ppbv) ^d	100 (38 ppbv) ^{c f} 40 (15 ppbv) ^d
Partículas Totais em Suspensão	240 ^{c f} 80 ^e	150 ^{c f} 60 ^e
Partículas Inaláveis	150 ^{c f} 50 ^d	150 ^{c f} 50 ^d
Fumaça	150 ^{c f} 60 ^d	100 ^{c f} 40 ^d

^a média de 1h. ^b média de 8h. ^c média de 24h. ^d média aritmética anual. ^e média geométrica anual.

^f não deve ser excedido mais de uma vez ao ano.

A resolução CONAMA nº 18/1986 criou o PROCONVE, que compreende programa específico para a frota de veículos automotores no que tange à definição de limites de emissão, induzir o aprimoramento tecnológico em engenharia e a melhoria dos combustíveis. A Resolução CONAMA nº 08/1993 complementou os limites estabelecidos em 1986, inserindo a frota pesada. Em 1995 e 2002, respectivamente, as resoluções CONAMA nº15 e nº315 alteraram novamente os limites para a frota leve. Os limites para a frota pesada também foram revisados através das resoluções CONAMA nº315/2002 e nº403/2008. Adicionalmente as resoluções CONAMA nº 297/2002 e nº 342/2003 definiram os limites de emissão para ciclomotores, motocicletas e similares, assistido pelo PROMOT, um programa equivalente ao PROCONVE.

A categorização dos veículos automotores no Brasil estabelecida na forma da Resolução CONAMA nº 15/1995 e nº 297/2002 distingue a frota circulante do meio urbano como:

a) Veículo Leve de Passageiro: Automóvel projetado para o transporte de até 12 passageiros, ou seus derivados para o transporte de carga.

b) Veículo Leve Comercial: Veículo utilitário projetado para o transporte de carga ou misto e seus derivados ou projetado para o transporte de mais que 12 passageiros ou ainda, com características especiais para uso fora de estrada.

c) Veículo Pesado: Ônibus e Caminhão projetados para o transporte de passageiros e/ou cargas.

Também foram definidos os veículos de duas rodas designados por ciclomotores, motocicletas e similares.

Desde de 1988 os limites de emissão foram se restringindo, exigindo reduções de até 92% nas taxas de emissão. O aprimoramento de motores, sistemas de controle de emissões e combustíveis, permitiu que fabricantes alcançassem as metas muito antes e em valores bem abaixo dos limites exigidos.

A tabela 15, a seguir, ilustra os limites estabelecidos em função de três resoluções do CONAMA para a frota de veículos leves, que, em geral, é a maior fonte emissora nas regiões urbanas.

Tabela 15: Limites de Emissão de Poluentes para Veículo Leve de Passageiros e Comercial.(MMA,2008)

Resolução	g/km	Veículo Leve de Passageiros	Veículo Leve Comercial
CONAMA nº 18/1986	CO	24,0 ^a / 12,0 ^b	24,0 ^b
^a 19/06/1988	HC	2,1 ^a / 1,2 ^b	2,1 ^b
^b 01/01/1992	NOx	2,0 ^a / 1,4 ^b	2,0 ^b
CONAMA nº 15/1995	CO	12,0 ^c / 2,0 ^d	24,0 ^{c3} / 2,0 ^{d1 e1} / 6,2 ^{d2 e2}
^c 01/01/1996	HC	1,2 ^c / 0,3 ^d	2,1 ^{c3} / 0,3 ^{d1 e1} / 0,5 ^{d2 e2}
^d 01/01/1997	NOx	1,4 ^c / 0,6 ^d	2,0 ^{c3} / 0,6 ^{d1 e1} / 1,4 ^{d2 e2}
^e 01/01/1998	CHO	0,15 ^c / 0,03 ^d	0,15 ^{c3} / 0,03 ^{d1 e1} / 0,06 ^{d2 e2}
CONAMA nº 315/2002	CO	2,0 ^{f g}	2,0 ^{fg1} / 2,7 ^{fg2}
^f 01/01/2007	THC	0,30 ^{f g}	0,30 ^{fg17} / 0,50 ^{fg27}
^g 01/01/2009	NMHC	0,16 ^f / 0,05 ^g	0,16 ^{f1} / 0,05 ^{g1} / 0,20 ^{f2} / 0,06 ^{g2}
	NOx	0,25 ^{f4} / 0,60 ^{f5} / 0,12 ^{g4} / 0,25 ^{g5}	0,25 ^{f14} / 0,60 ^{f15} / 0,12 ^{g14} / 0,25 ^{g15} 0,43 ^{fg24} / 1,00 ^{fg25}
	CHO	0,03 ^{f46} / 0,02 ^{g46}	0,03 ^{f146} / 0,02 ^{g146} / 0,06 ^{f246} / 0,04 ^{g246}
	MP	0,05 ⁵	0,08 ^{f15} / 0,05 ^{g15} / 0,10 ^{f25} / 0,06 ^{g25}

¹ ≤ 1700 kg ² ≥ 1700 kg ³ até 2800 kg ⁴ somente ciclo Otto ⁵ somente ciclo Diesel ⁶ menos GNV

⁷ somente GNV

Um índice que expressa, experimentalmente, o quanto, individualmente, os veículos novos estão atendendo aos limites estabelecidos e ao mesmo tempo contribuindo para as emissões da frota veicular total é o chamado Fator de Emissão. O Fator de Emissão qualifica o nível médio de massa de um poluente específico em vários regimes de operação por unidade de espaço percorrido. As tabelas 16 e 17, a seguir, ilustram a redução dos fatores de emissão para a frota veicular leve brasileira e motocicletas e similares.

Tabela 16: Fatores de Emissão para Veículos da Frota Leve.(IBAMA, 2008)

ANO MODELO	COMBUSTÍVEL	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	CHO (g/km)	EMIÇÃO EVAPORATIVA DE COMBUSTÍVEL (g/teste)
PRÉ - 80	Gasolina	54,0	4,7	1,2	0,050	ND
80 - 83	Gasolina C	33,0	3,0	1,4	0,050	ND
	Álcool	18,0	1,6	1,0	0,160	ND
84 - 85	Gasolina C	28,0	2,4	1,6	0,050	23,0
	Álcool	16,9	1,6	1,2	0,180	10,0
86 - 87	Gasolina C	22,0	2,0	1,9	0,040	23,0
	Álcool	16,0	1,6	1,8	0,110	10,0
88	Gasolina C	18,5	1,7	1,8	0,040	23,0
	Álcool	13,3	1,7	1,4	0,110	10,0
89	Gasolina C	15,2 (-46%)	1,6 (-33%)	1,6 (00%)	0,040 (-20%)	23,0 (0%)
	Álcool	12,8 (-24%)	1,6 (0%)	1,1 (-08%)	0,110 (-39%)	10,0 (0%)
90	Gasolina C	13,3 (-53%)	1,4 (-42%)	1,4 (-13%)	0,040 (-20%)	2,7 (-88%)
	Álcool	10,8 (-36%)	1,3 (-19%)	1,2 (00 %)	0,110 (-39%)	1,8 (-82%)
91	Gasolina C	11,5 (-59%)	1,3 (-46%)	1,3 (-19%)	0,040 (-20%)	2,7 (-88%)
	Álcool	8,4 (-50%)	1,1 (-31%)	1,0 (-17%)	0,110 (-39%)	1,8 (-82%)
92	Gasolina C	6,2 (-78%)	0,6 (-75%)	0,6 (-63%)	0,013 (-74%)	2,0 (-91%)
	Álcool	3,6 (-79%)	0,6 (-63%)	0,5 (-58%)	0,035 (-81%)	0,9 (-91%)
93	Gasolina C	6,3 (-77%)	0,6 (-75%)	0,8 (-50%)	0,022 (-56%)	1,7 (-93%)
	Álcool	4,2 (-75%)	0,7 (-56%)	0,6 (-50%)	0,040 (-78%)	1,1 (-89%)
94	Gasolina C	6,0 (-79%)	0,6 (-75%)	0,7 (-56%)	0,036 (-28%)	1,6 (-93%)
	Álcool	4,6 (-73%)	0,7 (-56%)	0,7 (-42%)	0,042 (-77%)	0,9 (-91%)
95	Gasolina C	4,7(-83%)	0,6 (-75%)	0,6(-62%)	0,025(-50%)	1,6 (-93%)
	Álcool	4,6 (-73%)	0,7 (-56%)	0,7 (-42%)	0,042 (-77%)	0,9 (-91%)
96	Gasolina C	3,8 (-86%)	0,4 (-83%)	0,5 (-69%)	0,019 (-62%)	1,2 (-95%)
	Álcool	3,9 (-77%)	0,6 (-63%)	0,7 (-42%)	0,040 (-78%)	0,8 (-92%)
97	Gasolina C	1,2 (-96%)	0,2 (-92%)	0,3 (-81%)	0,007 (-86%)	1,0 (-96%)
	Álcool	0,9 (-95%)	0,3 (-84%)	0,3 (-75%)	0,012 (-93%)	1,1 (-89%)
98	Gasolina C	0,8 (-97%)	0,1 (-96%)	0,2 (-88%)	0,004 (-92%)	0,8 (-97%)
	Álcool	0,7 (-96%)	0,2 (-88%)	0,2 (-83%)	0,014 (-92%)	1,3 (-87%)
99	Gasolina C	0,7 (-98%)	0,1 (-96%)	0,2 (-88%)	0,004 (-92%)	0,8 (-97%)
	Álcool	0,6 (-96%)	0,2 (-88%)	0,2 (-83%)	0,013 (-93%)	1,6 (-84%)
00	Gasolina C	0,73 (-97%)	0,13 (-95%)	0,21 (-87%)	0,004 (-92%)	0,73 (-97%)
	Álcool	0,63 (-96%)	0,18 (-89%)	0,21 (-83%)	0,014 (-92%)	1,35 (-87%)
01	Gasolina C	0,48 (-98%)	0,11 (-95%)	0,14 (-91%)	0,004 (-92%)	0,68 (-97%)
	Álcool	0,66 (-96%)	0,15 (-91%)	0,08 (-93%)	0,017 (-91%)	1,31 (-87%)
02	Gasolina C	0,43 (-98%)	0,11 (-95%)	0,12 (-95%)	0,004 (-92%)	0,61 (-97%)
	Álcool	0,74 (-96%)	0,16 (-90%)	0,08 (-93%)	0,017 (-91%)	ND
03	Gasolina C	0,40 (-98%)	0,11 (-95%)	0,12 (-93%)	0,004 (-92%)	0,75 (-97%)
	Álcool	0,77 (-95%)	0,16 (-90%)	0,09 (-93%)	0,019 (-89%)	ND
	Flex-Gasol.C	0,50 (-98%)	0,05 (-98%)	0,04 (-98%)	0,004 (-92%)	ND
04	Flex-Álcool	0,51 (-88%)	0,15 (-90%)	0,14 (-93%)	0,020 (-89%)	nd
	Gasolina C	0,35 (-99%)	0,11 (-95%)	0,09 (-94%)	0,004 (-92%)	0,69 (-97%)
	Álcool	0,82 (-95%)	0,17 (-89%)	0,08 (-93%)	0,016 (-91%)	ND
05	Flex-Gasol.C	0,39 (-99%)	0,08 (-97%)	0,05 (-97%)	0,003 (-94%)	ND
	Flex-Álcool	0,46 (-97%)	0,14 (-91%)	0,14 (-91%)	0,014 (-92%)	ND
	Gasolina C	0,34 (-99%)	0,10 (-96%)	0,09 (-94%)	0,004 (-92%)	0,90 (-96%)
06	Álcool	0,82 (-95%)	0,17 (-89%)	0,08 (-93%)	0,016 (-91%)	ND
	Flex-Gasol.C	0,45 (-98%)	0,11 (-95%)	0,05 (-97%)	0,003 (-94%)	ND
	Flex-Álcool	0,39 (-98%)	0,14 (-91%)	0,10 (-92%)	0,014 (-92%)	ND
07	Gasolina C	0,33 (-99%)	0,08 (-96%)	0,08 (-95%)	0,002 (-96%)	0,46 (-98%)
	Álcool	0,67 (-96%)	0,12 (-93%)	0,05 (-96%)	0,014 (-92%)	ND
	Flex-Gasol.C	0,45 (-98%)	0,10 (-95%)	0,05 (-97%)	0,003 (-94%)	0,62 (-97%)
08	Flex-Álcool	0,47 (-98%)	0,11 (-95%)	0,07 (-96%)	0,014 (-92%)	1,27 (-87%)

(1) Médias ponderadas de cada ano-modelo pelo volume da produção.

ND: não disponível.(%) refere-se à variação verificada em relação aos veículos 1985, antes da atuação do PROCONVE.Gasolina C: 78% gasolina + 22% álcool.

Tabela 17: Limites de Emissão de Poluentes para Motocicletas.(IBAMA,2008)

ANO	MOTOR (Cap.Vol.)	PROCEDÊNCIA (g/km)	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	CO2 (g/km)
2003 ⁽¹⁾	<= 150 cc	Nacional	6,25	0,82	0,18	43,30
		Importada	3,32	0,63	0,11	ND
	De 151 cc à 500 cc	Nacional	7,36	1,05	0,15	81,70
		Importada	7,24	1,28	0,18	ND
	>= 501 cc	Nacional	-	-	-	-
		Importada	3,57	0,11	0,11	163,20
2004 ⁽²⁾	<= 150 cc	Nacional	5,90	0,75	0,18	43,20
		Importada	6,23	0,88	0,17	51,20
	De 151 cc à 500 cc	Nacional	7,36	1,05	0,15	81,70
		Importada	7,24	1,28	0,18	ND
	>= 501 cc	Nacional	5,15	0,81	0,14	144,90
		Importada	2,18	0,56	0,10	199,30
2005 ⁽³⁾	<= 150 cc	Nacional	3,13	0,58	0,16	43,00
		Importada	2,09	0,34	0,16	ND
	De 151 cc à 500 cc	Nacional	2,98	0,62	0,14	82,00
		Importada	3,29	0,55	0,13	ND
	>= 501 cc	Nacional	1,37	0,36	0,15	145,00
		Importada	2,08	0,43	0,10	ND
2006 ⁽⁴⁾	<= 150 cc	Nacional	2,30	0,32	0,17	54,00
		Importada	2,17	0,35	0,18	52,00
	De 151 cc à 500 cc	Nacional	1,35	0,29	0,16	75,00
		Importada	2,14	0,46	0,15	54,00
	>= 501 cc	Nacional	0,89	0,14	0,02	198,00
		Importada	1,56	0,27	0,08	204,00

(1) Valores médios obtidos da Homologação junto ao PROMOT obtidos de 107 configurações de 12 fabricantes ou importadores, segundo a Resolução CONAMA nº 297/02. **(2)** Valores médios obtidos da Homologação junto ao PROMOT obtidos de 28 configurações de 9 fabricantes ou importadores, segundo a Resolução CONAMA nº 297/02. Não houveram homologações na classe de 151 à 500cc, apenas revalidações de 2003. **(3)** Valores médios de homologação de 64 configurações de motocicletas segundo a Resolução CONAMA nº 342/02. **(4)** Valores médios de homologação de 88 configurações de motocicletas segundo a Resolução CONAMA nº 342/02.

No que tange às fontes fixas o PRONAR através das resoluções CONAMA nº 8/1990 e nº 382/2006 instituiu os limites de emissão de poluentes, em função, do tipo de poluente, capacidade instalada da planta, tipo de tecnologia empregada no processo de combustão e setor de atividade. (MMA, 2008)

Serão apresentados os limites de maior interesse para o presente trabalho, aqueles que podem se aplicar à combustão externa em fornos, para queima de madeira; e, em turbinas de centrais de produção de energia.

As resoluções do CONAMA para fontes fixas se aplicam, a princípio, para novos empreendimentos. As novas plantas industriais terão sua localização definida por sua

capacidade instalada e características da vizinhança. O CONAMA nº 5/1989 estabelece três distintas classes de áreas:

- a) Classe I: Áreas de preservação, lazer e turismo, tais como Parques Nacionais e Estaduais, Reservas e Estações Ecológicas, Estâncias Hidrominerais e Hidrotermais.
- b) Classe II: Áreas onde o nível de deterioração da qualidade do ar seja limitado pelo padrão secundário de qualidade.
- c) Classe III: Áreas de desenvolvimento onde o nível de deterioração da qualidade do ar seja limitado pelo padrão primário.

Em 1990 a norma estabelecida distinguia os limites de emissão apenas através da capacidade nominal de cada empreendimento. Essa divisão se dava entre igual ou menor, e maior, do que 70 MW. Os poluentes de destaque eram as Partículas Totais e o Dióxido de Enxofre, e os combustíveis, Carvão Mineral e Óleo Combustível. A tabela 18 ilustra os limites definidos à época.

Tabela 18: Limites de Emissão para fonte fixa de combustão externa. (MMA, 2008)

	≤ 70 MW		> 70 MW	
	PT ³	SO ₂ ³	PT ³	SO ₂ ³
Classe I (Unidades de Conversão)	Proibida atividade econômica que gere poluição do ar		Não será permitida instalação de novas fontes fixas com esse porte	
Classe I (Lazer, Turismo, Estâncias Climáticas, Hidrominerais e Hidrotermais)	120 ¹	2000 ¹		
Classe II e III	350 ¹ 1500 ²	5000 ^{1 2}	120 ¹ 800 ²	2000 ^{1 2}

¹ Óleo Combustível ² Carvão Mineral ³ g/10⁶ kcal

A resolução de 2006 ampliou os poluentes abrangidos e melhor distinguiu a tipologia da fonte emissora. Os limites de emissão de duas dessas categorias de fontes são destacas no presente texto. Eles foram extraídos dos Anexos IV e V do CONAMA nº 382/2006, e estão ilustrados nas tabelas 19, 20 e 21.

Tabela 19: Limites de Emissão para fonte fixa de combustão externa em queima de madeira. (MMA, 2008)

Potência térmica nominal (MW)	MP ⁽¹⁾	NO _x ⁽¹⁾ (como NO ₂)
Menor que 10	730	N.A.
Entre 10 e 30	520	650
Entre 30 e 70	260	650
Maior que 70	130	650

⁽¹⁾ os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm³, em base seca e corrigidos a 8% de oxigênio.

N.A. - Não aplicável.

Quando a fonte apresentar potência térmica nominal menor do que 10 MW, alternativamente, e, a critério do órgão ambiental licenciador será aceito o monitoramento do monóxido de carbono, conforme tabela 20.

Tabela 20: Limites de Emissão para fonte fixa de combustão externa em queima de madeira. (MMA, 2008)

Potência térmica nominal (MW)	CO ⁽¹⁾
Até 0,05	6500
Entre >0,05 e = 0,15	3250
Entre >0,15 e = 1,0	1700
Entre >1,0 e = 10	1300

⁽¹⁾ os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm³, em base seca e corrigidos a 8% de oxigênio.

Tabela 21: Limites de Emissão para Turbina em Centrais de Geração de Energia. (MMA, 2008)

Turbina por tipo de combustível	NO _x ⁽¹⁾ (como NO ₂)	CO ⁽¹⁾	SO _x ⁽¹⁾ (como SO ₂)	MP ⁽¹⁾
Gás natural	50	65	N.A.	N.A.
Combustíveis líquidos	135	N.A.	200	50

⁽¹⁾ os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm³, em base seca e 15% de excesso de oxigênio.

N.A. - Não aplicável

2.12. PARÂMETROS METEOROLÓGICOS

Após os gases poluentes deixarem suas respectivas fontes emissoras são entregues à ação, praticamente estocástica, das condições físicas e químicas da atmosfera local. Para qualificar a influência das condições da atmosfera sobre os gases poluentes emitidos dentro da mesma, alguns parâmetros meteorológicos como velocidade e direção do vento; temperatura ambiente; umidade relativa do ar; nível de estabilidade da atmosfera; entre outros, são necessários para melhor caracterizar a concentração e o comportamento da dispersão dos poluentes no meio urbano e, também, seus desdobramentos regionais e globais.

A superfície terrestre apresenta diferentes tipos de coberturas. Entre elas a presença de imensas áreas de superfície de água tal como os oceanos, e, a diversidade da região continental como solos cultivados e descampados, cidades, florestas, desertos, lagos e rios, variações na altitude do relevo, etc. Essa diversidade nos tipos de alvos na superfície implica em diferentes respostas à absorção da radiação eletromagnética oriunda do sol, e, portanto em diferentes taxas de troca de calor com o ar em contato com essa superfície, o que favorece a formação de gradientes de pressão, e, por conseguinte o deslocamento de massas de ar. (NAVARRA, 1979; WALLACE & HOBBS, 2006; SALBY, 1996)

O deslocamento de massas de ar em regiões mais próximas à superfície terrestre sofre a resistência das estruturas presente na mesma, ao passo que em altitudes mais elevadas tal influência é atenuada. Essa característica permite a formação do perfil vertical de velocidades dessas massas de ar, que, com a altitude, também, passam a sofrerem a ação da rotação da terra. A figura 39 ilustra a representação de diferentes perfis de velocidade sobre três distintas regiões: urbanas, que devido à maior rugosidade de sua cobertura, isto é, a altura média da estruturas presentes, permite o desenvolvimento de perfis que atingem níveis mais profundos atmosfera acima; regiões suburbanas; e, rurais, que em geral, variam sua rugosidade em

função do tipo de cobertura vegetal presente. Na figura, também, estão representados os percentuais do gradiente de velocidade, sendo que, em regiões urbanas, próximas ao solo, as velocidades são cerca de 30% do que em regiões superiores, enquanto em regiões rurais as velocidades atingem até 65% do valor de teto.

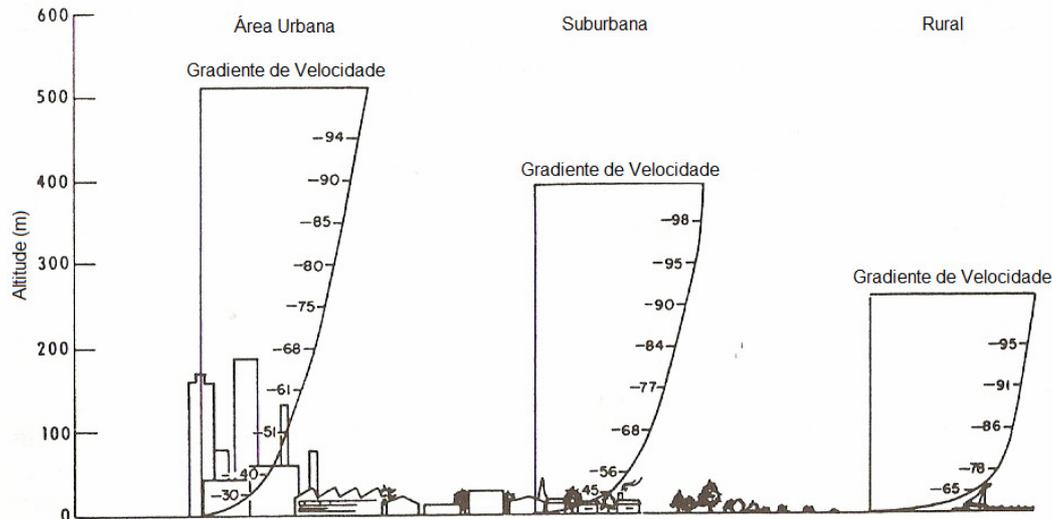


Figura 39: Perfil de Velocidade em Regiões Urbanas, Suburbanas e Rurais. (TURNER, 1994)

A direção do vento pode revelar a prevalência ou não da influência de determinadas estruturas presentes ou nas imediações das cidades, e, que influem no transporte e dispersão dos poluentes. Weisman et. al. (1969), Hirt & Shaw (1973) e Mukammal et. al. (1982) estudaram o efeito *lake-breeze* sobre o transporte de poluentes na região do lago Ontário no Canadá, isto é, a formação local de um sistema de controle do transporte das massas de ar devido às diferenças na absorção de calor pelo lago e o solo. Em Mukammal et. al. (1982) registraram-se oscilações na concentração de Ozônio entre 23 e 100 ppbv e, a direção preferencial do vento revelou que os responsáveis por tal variação não estavam localizados no Canadá mas nos Estados Unidos, em uma região próxima com forte industrialização.

A figura 40, a seguir, ilustra uma rosa dos ventos. Esta, reúne informações tanto da direção quanto da velocidade do vento, e facilita a leitura e interpretação dos dados. O efeito

do fenômeno *sea-breeze*, em Nova York, semelhante ao que ocorre em lagos, torna-se evidente ao comparar o comportamento da direção dos ventos entre o dia e a noite.

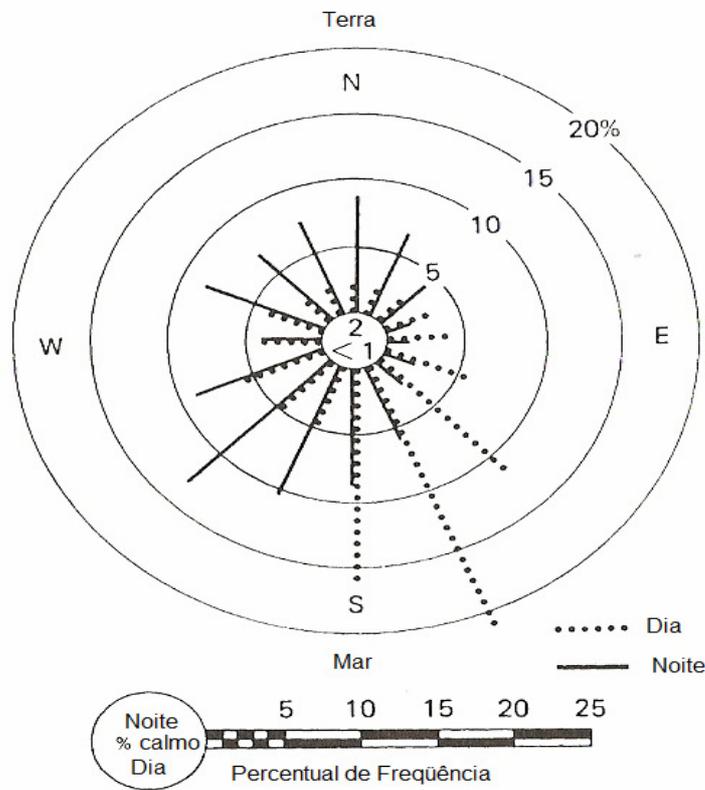


Figura 40: Direção preferencial do vento durante o dia e a noite em Nova York. (WARK et. al., 1998)

A temperatura ambiente é um dos mais relevantes parâmetros meteorológicos para a compreensão da estabilidade da atmosfera. Por estabilidade entende-se a tendência para resistir ao movimento vertical ou para suprimir a turbulência. Durante o dia, em geral, o ar em contato com a superfície é aquecido pelo calor propagado para a atmosfera após a absorção da radiação solar, o que ocasiona a formação de um gradiente de temperatura ao longo da altitude. Pela noite, na ausência de radiação solar, a superfície se esfria e o gradiente de temperatura sofre a chamada inversão térmica, que nas primeiras horas da manhã durante o inverno podem ocasionar o confinamento dos poluentes em uma estreita faixa acima da superfície. (SEINFELD & SPIROS, 1998; WARK et. al., 1998; LORA, 2002)

O modelo explicativo para o deslocamento vertical de uma hipotética parcela de ar

prevê que devido às menores pressões, em maiores altitudes, a parcela de ar sofre expansão adiabática, isto é, a expansão é rápida o suficiente para que não haja troca de calor da parcela com sua vizinhança. A temperatura interna da parcela é reduzida ao longo de seu movimento para cima, sendo esse aspecto relevante na definição de sua posição de equilíbrio. (WARK et. al., 1998)

Ao considerar a parcela de ar sem a presença de água, o então designado gradiente adiabático seco de temperatura é representado pela razão $0,98^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$. A relação do gradiente adiabático seco de temperatura (Γ_{adia}) e o gradiente de temperatura do ambiente (Γ_{amb}), isto é, o perfil de temperatura atual da atmosfera, são indicativos da estabilidade da atmosfera. O nível de estabilidade da atmosfera é refletido nas perturbações que sofrem a pluma de uma fonte pontual, por exemplo. As figuras 41 e 42 ilustram tanto a relação entre os índices (gradientes) que qualificam a estabilidade quanto as perturbações sofridas pela pluma ao injetar poluentes na atmosfera, adicionalmente são incluídos os perfis de velocidades.

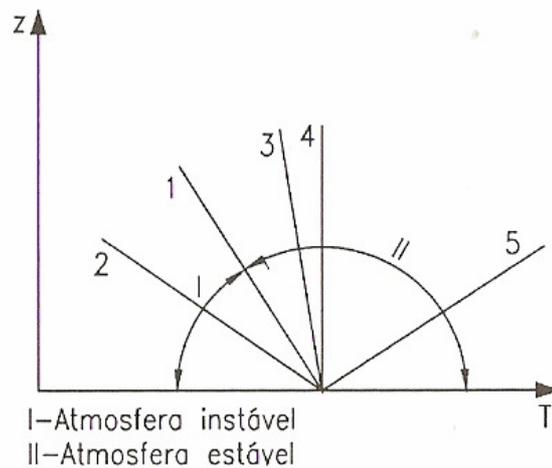


Figura 41: Categorias de Estabilidade Atmosférica. (LORA, 2002)

Como a própria figura 41 ilustra, o gradiente de temperatura adiabático, inclinação 1, divide as condições de estabilidade da atmosfera em instável (I) e estável (II). Caso o gradiente de temperatura ambiente seja menor que o adiabático, caso 2, a atmosfera será

superadiabática, favorecendo a instabilidade atmosférica e, portanto uma melhor dispersão dos gases poluentes. No caso 3 a parcela de ar possui menor temperatura que sua vizinhança, implicando no retorno à sua posição inicial, o regime é estável. Os casos 4 e 5 também são estáveis, entretanto no caso 4 o perfil de temperatura é constante com a altitude, enquanto no caso 5, diferentemente, ocorre o aumento da temperatura ao longo da vertical, o que caracteriza a formação de inversões térmicas em regiões urbanas, tal como ocorrem em São Paulo e Los Angeles. (LORA, 2002; ARYA, 2001)

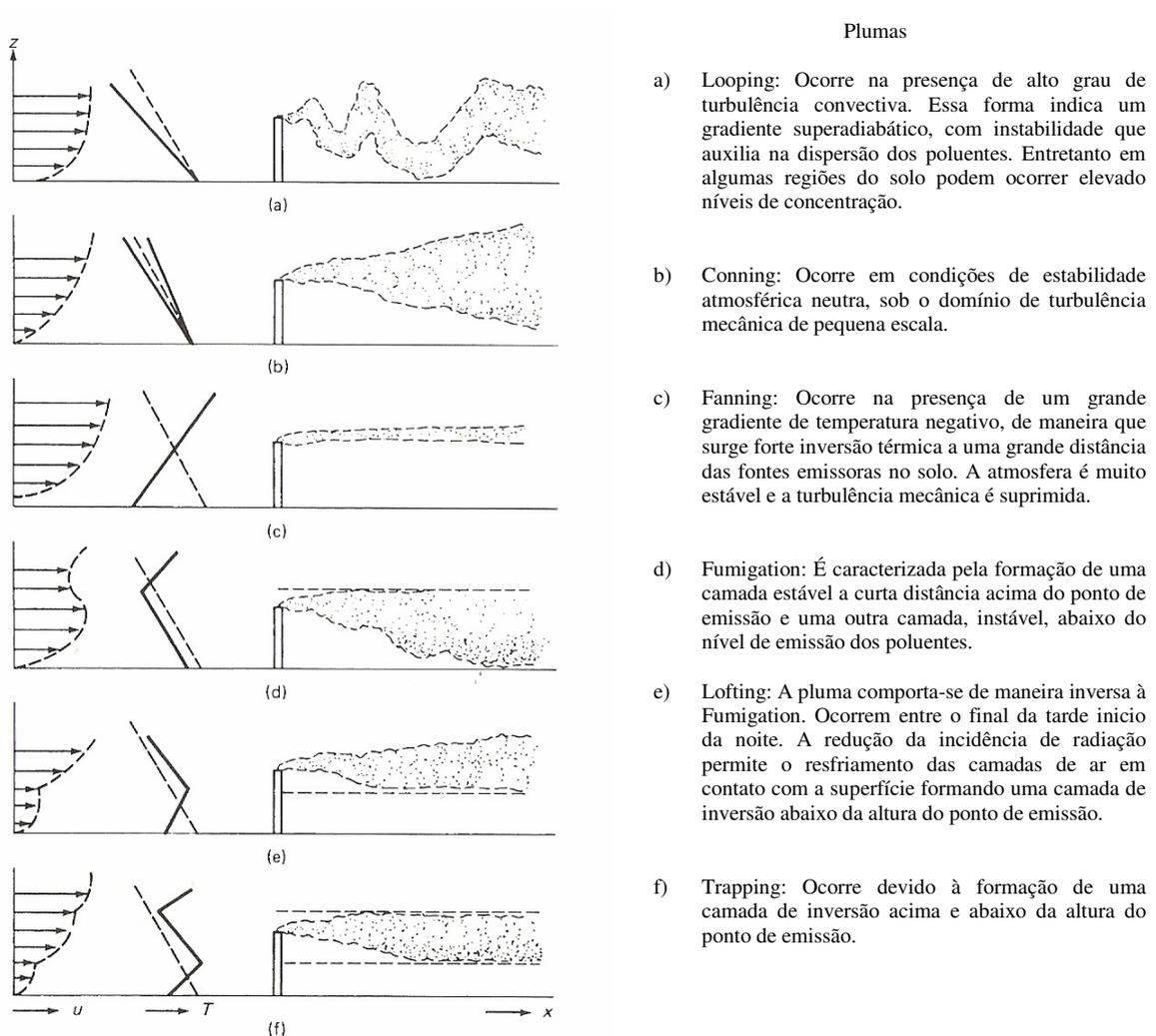


Figura 42: Relação entre Gradientes de Temperatura (adiabático " Γ_{adia} " – tracejado; ambiente " Γ_{amb} " - contínuo),

Perfil de Velocidade (u) e deslocamento da pluma ao longo de "x". (WARK et. al., 1998)

Os poluentes entregues à atmosfera são diluídos dentro da chamada altura de mistura, ou camada de mistura. Segundo Wark et. al. (1998) os valores da máxima profundidade dessa camada de mistura são menores durante a noite e aumentam durante as horas do dia. Sobre intensa inversão térmica à noite os valores são praticamente nulos, ao passo que durante o dia a altitude pode chegar a 3000 metros. Sazonalmente, valores mínimos da altura de mistura são observados no inverno, enquanto as maiores profundidades da camada no verão. Esse mesmo autor conclui que o limite da camada de mistura é a região em que há equilíbrio neutro entre a parcela de ar em ascensão e suas vizinhanças. A figura 43 ilustra o comportamento da profundidade da camada de mistura em diferentes condições atmosféricas, em destaque, a 43(a) exhibe a condição de inversão térmica e como resultado a camada de mistura é limitada.

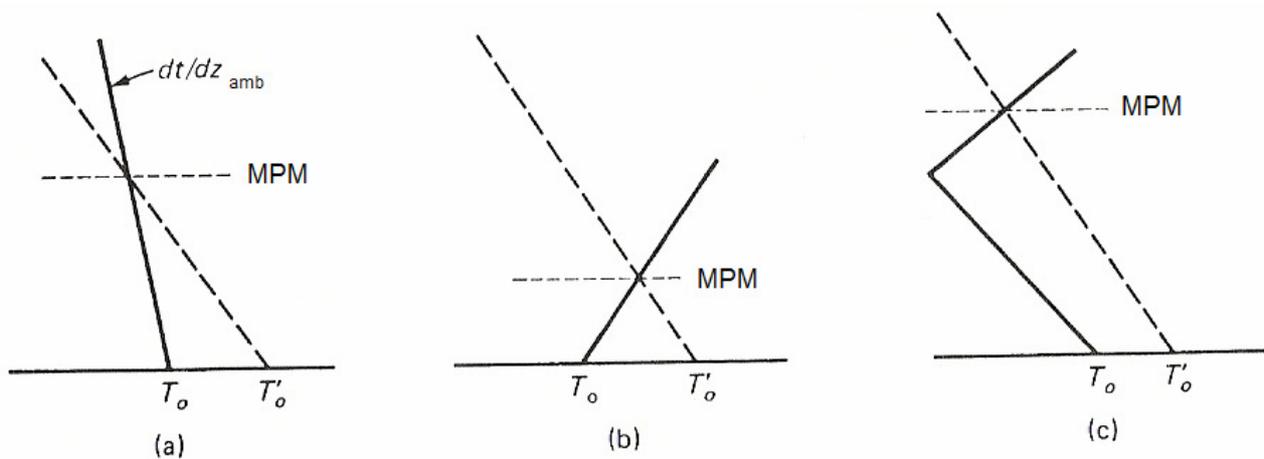


Figura 43: Máxima Profundidade de Mistura (adiabático: tracejado; ambiente: contínuo). (WARK et. al., 1998)

Holzworth (1967, 1972) e Turner (1964) investigaram as relações entre parâmetros meteorológicos e a emissão de poluentes. Tais estudos culminaram na compreensão da maneira como os gases se propagam na atmosfera, isto é, como se representa matematicamente a dispersão da pluma emitida.

Em Turner (1964) um modelo de previsão da concentração de poluentes ao longo da trajetória da pluma utilizava como parâmetro básico a velocidade do vento. Seu modelo foi testado comparando-o com resultados de dados observados da concentração de SO_2 em 32

estações de monitoramento para 35 períodos de testes durante 12 meses em Nashville, EUA. Uma conclusão desse trabalho é que em 25.4% dos casos o modelo acertou a previsão, e, se quando se admitia uma variação de ± 1 ppmv então esse percentual alcança 58%, e até 70% para valores com um fator 2.

Holzworth (1967) avaliou o comportamento da velocidade do vento e da camada de mistura nos períodos da manhã e pela tarde em quatro diferentes cidades norte-americanas. Os resultados, para valores médios durante o ano, indicam comportamentos semelhantes para a velocidade do vento, com o período da tarde apresentando maiores valores. Por outro lado, o comportamento da camada de mistura é completamente distinto para ambos os períodos. A figura 44 ilustra esses fatos.

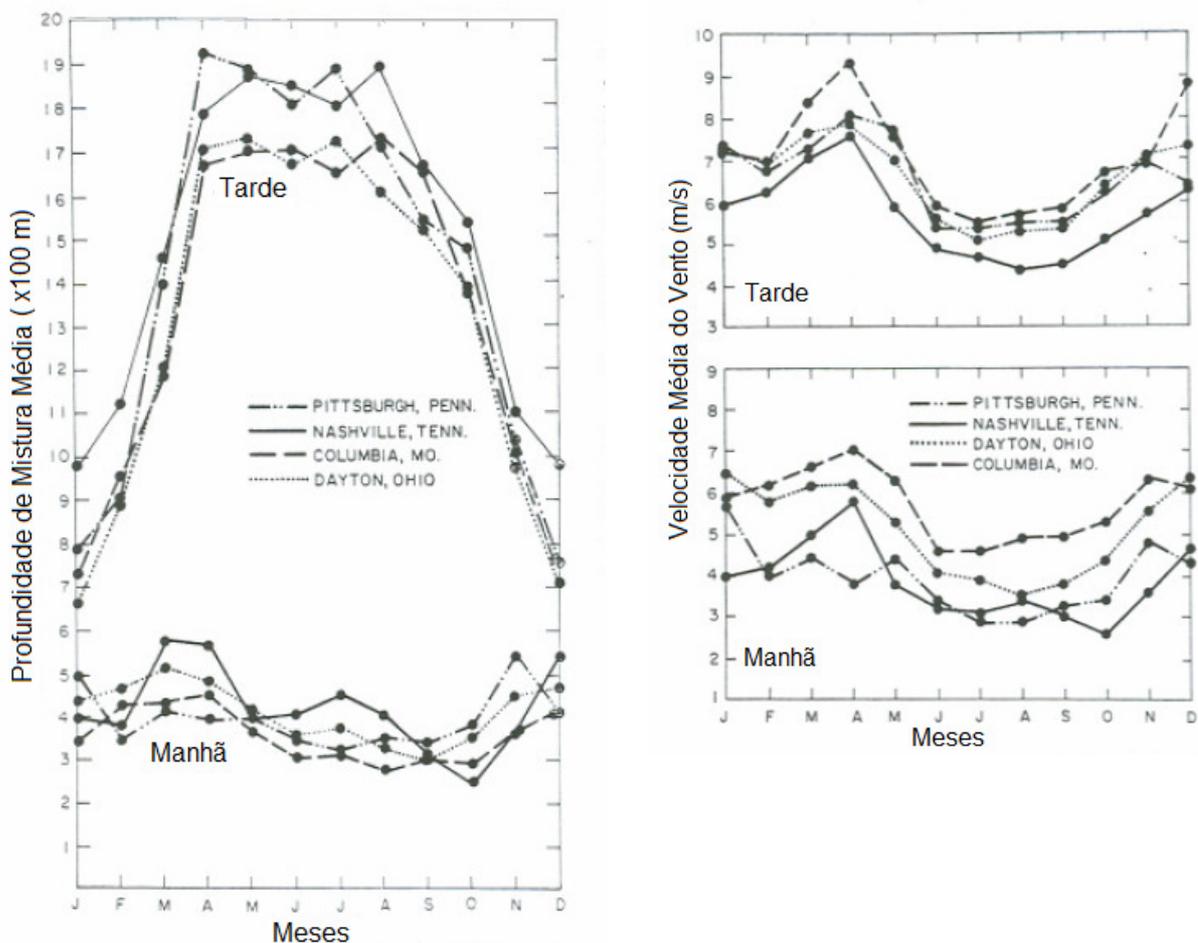


Figura 44: Esquerda) Altura ou profundidade da camada de mistura durante o período da tarde e manhã. Direita)

Velocidade do vento nos períodos da tarde e manhã. (HOLZWORTH, 1967)

Elminir (2005) investigou as relações de vários parâmetros meteorológicos e a qualidade do ar na cidade do Cairo, no Egito. Entre esses parâmetros a umidade relativa do ar mantém diferentes relações com o grupo de poluentes avaliados. O ozônio e o dióxido de nitrogênio apresentam maiores concentrações em percentuais iguais ou abaixo de 40% de umidade, enquanto o CO, PM₁₀ e SO₂ as maiores concentrações ocorrem acima de 80%.

A análise estatística revelou correlação positiva entre os poluentes CO, PM₁₀ e SO₂, enquanto negativa para o O₃ e o NO₂. A pesquisa afirma que a correlação entre baixo percentual de umidade relativa do ar e baixa concentração de poluentes se deve a massas de ar troposférico limpo que agem como removedores. Em percentuais de umidade acima de 80% a precipitação pode ser o responsável por baixas concentrações dos poluentes os removendo pela via úmida. Esses mecanismos são responsáveis por manter baixa a correlação entre concentração de todos os poluentes e a umidade relativa do ar.

Materiais e Métodos

Neste capítulo é caracterizada a região de estudo de caso de Três Lagoas com informações geográficas; climáticas; econômicas; e, sob a vista das emissões de poluentes. São explicitados os métodos de cálculo para elaboração do inventário de emissão de poluentes para as fontes majoritárias presentes no município. Também são apresentados métodos para a avaliação da dinâmica que envolve os poluentes na atmosfera, e, adicionalmente tópicos sobre ferramentas matemáticas e computacionais utilizadas durante o desenvolvimento das atividades.

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO: TRÊS LAGOAS – MS

A área geográfica abrangida pelo presente estudo, município de Três Lagoas, está localizada no Estado de Mato Grosso do Sul, em sua região leste, divisa com o Estado de São Paulo. O Estado de Mato Grosso do Sul foi criado em 11 de outubro de 1977 e instalado em 01 de janeiro de 1979. Atualmente, MS abrange 77 municípios organizados em 11 microrregiões. Três Lagoas compreende a sétima microrregião juntamente com os municípios de Água Clara, Brasilândia, Ribas do Rio Pardo e Santa Rita do Pardo, e, está localizada na

latitude $20^{\circ} 45' 04''$, longitude $51^{\circ} 40' 42''$. A figura 45 ilustra a divisão político-administrativa e microrregional do Estado. (SEPLANCT, 2006; MOREIRA & SILVA, 2006)

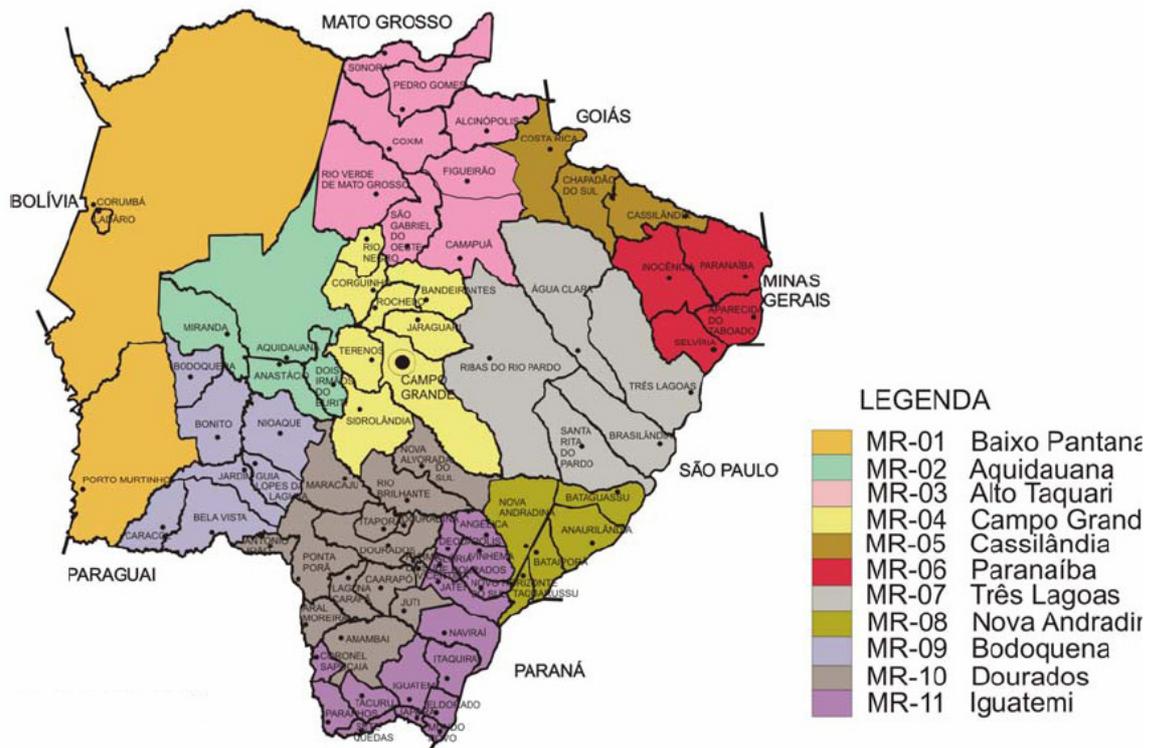


Figura 45: Mapa da divisão de Mato Grosso do Sul em microrregiões e municípios. (SEPLANCT/MS, 2006)

Segundo o modelo de Köppen o tipo climático de Três Lagoas é classificado como Aw, isto é, Tropical Quente e Úmido, com estação chuvosa no verão, e estação seca no inverno. As temperaturas médias mensais oscilam entre 20°C e 27°C , com média anual de 24°C . (PMTL, 2008).

O relevo da região é formado por uma vasta planície com leves oscilações. À oeste da cidade as oscilações são mais evidentes, entretanto sem variações abruptas de altitude, apresentando ao longo de uma vasta área oscilações da ordem de 100 m. Na área urbana a altitude média é de 319 metros.

Dados de altura do terreno foram obtidos da NASA e editados em programa de computador específico, o Global Mapper, para obter uma imagem cuja leitura fosse mais precisa, e, posteriormente aproveitada como entrada para a simulação da dispersão das plumas de poluentes de origem antropogênica. A figura 46 ilustra a imagem produzida sobre a elevação do terreno.

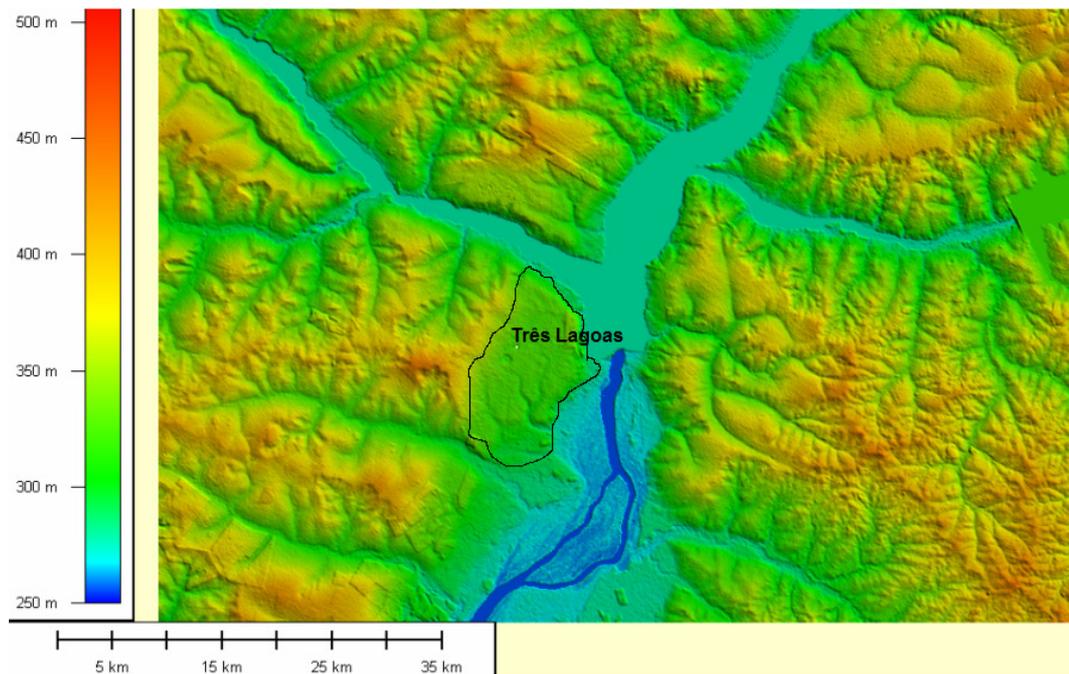


Figura 46: Região de Três Lagoas/MS. (Imagem produzida a partir de dados de Satélite e editada no aplicativo GlobalMapper)

Do ponto de vista Econômico, segundo relatório da Seplanct (2005), o município de Três Lagoas entre 1997 e 2004 sofreu mudanças percentuais no peso de suas principais atividades econômicas. Em 1997 pouco mais de 50% do PIB local estava relacionado ao setor de comércio e serviços, enquanto 32,04% e 17,34% eram oriundos dos setores da indústria e agropecuária, respectivamente. Desde então investimentos no setor industrial são freqüentes e praticamente constantes ao longo dos últimos dez anos. A passagem do gasoduto Bolívia-Brasil facilitou a instalação, em 2001-2002, de uma Usina Termoelétrica à gás natural, que inicialmente, produzia cerca de 240 MW, mas que atualmente com recursos do Programa de

Aceleração do Crescimento (PAC) a capacidade deve atingir 350 MW.

Posteriormente, pequenas empresas, de diversos setores, têm se instalado em Três Lagoas devido, entre outros fatores, a incentivos fiscais, aperfeiçoamento da infra-estrutura urbana, localização geográfica privilegiada, fácil acesso a rodovias que levam a grandes mercados consumidores e região portuária do país. Entre os setores estabelecidos na cidade destaque para a indústria de Cerâmica Vermelha, que conta com uma produção diária expressiva de cerca de 90.000 peças. Atualmente outros dois grandes empreendimentos estão em gestação, um deles, a fábrica de papel e celulose da Votorantin Celulose e Papel (VCP) que está em construção e mobiliza grande número de trabalhadores, cerca de 15.000 empregos diretos e indiretos na fase de pico, e, outro, uma Siderúrgica ainda em fase de avaliação pelos órgãos públicos. (VCP, 2008)

Em 2004 a participação percentual dos setores agropecuário e de comércio e serviços em Três Lagoas recuaram para 14,81% e 39,40%, respectivamente. Estes números não significam que esses setores sofreram retração econômica, mas que outro setor, o da indústria, desenvolveu-se a um ritmo mais intenso, alcançando 45,79% da participação no PIB local. Atualmente, a cidade atingiu o segundo maior PIB industrial do Estado, permanecendo atrás da Capital, o que também, segundo previsões, deve ser mudado até 2015, e, em 2020 Três Lagoas terá o dobro do PIB industrial do segundo colocado. (SEPLANCT, 2005; FIEMS, 2008)

Quanto às fontes de emissões de poluentes na atmosfera, três grupos foram selecionados para investigação: Fontes Veiculares; Fontes Industriais e Fontes Biogênicas. Como visto na seção 2.8 a fonte veicular, através da frota leve urbana, é reconhecidamente a maior contribuição em grandes centros urbanos mundo à fora. Também, as fontes industriais, dependendo do setor produtivo, tipos de efluentes e dimensões, têm papel relevante nas

emissões totais de uma localidade. As fontes biogênicas no presente estudo são motivadas principalmente pela sua contribuição nas emissões de hidrocarbonetos, que, dado sua alta reatividade, apresentam potencial de contribuir com os processos de formação de poluentes secundários.

Desta maneira, as fontes de emissões que são objeto de investigação compreendem: Fonte Veicular (Frota Leve de Passageiros e Comercial Leve); Fontes Industriais (Usina de Geração Termoelétrica e Indústria de Cerâmica Vermelha) e Fontes Biogênicas (Lagoa da Represa de Jupuíá e Áreas de Reflorestamento de Eucalipto). Nas seções seguintes serão melhor detalhadas as informações sobre as fontes selecionadas e os métodos de cálculo adotado para estimar suas emissões. A figura 47 ilustra, de forma panorâmica, a localização da Área Urbana de Três Lagoas, a Lagoa de Jupuíá, e, as Áreas de Reflorestamento, dentro da região de abrangência do estudo.

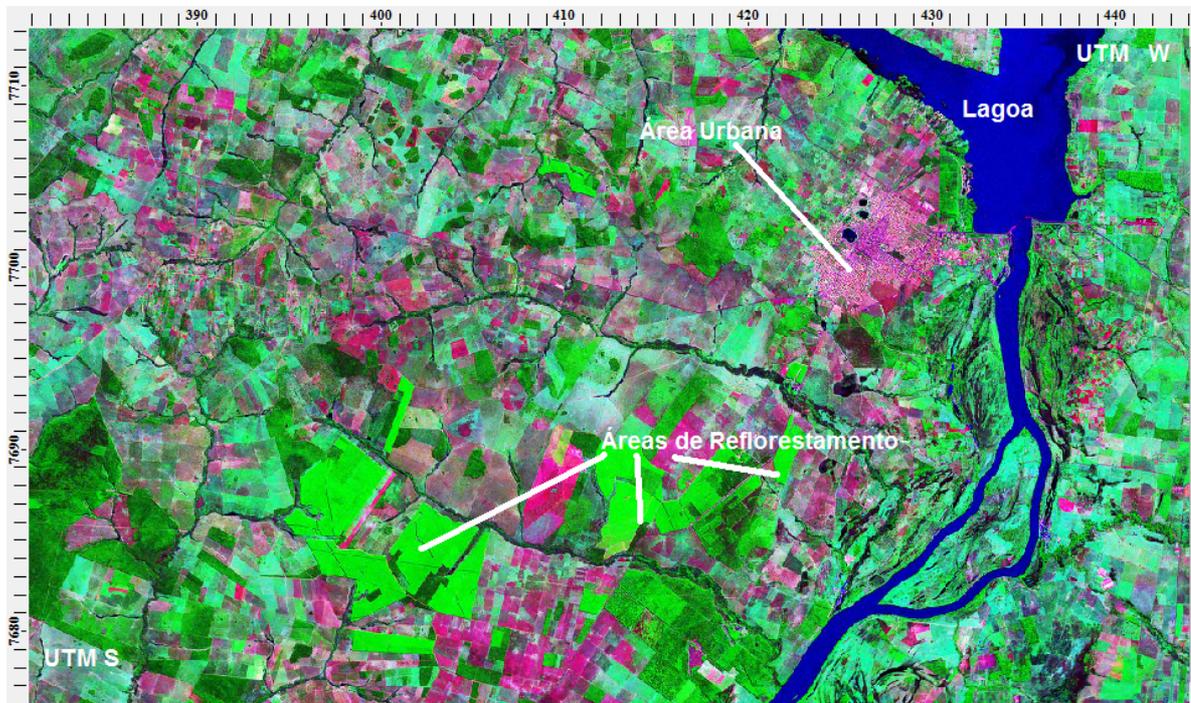


Figura 47: Vista Panorâmica da Região de Três Lagoas.(elaborada a partir de imagem da NASA)

3.2. INVENTÁRIO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

Em 1971 a Agência de Proteção Ambiental Norte-Americana estabeleceu o Sistema Nacional de Dados de Emissões (NEDS, sigla em Inglês), uma espécie de banco de dados sobre as fontes de emissão de poluentes. Essa medida orientou a organização de um relatório anual, um inventário, das estimativas de emissões de fontes potencialmente poluidoras, auxiliando diretamente medidas posteriores para o controle da qualidade do ar.

O Inventário de Emissões Atmosféricas compreende, a rigor, uma lista contendo a reunião de informações que caracterizam o potencial poluidor de uma região geográfica ou setor específico da atividade humana ou natural.

Entre as principais informações que decorrem de um inventário de emissões estão os poluentes selecionados para avaliação, as fontes emissoras que melhor representam o cenário a ser estudado, o nível de atividade de cada fonte emissora selecionada, os fatores de emissão mais adequados para o setor produtivo ou fonte em foco, a faixa de incerteza associada às estimativas de cada fonte e, finalmente, as estimativas das emissões de cada poluente dentro de suas respectivas categorias de fontes. (IPCC, 1996; EEA, 2001; BALDASANO, 1998; EPA, 1997)

Algumas definições de Inventário de Emissões Atmosféricas presentes na literatura abordam o seu caráter mais amplo, isto é, uma resposta documental às relações entre emissão e concentração de poluentes em uma região. Entre tais definições:

É uma compilação de estimativas de emissão de poluentes classificados de acordo com as diferentes fontes de emissão”

“Abordagem baseada na compreensão da relação quantitativa entre emissões atmosféricas e a qualidade do ar ambiente”

Rethink the Ozone Problem in Urban and Regional Air Pollution.

National Research Council –USA (1990)

Outras definições abordam as relações das informações geradas no inventário com a necessidade de gerenciamento da qualidade do ar, controle das emissões das fontes, adequação à fiscalização vigente. Duas dessas definições são:

“Um inventário pode abranger desde um simples sumário de emissões estimadas, a partir de dados de emissão previamente publicados, até um abrangente inventário de uma instalação (ex, indústria) usando dados específico de testes, da fonte, para dar suporte à regulação da atividade”

Introduction to the Emission Inventory Improvement Program – EPA (1997)

“É a base para, essencialmente, todos os programas de gerenciamento de qualidade do ar. Inventário de Emissões são usados por gerenciadores da qualidade do ar na avaliação das contribuições de interações entre fontes de poluição do ar em uma região, como dados de entrada em modelos de qualidade do ar, e no desenvolvimento, implementação e ajuste de estratégias de controle.”

Good Practice for Emission Inventories – EEA (2001)

Baldasano (1998) explica que um inventário, quase sempre, contém dados de três diferentes fontes de emissões: ponto, área e móvel. Suas origens podem ser antrópicas (devido às atividades humanas) ou naturais.

A estimativa de emissões de uma fonte ponto são fornecidas sobre plantas individuais

ou pontos de emissão em conjunção com dados de posição geográfica, capacidade, tipo de processo, condições de operação, temperatura e velocidade dos gases de saída, etc. Fontes Área apresentam comportamento difuso, isto é, diferentes pontos de emissões presentes em uma área são agregados, como se fosse uma única fonte, tendo em vista a dificuldade em defini-las como pontuais. A fonte móvel, ou mesmo linha, define as emissões associadas à produção de poluentes em, ruas, rodovias, linha férrea, trajeto de barcos, etc. (EPA, 1997; Baldasano, 1998; EEA, 2001)

Um dos pontos relevantes de um inventário é a escolha dos fatores de emissão. O Fator de Emissão, de maneira genérica, representa a razão entre a quantidade de um poluente e uma unidade padrão de energia. O fator de emissão é obtido através de ensaios experimentais, em que o combustível em estudo, é queimado, sob diferentes regimes de operação, e, como resultado um valor médio é estabelecido para representar aquele processo de combustão. (IPCC, 1996)

A EPA desde 1972 tem publicado relatórios com fatores de emissões de uma variedade de fontes e níveis de atividade (tal como produção de um dado produto ou consumo de insumo), esses fatores são reunidos na chamada AP-42, *Compilation of Air Pollution Emissions Factors*, que regularmente sofre correções na medida em que novos estudos são realizados. No Brasil, em São Paulo, a CETESB produz um dos relatórios mais completos sobre a qualidade do ar em uma região urbana. Nele são definidos fatores de emissão para fontes móveis e computadas as emissões totais de fontes pontuais industriais de relevância para a região. Para a frota veicular o fator de emissão é definido como a razão entre a massa de poluente emitido em função de uma unidade padrão de distância percorrida pelo veículo.(EPA, 1997; CETESB, 2004,2005,2006)

O Nível de Atividade de um setor produtivo, assim como o Fator de Emissão, tem papel fundamental para a obtenção das estimativas de emissão. Esse parâmetro mede, normalmente

em unidade de energia, a contabilização total do insumo utilizado em cada setor ou fonte estudada.

Esses parâmetros, fator de emissão e nível de atividade, embora essenciais para o cálculo das emissões dos poluentes, são, também, as principais fontes de incertezas associadas ao método. Segundo o Relatório de Referência do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 1996, incertezas são inevitáveis em qualquer estimativa de emissão ou remoção de poluentes. Entre as causas, associadas ao fator de emissão, estão a interpretação inadequada da categoria da fonte, unidade de medida, hipóteses; o uso simplificado de valores médios para representar muitas vezes grupos de fontes, que, embora de uma mesma categoria, diferem sensivelmente entre si.

As incertezas associadas ao nível de atividade são diretamente relacionadas ao quanto os dados fornecidos pelo setor são fidedignos. Outro aspecto a considerar são as incertezas inerentes à compreensão científica dos processos básicos que conduzem à emissão ou remoção.

O inventário de emissões pode ser classificado quanto aos procedimentos adotados para sua elaboração em duas abordagens: *top-down* e *bottom-up*. A abordagem *top-down*, mais generalista, utilizada como dados de entrada para o cálculo o quantitativo total de consumo de um dado combustível e o associa a um fator de emissão que seja representativo da categoria do combustível avaliado. Essa abordagem é útil em situações cujas informações são escassas ou não estão disponíveis; ou, os custos de coleta são elevados ou ainda o uso final do inventário não justifica o investimento. Em geral, essa abordagem trata as fontes como áreas e, nesse caso, o uso de fatores de emissões médios e o nível de atividade obtidos de relatórios nacionais ou regionais reduzem a acurácia das estimativas. (EPA, 1999; PULIAFITO, 2005)

A abordagem *bottom-up* considera um número maior de detalhes da fonte avaliada nos

dados de entrada para o cálculo. Tipicamente é utilizada em fontes pontuais. Entretanto ela pode ser usada para fontes área quando os dados obtidos são relativos à fonte em questão, através de pesquisa prévia. Requer mais recursos para a coleta de informações para o local específico. Em geral, são mais precisos do que a abordagem top-down, pois não utilizam informações globais de relatórios de agências nacionais e regionais, mas sim informações mais diretamente relacionadas à fonte avaliada.(EPA, 1999; PULIAFITO, 2005)

Diferentes autores têm elaborado inventários de emissões de poluentes em regiões urbanas como Bogotá, Buenos Aires, Cidade do México, etc. e, recomendado o uso de ambas as abordagens. A organização das informações pode envolver o uso de diferentes ferramentas para atender as abordagens, tal como o uso programas de simulação, imagens de sensoriamento remoto, fatores de emissão da literatura, dados de monitoramento contínuo de poluentes. (ZÁRATE et. al., 2007; ARRIAGA-COLINA et. al., 2004; SAWYER et. al., 2000; PULIAFITO, 2005)

3.2.1. INVENTÁRIO DE EMISSÃO DA FROTA VEICULAR

A frota veicular leve de Três Lagoas conta, para os anos que abrangem essa pesquisa, 2005-2006, quase 20.000 unidades automotoras da frota leve. Por outro lado, refletindo uma tendência nacional, a frota de ciclomotores e motocicletas têm se elevado, chegando à faixa de 10.000 unidades no município. Esse conjunto, frota leve e motocicletas, representam a fonte majoritária das emissões veiculares. As emissões da frota pesada, ônibus e caminhões, não compõe o inventário, pois essa frota desempenha seu maior nível de atividade em rodovias e não na região urbana do município. A tabela 22 ilustra a distribuição da frota veicular em Três Lagoas obtidas junto ao Departamento de Trânsito do Estado de MS.

Tabela 22: Frota Veicular de Três Lagoas. (DETRAN-MS, 2006)

	2004	2005	2006
Frota Leve	16.814	17.794	18.651
Ciclomotores, Motocicletas e Similares	8.757	9.715	10.960
Frota Pesada	1.508	1.605	1.601
Total	27.079	29.114	31.212

Um dado imprescindível para o cálculo das emissões veiculares é o quantitativo de automotores em circulação. A base de dados da frota total disponível para Três Lagoas compreende período limitado de anos comparado a todo o Estado de MS, o que dificulta o uso dos mesmos para estimar em detalhes as emissões locais. Entretanto, verifica-se que, para os anos em que há dados disponíveis, os comportamentos das séries temporais tanto da frota veicular do Estado quanto do Município se assemelham em sua taxa de crescimento. Esse fato, que compreende seis anos foi extrapolado para outros cinco anos para atender ao método

de cálculo adotado.

A figura 48 ilustra as curvas de crescimento de ambas as frotas, MS e Três Lagoas. A série histórica para Três Lagoas é menor, com dados apenas dos anos 2001-2006. A sobreposição das curvas, é apenas para efeito didático, tendo em vista as diferentes escalas presentes no gráfico.

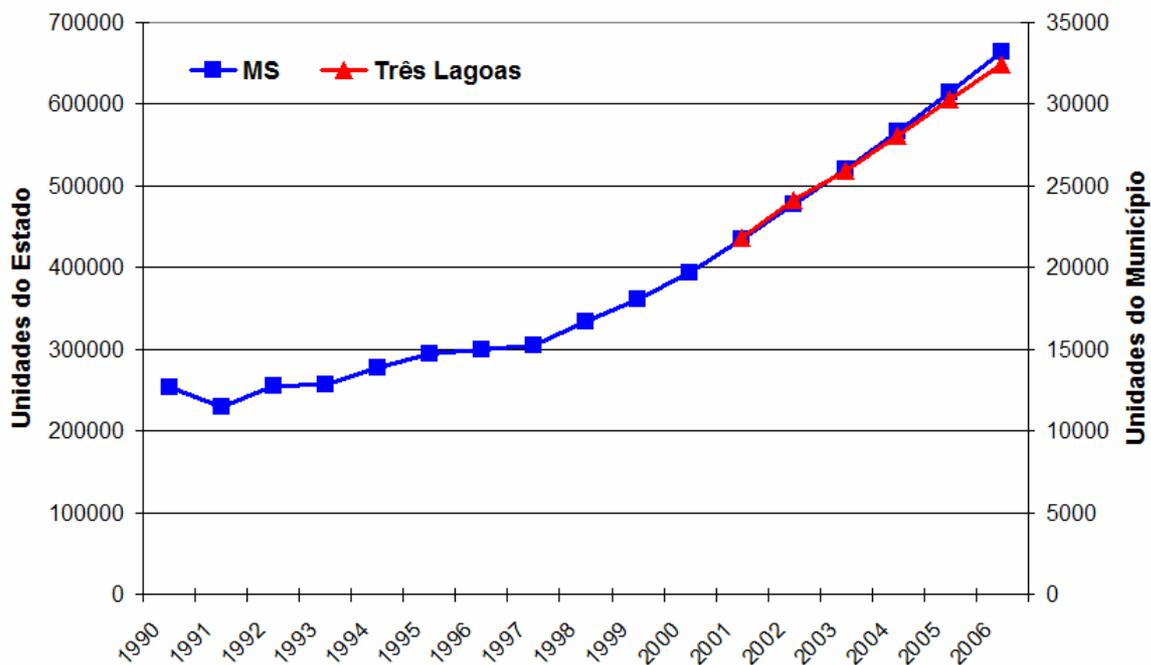


Figura 48: Curvas de Crescimento das Frotas de MS e Três Lagoas. (DENATRAN, 2006)

É evidente que fora do período mencionado acima para Três Lagoas, 2001 a 2006, não há garantias plenas que o comportamento das curvas se mantenham. Todavia, o mercado automobilístico, assim como outras atividades econômicas em MS mantêm-se, historicamente, sensíveis ao desempenho de indicadores macroeconômicos, tal como o PIB do Estado.

Na figura 49 o comportamento da rampa de crescimento do PIB do Estado de MS é semelhante àquela de evolução numérica da frota veicular do Estado entre os anos de 2001 e 2004. A inclinação de ambas as curvas parecem sofrer pequena divergência entre 1995 e 1997 na forma de seus comportamentos, contudo inserindo-se ajustes lineares em ambas as séries de dados, verificam-se que os arcos tangentes são muito próximos, 1,570 e 1,571, respectivamente, para o PIB MS e Frota MS.

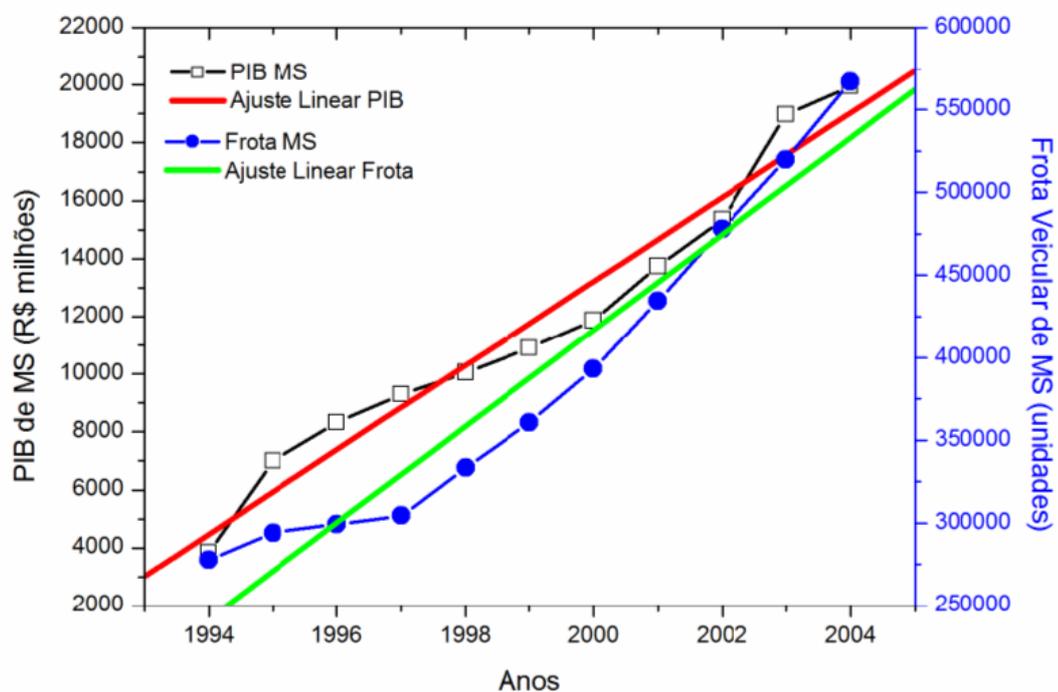


Figura 49: Crescimento do PIB-MS e Frota MS. (DENATRAN, 2006; SEPLANCT, 2006)

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2008, entre 2002 e 2005 a participação percentual de MS no PIB nacional manteve-se praticamente estável, cerca de 1,0%. Nesse mesmo período a participação percentual da Frota de MS em relação à frota total brasileira registrada no Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), e, também, comparativamente à evolução de vendas registradas pela Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA) não sofreu significativas variações, apresentando comportamento semelhante. A figura 50 ilustra esse fato.

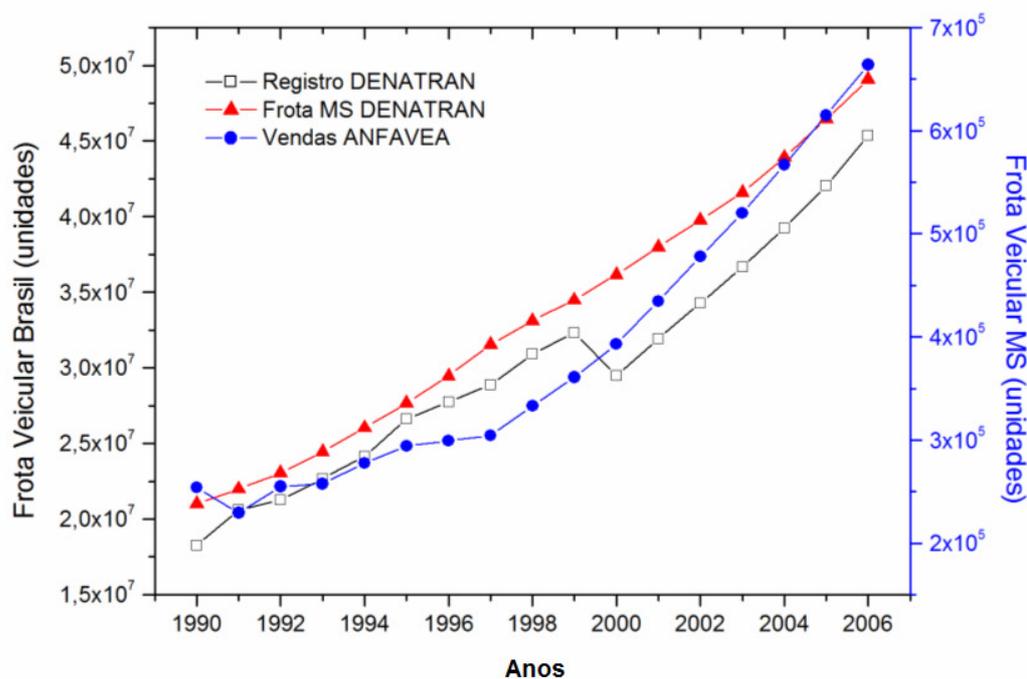


Figura 50: Crescimento das Frotas Nacional e de MS, e Vendas Totais no País. (DENATRAN, 2006; ANFAVEA, 2007)

Reunindo as informações anteriores, é possível, com maior segurança, adotar o comportamento das séries temporais da frota nacional para as da frota local, Três Lagoas. É fato que os dados utilizados se referem à frota total. E, quando da desagregação dos dados em categorias de veículos, variações mais explícitas no comportamento das curvas em relação a um Estado do país ou município específico podem ocorrer.

Entretanto, para o escopo do presente trabalho, a frota urbana, representada, em grande parte, por veículos de passeio e comerciais leves, praticamente não sofre alterações, tendo em vista que essa mesma frota representa a produção majoritária de automotores no país. A figura 51 ilustra comparativamente a curva de crescimento das frotas total e leve produzidas no país.

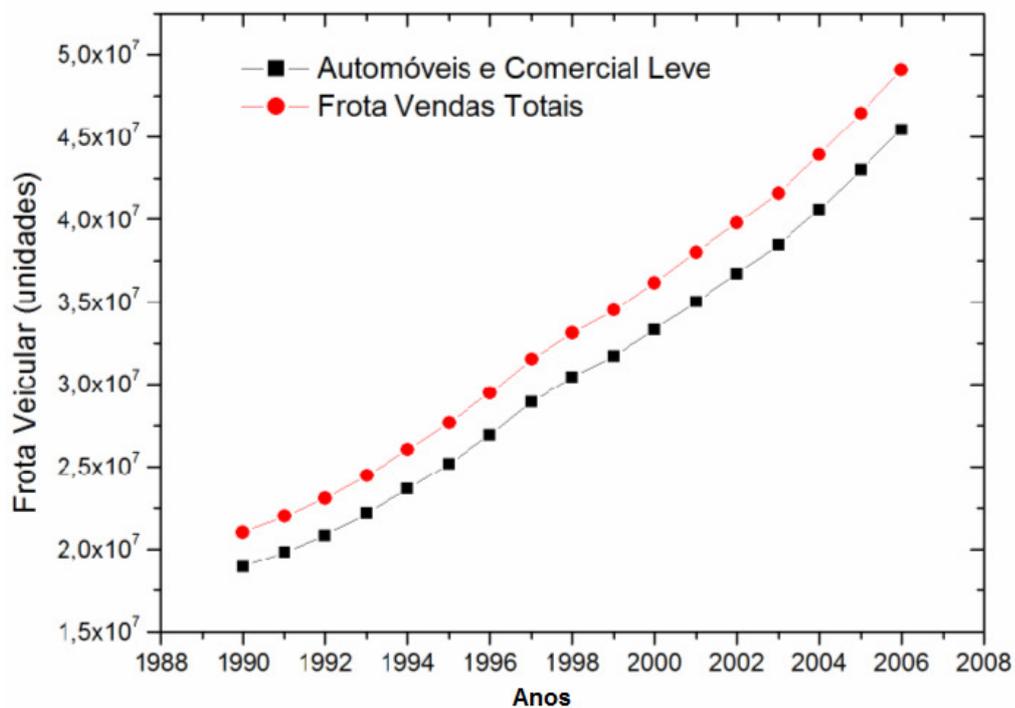


Figura 51: Vendas Totais de Automóveis e Frota Leve.(ANFAVEA, 2007)

Como mencionando na seção 3.2, um Inventário de Emissões compreende, a rigor, um documento na forma de lista constando o quantitativo, em massa, de gases que são selecionados como indicadores da qualidade do ar ou para outro propósito determinado.

O Inventário de Emissão Veicular cumpre a tarefa de auxiliar a avaliação da qualidade do ar, alimentar bancos de dados para simulação de transporte e fotoquímica de poluentes, orientar tomadas de decisões sobre aspectos do tráfego de veículos, observar efeitos da mudança de combustíveis, além de apresentar, dependendo do escopo do inventário, custo financeiro relativamente baixo.

Na segunda metade da década de 80, do século passado, Murgel et. al. (1987), elaboraram Inventário de Emissões Veiculares da Região Metropolitana de São Paulo baseados em metodologia desenvolvida pela Agência de Proteção Ambiental Norte-Americana. O inventário utilizou como referência o ano de 1981 e, após análise de dados, concluiu-se que a participação da frota veicular quanto às emissões dos gases selecionados como indicadores na RMSF foram: CO (monóxido de carbono), 96%; HC (hidrocarbonetos), 83%; o NO_x (Óxidos de Nitrogênio), 89%; e, com participação menores o SO_x (Óxidos de Enxofre), 26%, e MP (material particulado), 24%, mas nem por isso desprezíveis, dado a escala da frota, cerca de 2,5 milhões de unidades em 1985, segundo a Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes à época.

A mesma metodologia tem sido utilizada em diversas citações que buscam elaborar Inventários em outras regiões do país, como a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente do Estado do Rio de Janeiro (FEEMA), que segundo publicação referente a 2004 apresenta os seguintes percentuais de participação de fontes móveis: CO, 98%; HC, 67%; NO_x, 66%; SO_x, 12%; MP, 42%.

Teixeira et.al. (2008) elaboraram Inventário de Emissões Veiculares sobre a Região Metropolitana de Porto Alegre, relativo ao ano de 2004. Nesse trabalho a presença de

monóxido de carbono, hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio apresentaram valores visivelmente superiores aos óxidos de enxofre e material particulado, o que demonstra um comportamento semelhante a outros centros urbanos, conforme dados da tabela 23.

Tabela 23: Emissões de Fontes Móveis. (TEXEIRA¹ et. al.,2008; FEEMA², 2006; CETESB³, 2004)

toneladas/ano	Porto Alegre ¹	Rio de Janeiro ²	São Paulo ³
CO	195.740	314.700	1.706.100
HC	23.450	53.400	207.300
NOx	34.110	60.200	356.500
SOx	1.890	7.500	20.800
MP	2.350	7.800	22.600
População (hab)	3.959.807	11.571.617	19.223.897
Área (km²)	9.800	5.645	7.944
Frota (no. Veículos)	1.166.914	2.730.000	7.800.000

Em 2006, o Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) publicou o documento designado Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa, que aborda, em parte, as emissões do transporte nacional rodoviário leve e pesado. Entretanto, os dados, e, portanto o Inventário, se referem ao início da década de 1990 (1990-1994), sendo assim desatualizado. A tabela 24 ilustra as emissões totais da frota nacional de veículos leves para o ano de 1994.

Tabela 24: Emissão Nacional da Frota Veicular Leve/1994. (MCT2, 2006)

ton/ano	CO	HC	NOx
Gasolina	3.585.000	653.300	157.000
Álcool	1.025.000	213.400	80.000

Um dos aspectos relevantes da metodologia para produção do Inventário de Emissões Veiculares é o uso do fator de sucateamento da frota, isto é, a estimativa da curva de sobrevivência dos veículos aplicada ao montante de veículos novos produzidos, que permite estimar a frota circulante em função de sua idade. Segundo o Relatório do MCT, 2006, esse procedimento é utilizado principalmente devido a existência de discrepância entre os bancos de dados disponíveis da frota registrada pelo DENATRAN e a frota circulante de fato.

A seguir é explicitado o algoritmo matemático aplicado a planilhas eletrônicas para a estimativa das emissões dos poluentes CO, HC e NO_x da frota circulante do município de Três Lagoas. As expressões matemáticas são adaptadas de Murgel et.al (1987) e do relatório de referência do IPCC (1996).

A Emissão total de poluentes oriundos de escapamento da frota veicular (abordagem bottom-up), no presente trabalho, utiliza a seguinte expressão matemática:

$$E = \sum E_{ijk} \quad (01)$$

Em que “*E*” expressa o valor numérico total da contabilização das emissões de uma espécie de gás, em um certo ano, referente a todos os combustíveis; $\sum E_{ijk}$ representa que o termo *E* é desagregado em termos que exigem informações específicas como é o caso dos diferentes combustíveis utilizados pela frota veicular.

As informações específicas são identificadas com as letras *ijk*, que, no presente caso “*i*” corresponde à espécie de gás poluente (CO, HC, NO_x); “*j*” o combustível (Gasolina, Álcool, Diesel) e “*k*” o ano em questão para o referido inventário (2005 e 2006).

O segundo membro da equação 01 pode ser reescrito como:

$$E_{ijk} = \overline{FE}_{ijk} \cdot NV_{jk} \cdot \overline{KM}_{jk} \quad (02)$$

Os termos \overline{FE}_{ijk} e \overline{KM}_{jk} representam valores numéricos médios, enquanto NV_{jk} um valor numérico absoluto. As quantidades que tais termos representam são, respectivamente, o Fator de Emissão médio adotado para um poluente específico; a quilometragem média da frota, e, o número de veículos da frota, todos variando em função do combustível utilizado e do ano do inventário.

As unidades de medida utilizadas para \overline{FE}_{ijk} , \overline{KM}_{jk} e NV_{jk} são respectivamente: g/km (grama por quilometro), km (quilometro) e número de unidades veiculares.

O valor de \overline{FE}_{ijk} é obtido de:

$$\overline{FE}_{ijk} = \sum Fe_{ijk'} \cdot \left(\frac{nv_{jk'} \cdot km_{jk'}}{\sum nv_{jk'} \cdot km_{jk'}} \right) \quad (03)$$

Em que $Fe_{ijk'}$ é o fator de emissão para a frota de veículos novos fabricados no ano k' e corrigidos com um fator de deterioração. O termo $nv_{jk'}$ corresponde ao número de veículos novos fabricados no ano k' ; e, $km_{jk'}$, à quilometragem percorrida adotada no ano k para veículos fabricados no ano k' .

Os outros termos da equação 02 podem ser reescritos como:

$$NV_{jk} = \sum nv_{jk'} \quad (04)$$

e

$$\overline{KM}_{jk} = \frac{\sum nv_{jk'} \cdot km_{jk'}}{\sum nv_{jk'}} \quad (05)$$

O número total de veículos no ano k , equação 04, obtém-se pela soma simples da frota em cada ano k' .

A quilometragem média da frota no ano k , equação 05, consiste na razão entre a quilometragem total percorrida por toda a frota de combustível j ao longo dos anos k' e o número total de veículos.

Em virtude do uso dos veículos, o desgaste mecânico é inevitável, mesmo com manutenção adequada. Desta maneira, a taxa de emissão de poluentes sofre ligeiras alterações, que são corrigidas por um fator de deterioração, FD .

O Inventário Nacional de Emissões de Gases de Efeito Estufa adota dois fatores de deterioração desenvolvidos pela EPA. Um fator é recomendado para a frota pré-1968 e o outro para os veículos após essa data. Segue a expressão para os veículos pós-1968, adotado para os cálculos do presente inventário:

$$FD_{co} = \frac{56,34 + 2,55.Y}{56,34} \quad (06a)$$

e

$$FD_{hc} = \frac{4,43 + 0,25.Y}{4,43} \quad (06b)$$

Em que, FD_{co} e FD_{hc} são fatores de deterioração para correção, respectivamente, das emissões de monóxido de carbono e hidrocarbonetos.

O termo Y é expresso por:

$$Y = \frac{\text{quilometragem(accumulada)}}{1,61.(10.000)} \quad (07)$$

Em que Y é limitado em 6,27 , pois se admite que após 100.000 km há estabilização na resposta de emissão em função do desgaste mecânico.

Não há fatores de deterioração para emissões de óxidos de nitrogênio uma vez que, segundo justifica Murgel et. al. (1987) , a câmara de combustão com o tempo tende a reduzir sua temperatura, e, portanto as emissões de NO_x .

Finalmente,

$$Fe_{ijk} = Fe_{ijk}^n \times FD_i \quad (08)$$

Em que o termo Fe_{ijk}^n representa o fator de emissão para o veículo novo, e Fe_{ijk} o fator de emissão corrigido para a frota em circulação dependendo de seu tempo de uso.

A escolha adequada dos fatores de emissão é de suma importância para reduzir os níveis de incerteza das emissões totais. As estimativas que decorrem dessa escolha podem, inclusive, traduzirem sensíveis oscilações na mudança de combustível, tecnologia e regime de operação.

No Brasil, os fatores de emissão da frota veicular foram estabelecidos pelo PROCONVE. Para a frota tipicamente urbana, veículos de passageiros e comerciais leve, a figura 28 seção 2.8 e a tabela 16 seção 2.11 ilustram a redução nos fatores de emissão

ao longo dos anos, revelando investimentos do setor privado no aprimoramento tecnológico do controle de emissões para responder às metas de qualidade do ar nas normas vigentes.

Segundo o Detran-MS, até o presente momento, não há banco de dados sobre a frota Flex para o município de Três Lagoas para os anos de 2003-2006.

A distância total percorrida por um veículo, durante um ano, é um dos parâmetros básicos para o cálculo de estimativas de emissões veiculares. Na metodologia adotada a distância total percorrida varia em função da idade do veículo, mas possivelmente também em função das características da malha e das dimensões do município. A tabela 25 dispõe as quilometragens médias assumidas pelo modelo em relação à idade do veículo, isto é, à medida que a frota envelhece seu uso torna-se menor, variando de 22.000 no ano de aquisição a 9.000 no período de estabilização das emissões.

Tabela 25: Relação assumida para a Idade dos veículos e a Quilometragem total percorrida. (MCT2, 2006;

MURGEL et. al., 1987)

Idade	Quilometragem
1	22000
2	19000
3	17000
4	15000
5	14000
6	14000
7	14000
8	13000
9	13000
10	13000
11	10000
Mais de 11	9000

Aos dados da tabela 25 foram adicionadas informações sobre a distância média percorrida anualmente em Três Lagoas. Tais informações foram obtidas através de entrevista espontânea à população do município.

A coleta de dados foi realizada no dia 8 de março de 2008 entre as 9h da manhã e as 17 h. Foram entrevistados 119 moradores em 5 diferentes regiões da cidade, inclusive prestadores de serviço de táxi e “mototaxi”. Também foram consultadas 3 revendas de automóveis que comercializam veículos usados.

A análise dos dados dos questionários (formulário, Anexo 42) indica valores de quilometragem média anual com variações de 20 a 30% comparados àqueles utilizados na metodologia adotada (coluna Inventário, Anexos 14 a 19), conforme ilustra a tabela 26.

Tabela 26: Quilometragem média obtida do Inventário e Entrevista espontânea em Três Lagoas.

	Inventário	Entrevista
Categoria de Veículos	km	
Gasolina	13.406	10.600
Álcool	13.746	10.390
Diesel	80.000	Nd
Motocicletas	12.000	10.024

* Nd – Não determinado. Dados insuficientes.

Como exposto no início da seção, a comercialização de veículos no país mantém estreita relação com indicadores da macroeconomia estadual, e esta tem acompanhado o crescimento do PIB nacional, além da relação entre as curvas de crescimento das frotas estadual, municipal e nacional. Entretanto a elevação gradativa na exportação a partir de 1990 e a inserção da frota Flex a partir de 2003 ocasionou variações sensíveis entre a produção nacional e a frota licenciada.

Desta forma, a quantidade de veículos para o município de Três Lagoas foi estimada a partir de dados de licenciamento e curva de sucateamento da frota para o Brasil.

Os dados de licenciamento foram obtidos de anuário 2007 da ANFAVEA com registros desde 1957, e, a curva de sucateamento da metodologia desenvolvida pela Petrobrás S.A. e citada no Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Ministério de Ciência e Tecnologia. Desse último documento também são extraídas as equações de cálculo, a seguir, utilizadas em planilhas eletrônicas.

A expressão matemática utilizada para o cálculo de sucateamento da frota é uma função de Gompertz como segue:

$$S(t) = e^{-e^{(a+b.t)}} \quad (09)$$

Em que $S(t)$ representa a fração de veículos novos sucateados no tempo t de vida. Os termos a e b são parâmetros de calibração para as categorias da frota, automóveis leves e comerciais leves. Tais termos podem ser verificados na tabela 27.

Tabela 27: Parâmetros de Calibração da Curva de Sucateamento da Frota. (MCT2, 2006)

	a	b
Automóveis	1,798	-0,137
Comercial Leve	1,618	-0,141

A equação limita o tempo de vida da frota em 40 anos, sendo consistente com o banco de dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio de 1988 do IBGE.

A figura 52 ilustra as curvas de sucateamento da frota em duas categorias, automóveis de passageiros e comerciais leves.

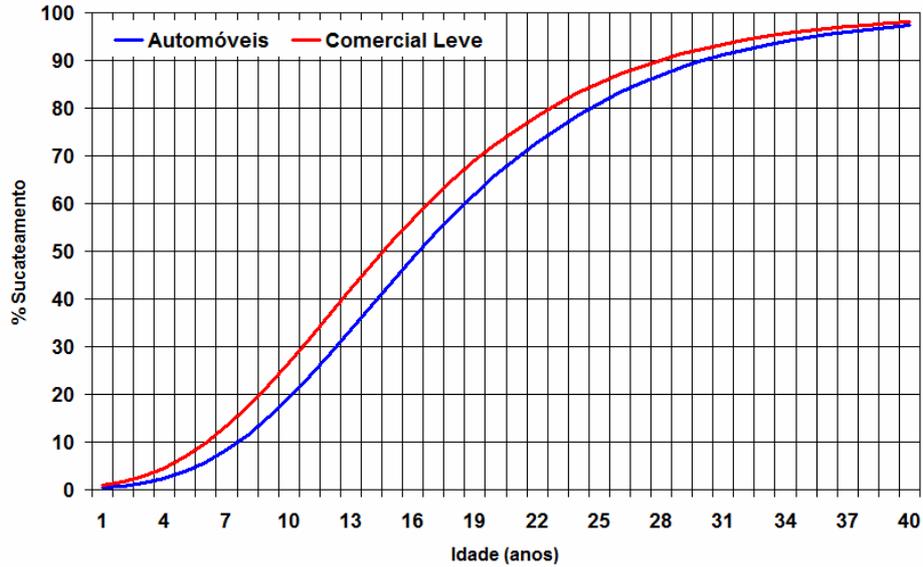


Figura 52: Curvas de Sucateamento Frota Leve Urbana. (MCT2, 2006)

O cálculo da frota leve circulante, F_{ik} , referente ao ano de inventário i e combustível k é obtido por:

$$F_{ik} = \sum_j F_{ij} = \sum_j V_j \cdot [1 - S(t)] \quad (10)$$

Sendo V_j o número de veículos comercializados no ano j ; $S(t)$, novamente, é o fator de sucateamento para veículos de idade t .

Considerando $t=i-j+0,5$ e $S(t)=1$ para $t>40$.

Uma vez obtida a frota circulante nacional a partir de dados da ANFAVEA, utiliza-se a curva de crescimento da frota circulante nacional normalizada para determinar a frota do município de Três Lagoas baseado nos bancos de dados do DETRAN-MS e DENATRAN. As tabelas com os cálculos da frota circulante, dados da

ANFAVEA e frota municipal estão nos anexos 1 a 13.

Outra abordagem possível, a top-down, calcula as emissões totais de poluentes gasosos a partir do consumo total de combustíveis comercializados no município.

Nesse caso, específico para a frota veicular, e, diferentemente de outros inventários, é assumida de maior confiabilidade essa abordagem, top-down, que considera globalmente a energia total aproveitada no processo de combustão de veículos automotores. Os fatores de emissão adotados são os definidos pelo IPCC (1996), e o nível de atividade são os obtidos pela Agência Nacional do Petróleo para Três Lagoas. A equação 11 do item seguinte, 3.2.2, é utilizada nos cálculos que relacionam esses dois parâmetros, fator de emissão e nível de atividade.

Para calcular-se o nível de atividade foram considerados, os volumes consumidos; a densidade; e, o poder calorífico inferior de cada um dos combustíveis, gasolina, álcool e diesel, fornecidos pela Agência Nacional do Petróleo. O Anexo 63 contém a planilha de cálculo da abordagem acima relatado.

3.2.2. INVENTÁRIO DA INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA

A atividade Cerâmica em Três Lagoas, ou Setor de Cerâmica Vermelha, é baseada na produção de telhas e uma parcela minoritária de blocos e outros derivados de argila.

Segundo informações do Sindicato da Industria Cerâmica do Estado de MS, o setor de Cerâmica Vermelha de Três Lagoas contou com mais de 20 plantas industriais. Atualmente, há 5 plantas industriais em atividade, produzindo cerca de 90.000 peças/dia em fornos intermitentes de chama invertida do modelo abóbada.

Há poucas informações publicadas sobre o setor local. Entretanto, todas as unidades industriais do setor colaboraram com informações de sua produção; a rigor, são valores médios do consumo de combustível (lenha) e produção média diária de peças. O regime de trabalho dos fornos e sua temperatura média também foram disponibilizados por uma das indústrias e extrapolados para as demais uma vez que as tecnologias são semelhantes, os dados obtidos estão de acordo com informações adicionais obtidas junto à Associação Nacional da Industria Cerâmica.

Os cálculos, portanto, são baseadas no consumo médio de lenha diário e tempo de operação dos fornos, e posteriormente comparadas com dados da literatura sobre o nível de atividade do setor levando em conta o número médio de peças produzido. Nos anexos 22 a 26 estão ilustradas as tabelas de cálculo das contribuições do setor de cerâmica vermelha. As figuras 53 e 54 ilustram o forno de uma planta industrial presente no município.



Figura 53: Entrada lateral do Forno Abóbada para inserção das peças para queima.



Figura 54: Entrada Frontal do Forno Abobada para Alimentação de Lenha.

Os dados do consumo de lenha médio informado pelas indústrias são coerentes quando comparados à produção média de peças entre elas e também entre dados da literatura.

Silva et al. (2005) faz análise sobre a sustentabilidade ambiental do setor na região de Canaúba dos Dantas, RN, e cita que o consumo médio de lenha é de 2,0 m³/1000 peças, sendo a variação entre 1,7 a 4,1 m³/1000 peças. Tapia et. al. (2005), uma das principais referências do setor, relata que para o forno tipo abóbada o consumo médio de lenha deve permanecer entre 1,0 e 1,5 m³/1000 peças.

A tabela 28 ilustra os dados declarados pelas indústrias de Cerâmica Vermelha de Três Lagoas, identificadas pelos números 1 a 5, sobre o consumo de lenha mensal e a produção diária de peças cerâmicas, e a razão do consumo médio de lenha/serragem por milheiro produzido. Os dados informados pelas indústrias são de anos recentes (tabela 28), e não dos anos do inventário, 2005-2006. Entretanto, algumas indústrias, 2 e 3, relatam que as mudanças no consumo não foram significativos em relação aos anos recentes.

Tabela 28: Consumo Médio de Combustíveis para a Produção de Peças Cerâmicas.

Indústrias	Lenha (st m ³) ^d	Produção	m ³ /1000 peças ^a
1	600/700	18000-19000	1,52
2	500	15000	1,44
3	320	8000	1,63
4	600 ^b	15000 ^c	2,01
5	2600/3000 ^b	34000/39000	3,34

^aconsiderar média de 23 dias/mês ^buso de serragem, as demais em tora. ^cblocos, os demais telhas ^destéreo metro cúbico

Os fatores de emissão adotados nesse trabalho são os publicados pela EPA em edição revisada da AP-42 em 2001 sob o título *Wood Residue Combustion in Boilers*. Fatores de emissão produzidos por equipe do Núcleo de Engenharia Térmica e Fluídos, em análise de queima de lenha no Estado de MS, também são utilizados para comparação com os fatores

adotados no inventário. (PAGLIUSO, 2005,2006)

Os fatores de emissão da AP-42 revisada não fazem distinção quanto ao controle ou não de emissões, como classificava a versão anterior. Entretanto, em geral os novos fatores são maiores ou iguais à classificação designada sem controle da antiga lista de fatores.

Os cálculos das emissões do setor de Cerâmica Vermelha seguem o modelo da abordagem top-down, disponível no guia do IPCC (1996) que orienta a elaboração de Inventários a partir do consumo global de combustíveis. Dois parâmetros são utilizados: o fator de emissão médio, FE_{ab} , em kg/TJ, adequado para o tipo de tecnologia e combustível, a , e setor de atividade, b , além da contabilização do nível de atividade do setor, A_{ab} , em unidade de energia, TJ, o que para o presente estudo representa estimar a energia decorrente da queima de lenha/serragem utilizada no processo produtivo de artefatos cerâmicos. A emissão total é expressa por:

$$E = \sum (FE_{ab} \cdot A_{ab}) \quad (11)$$

Algumas conversões de unidades de medida e cálculos adicionais são necessários para se obter a energia total consumida no processo de queima. A massa total em kg, dos combustíveis foi obtida mediante o conhecimento da densidade e volume consumido de lenha e serragem. Entretanto para o caso da lenha o volume deve ainda ser convertido de m^3 st, unidade de medida comercial, em m^3 , o que é possível aplicando o fator de conversão 1,5 segundo dado do IBAMA. Posteriormente, a energia total é calculada pelo produto do poder calorífico inferior do combustível e a massa total utilizada no período de análise do inventário. Os anexos 22 a 26 ilustram as constantes e referências utilizadas para a obtenção da energia total.

3.2.3. INVENTÁRIO DA USINA DE GERAÇÃO TERMOELÉTRICA

A Usina Termoeletrica Três Lagoas pertence à Petrobrás S.A., um investimento de US\$ 250 milhões, que esta em operação desde 2004. A Usina opera em ciclo simples com 4 geradores GE/ALSTOM de 90 MW com o sistema Dry-Low-NOx para redução das emissões de óxidos de nitrogênio. Sua capacidade de geração deve, brevemente, ser ampliada de 240 para 350 MW, com a inclusão de duas novas unidades geradoras, que permitira o funcionamento em ciclo combinado. A termoeletrica está localizada na região norte da cidade às margens do Lago da Usina Hidroeletrica Engenheiro Souza Dias (Jupia), e próximo ao aeroporto da cidade, suas coordenadas UTM são 431060 mE e 7705750 mS, zona 22. A figura 55 ilustra a visão lateral das unidades geradoras.



Figura 55: Vistas aérea e lateral (detalhe à direita) da UTE Três Lagoas. (GOOGLE EARTH, 2004)

Os dados utilizados para elaboração do inventário de emissões da Térmica são de medidas diretas de instrumentos instalados nas chaminés, que operam em regime de fluxo contínuo, portanto a abordagem utilizada é a bottom-up. A empresa disponibilizou

o banco de dados hora-a-hora dos anos de 2005 e 2006 relativos à concentração de gases de exaustão da chaminé, são eles o monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e oxigênio. Também foram informadas as características geométricas da chaminé, altura e diâmetro interno, vazão média e temperatura de exaustão dos gases, além das coordenadas geográficas de cada unidade geradora.

A expressão matemática, extraída de Schulz (2003), para o cálculo da descarga de massa de poluentes mediante os dados experimentais disponíveis é:

$$\dot{M} = U_0 \cdot C_0 \cdot A_0 \quad (12)$$

Em que U_0 é velocidade de exaustão dos gases na saída do jato; C_0 , a concentração do gás de exaustão e, A_0 , a área de saída do jato.

Utilizou-se planilha Excell para auxiliar nos cálculos, tendo em vista o elevado volume de dados. Uma outra ferramenta computacional, o ISCST3-PRIME, da Lakes Environmental foi utilizada para simular os efeitos de dispersão da pluma para alguns períodos de operação da térmica em 2005 e 2006. No anexo 49 uma tabela exhibe cálculos para as estimativas de emissão da Termoelétrica.

3.2.4. INVENTÁRIO DA COBERTURA VEGETAL DE REFLORESTAMENTO

Entre as informações necessárias para elaboração do inventário de emissão da floresta os dados de área de cultivo foram obtidos junto à empresa Votorantin Celulose e Papel (VCP) e, seguem organizados na distribuição ilustrada na figura 56 para os anos de 2005 e 2006. Imagens de satélite também foram utilizadas para estimar as áreas de plantio que podem influenciar as concentrações de hidrocarbonetos na região urbana de Três Lagoas, as mais próximas estão à cerca de 12 a 25 km, conforme ilustra a figura 57. Os dados meteorológicos são de duas estações de monitoramento de propriedade da Petrobras S.A. e INMET, ambas localizadas na região urbana da cidade.

Um outro dado necessário para o cálculo de emissões é a determinação da densidade foliar, essa depende do padrão de espaçamento de plantio, da espécie a ser cultivada, e da idade. Esse dado não foi disponibilizado para as florestas da região, desta maneira será adotado como valor padrão 300 gm^{-2} , conforme uso corrente na literatura.

(NUNES & PIO, 2001)

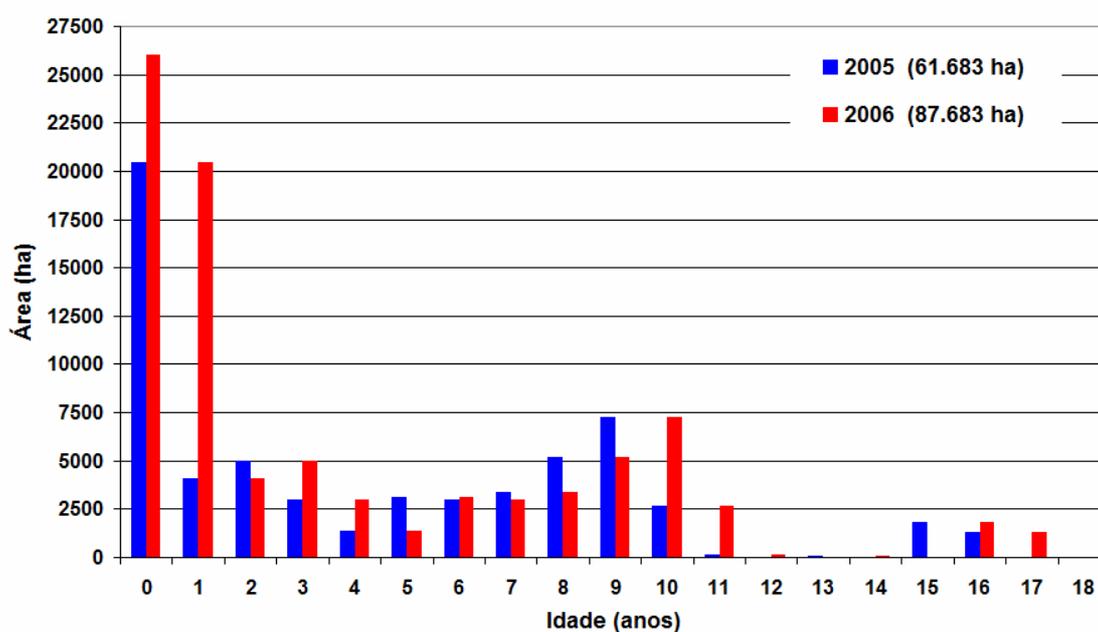


Figura 56: Distribuição das Áreas de Cultivo de Eucalipto na Região de Três Lagoas.

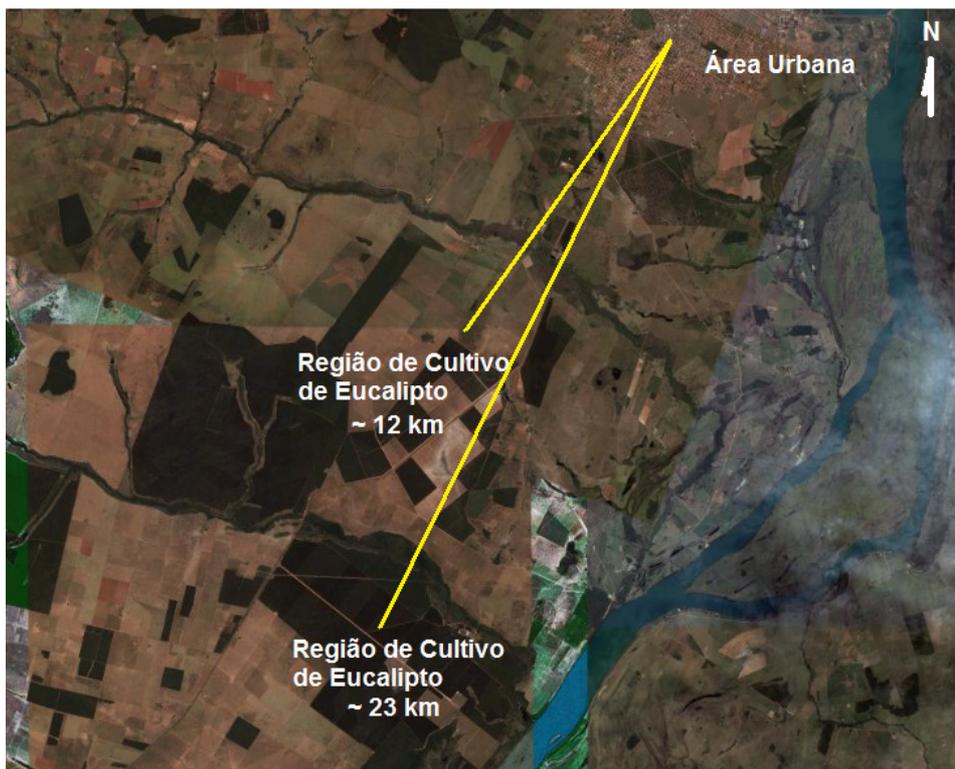


Figura 57: Áreas de Cultivo mais próximas à Região Urbana. (GOOGLE EARTH, 2004)

Vários algoritmos matemáticos para expressar as emissões biogênicas da vegetação foram desenvolvidos entre as décadas de 1970 e 1990. Entre eles, os modelos G-91 e G-93 demonstraram melhor ajuste às observações experimentais. Para compor o presente inventário de emissões biogênicas o algoritmo adotado será o G-93. (GUENTHER, 1991, 1993, 1995; GERON et. al., 2000)

O modelo G-93 foi desenvolvido por Guenther e seus colaboradores do *National Center for Atmospheric Research*, EUA. O algoritmo matemático relaciona a produção de isopreno e monoterpenos da cobertura vegetal aos parâmetros meteorológicos temperatura e radiação solar.

A função matemática para a emissão de isopreno é expressa por:

$$I = I_s \cdot C_L \cdot C_T \quad (13)$$

Em que I é a taxa de emissão à temperatura T e radiação L ; I_s é a taxa de emissão padrão (48+/-11 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$, eucaliptos jovens; 32+/-10 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$, eucaliptos adultos) às condições de temperatura (303 K) e fluxo de radiação-fotossintetizante (1000 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$).

C_L é o fator de correção para a luz, dado por:

$$C_L = \frac{\alpha \cdot C_{L1} \cdot L}{\sqrt{1 + \alpha^2 \cdot L^2}} \quad (14)$$

Em que L é o fluxo de radiação-fotossintetizante do período de tempo a ser avaliado. Os termos C_{L1} (1.066) e α (0.0027) são coeficientes empíricos obtidos da análise de diferentes espécies de vegetação.

Na equação 13 o termo C_T é o fator de correção para a temperatura, e é expresso por:

$$C_T = \frac{e^{\frac{C_{T1} \cdot (T - T_s)}{R \cdot T_s \cdot T}}}{1 + e^{\frac{C_{T2} \cdot (T - T_s)}{R \cdot T_s \cdot T}}} \quad (15)$$

Em que T é a temperatura da folha, em Kelvin, T_s é a temperatura padrão (303 K), R é a constante universal de gás ideal, e , T_M (314 K, C_{T1} ($95 \times 10^3 \text{ Jmol}^{-1}$) e C_{T2} ($230 \times 10^3 \text{ Jmol}^{-1}$) são coeficientes empíricos.

Para estimar as emissões de monoterpenos utilizou-se a função matemática 16, também

prevista no modelo G-93:

$$M = M_s \cdot e^{[b \cdot (T-30)]} \quad (16)$$

Em que M é a taxa de emissão de monoterpenos à temperatura T , M_s é a taxa de emissão padrão de monoterpenos ($3 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) à temperatura de 303 K, e b (0.09 K^{-1}) é um coeficiente empírico. Os anexos 20 e 21 ilustram tabelas de cálculos de estimativas de emissão de isopreno e monoterpenos.

3.2.5. INVENTÁRIO DE EMISSÃO DO LAGO DA REPRESA DE JUPIÁ

A construção da Usina Hidroelétrica Engenheiro Souza Dias foi concluída em 1974. Sua barragem construída com extensão de 5495 metros, no Rio Paraná, liga os Estados de Mato Grosso do Sul e São Paulo. A Usina apresenta potência instalada de 1.551 MW e compõe o Complexo de Urubupungá juntamente com as hidroelétricas de Ilha Solteira e Três Irmãos. (CESP, 2008)

O Lago da Represa de Jupia, como costuma ser chamado, formado a partir do fechamento da barragem da UHE Eng. Souza Dias ocupa uma área de 330 km² e uma parcela de sua superfície está localizada entre as coordenadas UTM 431000 e 438000 mE e 7702000 e 7710000 mS mais próxima à região urbana de Três Lagoas (figura 58).

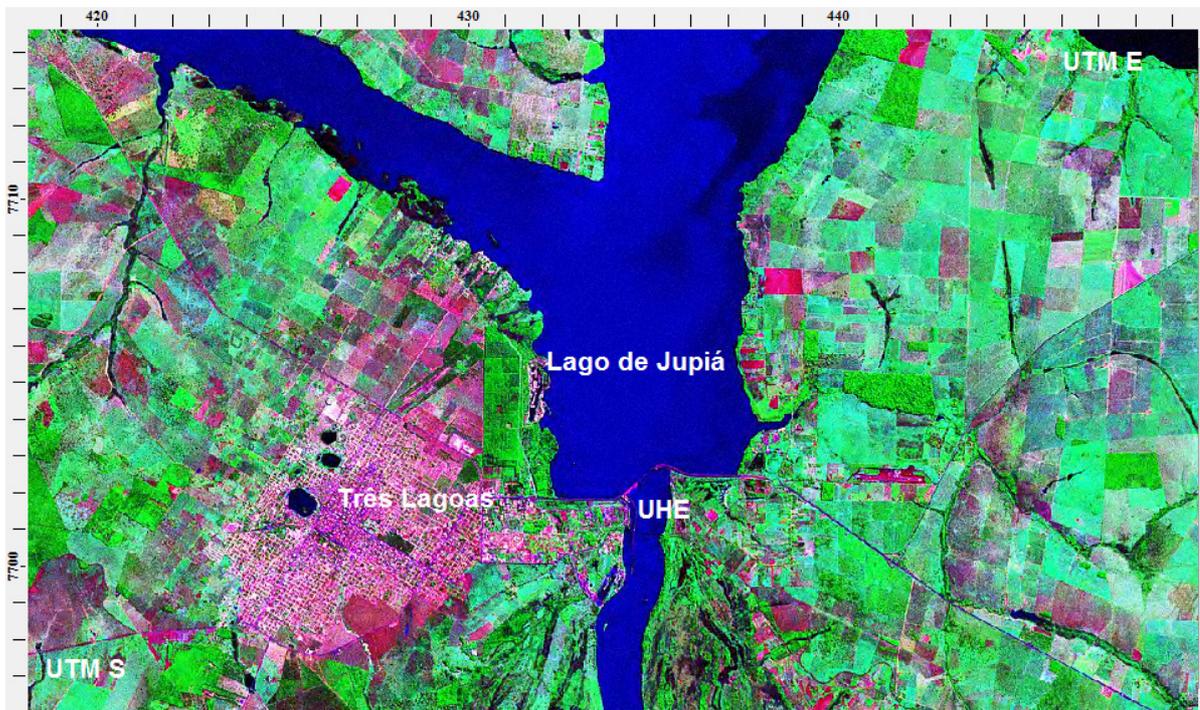


Figura 58: Localização em coordenadas UTM da superfície do Lago de Jupia. (elaborada a partir de imagem da NASA)

A vegetação que foi alagada está inserida em uma região que é classificada como predominantemente de Cerrado (Florestada, Arborizada, Parque e Gramíneo-Lenhosa) com atividades agrárias.(IBGE, 2008)

O alagamento dessa região causou, em parte, devido à matéria orgânica submersa, a rápida deterioração, que por conseguinte, favoreceu a intensificação das emissões de metano nos 7 a 10 anos iniciais.

Entretanto, atualmente, o Lago de Jupuíá possui quase 35 anos, o que segundo a literatura as emissões médias de metano, comparativamente ao início, são menores, e devem apresentar relativa estabilidade, variando em função das condições físico-químicas do lago, variações sazonais, e variáveis meteorológicas como temperatura, velocidade do vento e radiação solar.

Recentemente, a Companhia Energética de São Paulo (CESP) publicou um inventário de suas emissões de gases de efeito estufa, entretanto o documento se limita às emissões de dióxido de carbono. Segundo esse documento as estimativas das emissões de metano de lagos como de Jupuíá não foram incluídos devido a divergências no fator de emissão. (CESP, 2007)

No presente inventário as estimativas se baseiam na abordagem top-down. A ausência de medidas de concentração de metano realizadas especificamente no Lago de Jupuíá é a principal razão para o uso dessa abordagem. De fato, fatores de emissão apresentam grandes variações de uma barragem para outra. Entretanto, contatos realizados com pesquisadores da área que investigaram, em diversas campanhas de monitoramento, os principais reservatórios do país, concordam que, mesmo com percentuais elevados de incerteza a avaliação das emissões de Jupuíá através de fatores de emissão de outro lago, como o de Barra Bonita, Estado de São Paulo, que apresentam algumas semelhanças, pode contribuir para estimar a ordem de grandezas das emissões de CH₄.

O Lago de Barra Bonita está localizado na latitude 22° 31' S, muito próximo à latitude 20° 45' S de Jupiá. A extensão da área do lago é de cerca de 31.000 ha e seu funcionamento se iniciou em 1963, diferindo, entretanto, na vegetação que predominava na região de Barra Bonita, a Mata Atlântica.

As estimativas das emissões de CH₄, portanto, são obtidas pelo produto de um fator de emissão em função do nível de atividade, que, no caso do lago, corresponde à área de abrangência do alagado. Foram utilizadas imagens do satélite CBERS2, que permite calcular a área da superfície que correspondente ao lago de Jupiá. O fator de emissão adotado é o mesmo do Inventário produzido pelo Ministério de Ciência e Tecnologia, e, tais informações podem ser consultadas na seção 2.7 tabela 7. (AES, 2008; IBGE, 2008; MCT1, 2006).

3.3. MONITORAMENTO DA CONCENTRAÇÃO DE POLUENTES E PARÂMETROS

METEOROLÓGICOS

As medidas de concentração de gases poluentes foram realizadas através de três diferentes monitores de fluxo contínuo da marca Horiba, modelos APOA 360 (Ozônio), APNA 360 (NO_x) e APMA 360 (CO), instalados em uma Estação de Monitoramento Fixa de Qualidade do Ar e Parâmetros Meteorológicos, localizada na periferia da cidade, região nordeste à área central, coordenada UTM: 427.944 mE; 7.702.272 mS, altitude 325 metros. Esses instrumentos são de propriedade da empresa Petróleo Brasileiro S.A. e, seus dados, foram cedidos gentilmente, na sua forma bruta, para a EESC/USP e GASLAB/UEMS para a realização do presente trabalho.

O banco de dados foi cedido em dois arquivos Excel, um referente ao ano de 2005 e, outro, a 2006; ambos, individualmente, possuem 23 colunas por 8767 linhas. Do total de linhas, 8760 correspondem ao registro, hora-a-hora, durante 24 horas por dia ao longo dos 365 dias do ano, as demais linhas são cabeçalhos. Nas colunas estão registrados os parâmetros meteorológicos, os tipos de gases monitorados na atmosfera local, além de dados de concentração de poluentes de analisadores instalados nas 4 chaminés da Usina Termoelétrica, e, por fim, há colunas com mensagens de erro de leitura ou calibração quando os mesmos ocorrem.

Os gases monitorados na atmosfera local foram: dióxido de nitrogênio, monóxido de carbono, monóxido de nitrogênio, ozônio e óxidos de nitrogênio. Nas chaminés são monitorados as concentrações de monóxido de carbono, oxigênio e óxidos de nitrogênio. Os parâmetros meteorológicos são: velocidade do vento, direção do vento, umidade relativa do ar

e radiação solar.

Para que os dados das estações fossem aproveitados na caracterização da qualidade do ar local, os mesmos foram subdivididos em vários arquivos menores em planilhas eletrônicas. As planilhas eletrônicas permitem a organização dos dados em séries temporais específicas para cada parâmetro estudado, seu armazenamento, processamento dos cálculos estatísticos, montagem de gráficos e tabelas. Para tanto, os aplicativos computacionais Excel, Kyplot e Origin, foram escolhidos para a realização dos trabalhos.

Os cálculos utilizaram tanto estatística básica, quanto estatística multivariada de análise de componentes principais. A estatística básica foi aplicada a todas as séries temporais dos parâmetros medidos e aceitos como validados para o estudo. A estatística multivariada foi aplicada para estimar as correlações entre os parâmetros meteorológicos e as concentrações médias de ozônio, monóxido de carbono e óxidos de nitrogênio. O item 3.4 explicita a organização das planilhas de cálculo.

3.4. ORGANIZAÇÃO E TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS MONITORADOS

Os extensos bancos de dados citados no item 3.3 acima exigem apurada organização e tratamento, para sua posterior análise.

A organização desses dados termina por gerar diversos outros arquivos, tão extensos quanto os que inicialmente os geraram. As planilhas eletrônicas, embora não simplifiquem as dimensões de tais arquivos e exijam elevado tempo para elaboração (manualmente), permitem, de maneira compreensível e relativamente simples, a avaliação da concentração de poluentes classificados em ciclos, diário, semanal, mensal, sazonal e anual.

Uma planilha padrão é definida para organizar e armazenar os registros experimentais monitorados. Tal planilha, formatada em Excel, compreende o espaço, em células, onde são inseridos os dados de um único gás poluente ou parâmetro meteorológico.

Em cada planilha padrão há diferentes áreas que correspondem aos diferentes ciclos; essa organização permite consultar e extrair com rapidez as informações estatísticas de cada parâmetro avaliado. Os Anexos 59 a 62 ilustram a formatação da planilha padrão e a organização de suas áreas.

Uma vez definida a classificação dos dados em ciclos e, elaborada a planilha padrão para receber os registros monitorados, os arquivos originais, dados brutos, são vistoriados linha-a-linha, manualmente, a fim de encontrar erros de leitura, ausência de dados, ou inconsistências ao longo dos arquivos, que possam comprometer a representatividade dos registros. Essa etapa demanda significativa quantidade de tempo, entretanto, ela é indispensável para garantir validade às séries temporais definidas para cada parâmetro.

As séries temporais correspondem às linhas de dados, extraídas do banco de dados original e classificadas nos diferentes ciclos anteriormente mencionados.

Os valores médios da concentração dos poluentes para alguns ciclos como o semanal,

mensal e sazonal são utilizados juntamente com séries de temperatura, umidade, radiação solar, direção e velocidade do vento, em análises estatísticas mais sofisticadas como a análise de componentes principais.

3.4.1. ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

A técnica de análise de componentes principais, ou popularmente designada PCA, foi desenvolvida por Karl Pearson em 1901. Seu principal objetivo é explicar a estrutura de variância e covariância de um vetor aleatório, composto de p-variáveis aleatórias, através do uso de combinações lineares das variáveis originais. Uma consequência da aplicação da técnica é a redução do número de variáveis, o que facilita a avaliação do conjunto de parâmetros de entrada, além de observar o nível de relacionamento entre os diferentes componentes incluídos na análise. (MINGOTI, 2005; MOITA, 1997)

São utilizadas duas matrizes para a análise de dados, são elas as matrizes de covariância e correlação, sendo a última mais utilizada devido à sua delimitação entre -1 e 1, o que torna mais simples a avaliação da relação entre dois diferentes parâmetros.

Para uma matriz de dados $D_{m \times n}$ a matriz de covariância é expressa por:

$$C_{kl} = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (d_{ik} - \bar{d}_k) \cdot (d_{il} - \bar{d}_l)$$

com

$$\bar{d}_k = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m d_{ik}$$
(18)

e a matriz de correlação:

$$R_{kl} = \frac{C_{kl}}{S_k \cdot S_l} \quad (19)$$

Sendo S_k e S_l desvios padrão.

O aplicativo Kyplot foi utilizado como ferramenta para os cálculos realizados utilizando a função Análise Multivariada com PCA presente na versão 2.0, disponível gratuitamente.

3.4.2. ANÁLISE DE SÉRIES TEMPORAIS

Processos físicos como a elevação e redução das temperaturas diárias, por exemplo, podem ter seu comportamento representado por uma série temporal, isto é, o conjunto de dados horários da temperatura em um certo dia. A reunião de várias séries temporais, ou trajetórias, da temperatura revela um comportamento designado estocástico. Os resultados da análise de séries temporais as qualifica quanto à existência de tendências, ciclos e variações sazonais, definindo o padrão (padrões, ou ausência deles) de comportamento dominante. (MORETTIN & TOLOI, 2006)

Há dois enfoques no uso de séries temporais. Um deles se baseia no domínio temporal, denominado paramétrico; o outro, pertence ao domínio de frequências, chamada também de séries não-paramétricas. Independente de seu domínio os modelos utilizados na manipulação dos dados, segundo Morettin e Tolo (2006), devem ser simples e parcimoniosos, isto é, o número de parâmetros envolvidos deve ser o menor possível.

O tratamento estatístico das séries temporais, concentração de poluentes e parâmetros meteorológicos, são realizados com os próprios recursos disponíveis na planilha eletrônica (do Excel), que permite a inserção, em suas células, de funções matemáticas previamente

definidas pelo usuário. As funções estatísticas selecionadas foram, média, desvio padrão e curvas de tendência.

Em cada ciclo, ao final das colunas ou linhas em que está organizada a série temporal, as últimas duas células da série são reservadas para as funções estatísticas MÉDIA e DESVPAD (desvio padrão). Gráficos e tabelas também foram elaborados no aplicativo Excel, cujas curvas de tendência são inseridas após os dados estarem no formato gráfico.

As colunas das séries de dados brutos estavam em unidades de medida ppmv (parte por milhão em volume), e, com uma coluna adicional converteu-se à coluna contígua em ppbv (parte por bilhão em volume), mais adequada para as concentrações medidas na atmosfera local.

3.5. TRANSPORTE DE POLUENTES E REAÇÕES QUÍMICAS NA ATMOSFERA

Uma importante aplicação do Inventário de Emissões Atmosféricas é a alimentação de dados para programas de simulação de reações químicas e transporte de poluentes presentes na atmosfera. A EPA disponibiliza, em seu sítio, na rede mundial de computadores, diversos programas desenvolvidos, principalmente, nas últimas duas décadas, para a previsão de cenários, controle da formação de poluentes secundários a partir da emissão de seus precursores, planejamento da instalação de novos empreendimentos com potencial poluidor.

No presente trabalho foram utilizados dois diferentes programas de simulação computacional. Um deles, o ISCST3 (*Industrial Source Complex Short Term*) é responsável pela simulação do transporte da pluma de poluentes, permitindo avaliar as concentrações médias no tempo, nos arredores de fontes previamente selecionadas. O programa foi adquirido junto à Lakes Environmental, que desenvolveu uma interface visual amigável em ambiente Windows a partir do código fonte fortran desenvolvido pela EPA. (Lakes Environmental, 2008; EPA, 2008)

Com o programa ISCST3 foi possível simular a dispersão das emissões de CO e NO_x oriundas da Usina Termoelétrica, uma fonte pontual, e estimar as emissões biogênicas de uma extensa área de floresta de reflorestamento próxima à região urbana, uma fonte área. Os arquivos de entrada exigem como dados a taxa de emissão do poluente, temperatura dos gases de exaustão, velocidade dos gases de exaustão, características geométricas da fonte emissora, e coordenadas geográficas.

Um outro programa de simulação computacional utilizado foi o OZIPR (*Ozone Isoleth Plotting Research*). O programa é dedicado à previsão da formação de poluentes secundários, tal como o Ozônio, a partir de precursores como o NO_x, CO e VOCs, além de parâmetros meteorológicos como temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar, entre outros. O

programa foi adquirido junto à EPA, seu processamento ocorre em ambiente MS-DOS, gerando relatórios com as concentrações definidas em divisões horárias definidas pelo programador dependendo das necessidades de sua investigação.(EPA, 2008; NASA, 2008)

3.5.1. MODELO DE DISPERSÃO DE POLUENTES

O programa de simulação ISCST3 utilizado no presente trabalho é classificado como um modelo de pluma gaussiana de estado estacionário. Esse modelo é destinado à avaliação da concentração de poluentes de uma vasta variedade de fontes associadas ao meio industrial. É possível avaliar, também, emissões oriundas de fontes linha e área, operar ajustes de terreno, deposição seca, e operar em modo de longo e curto prazo.

Em Wark (1998), Zanetti (1990), Turner (1994) o modelo gaussiano é apontado como o mais comum modelo de poluição do ar. Sua expressão matemática descreve um campo tridimensional de concentrações geradas por uma fonte pontual sobre condições estacionárias meteorológicas e de emissão. A equação que expressa o comportamento da pluma gaussiana é representada por:

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot u \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z} \cdot e^{-\left(\frac{y^2}{2 \cdot \sigma_y^2}\right)} \cdot \left\{ e^{\left[\frac{-(z-H)^2}{2 \cdot \sigma_z^2}\right]} + e^{\left[\frac{-(z+H)^2}{2 \cdot \sigma_z^2}\right]} \right\} \quad (17)$$

Em que $C(x,y,z)$ é a concentração do poluente nas coordenadas x,y e z ; Q é a descarga de massa; σ_y e σ_z são coeficientes de dispersão horizontal e vertical; u a velocidade média do vento; H altura efetiva da chaminé.

Embora, a rigor, os programas de simulação utilizem na base funções matemáticas como a citada acima, os simuladores atuais contêm vários recursos que permitem realizar ajustes que antes ampliavam mais a lista de limitações desses recursos do que vantagens, entretanto tais aprimoramentos como a inclusão de dados do terreno e maior flexibilidade na variabilidade de informações meteorológicas como velocidade e direção do vento permitiram

melhores previsões dos modelos de dispersão de plumas.

Informações sobre a altitude do terreno na região de Três Lagoas foram obtidas junto à NASA e, após tratamento prévio do formato dos arquivos e delimitação da região desejada, com auxílio do software GlobalMapper, foram incluídos como entrada de dados no ISCST3, refinando portanto a qualidade das informações geradas.

Os dados meteorológicos foram obtidos de duas estações de monitoramento dentro da área urbana e os dados de emissão obtidos do Inventário de Emissões Atmosféricas produzidas pela presente pesquisa para as respectivas fontes. Posteriormente os dados foram tratados e padronizados na planilha Excel para formato específico de entrada no ISCST3. Os arquivos utilizados para alimentação desse aplicativo estão nos anexos 43 a 48.

3.5.2. MODELO DE REAÇÃO QUÍMICA DE POLUENTES

Um dos principais aspectos da poluição do ar de regiões urbanas é a concentração de oxidantes. O Ozônio é um dos mais destacados desses oxidantes, uma vez que seus precursores (NO_x e HC) estão associados a fontes como automóveis, indústrias e plantas termoelétricas, que estão dentro ou nas imediações de muitas cidades.

Finlayson-Pitts & Pitts Jr. (1986, 2000) relatam modelo fotoquímico do tipo “Caixa” como capaz de simular as concentrações médias horárias de Ozônio. Essencialmente, o modelo “Caixa” considera que a injeção da massa de poluentes precursores em função da área da cidade durante o dia tem sua concentração variada devido ao nível de diluição associado à mudança da altura da caixa, isto é, a camada de mistura. A figura 59 ilustra o esquema do modelo “Caixa”.

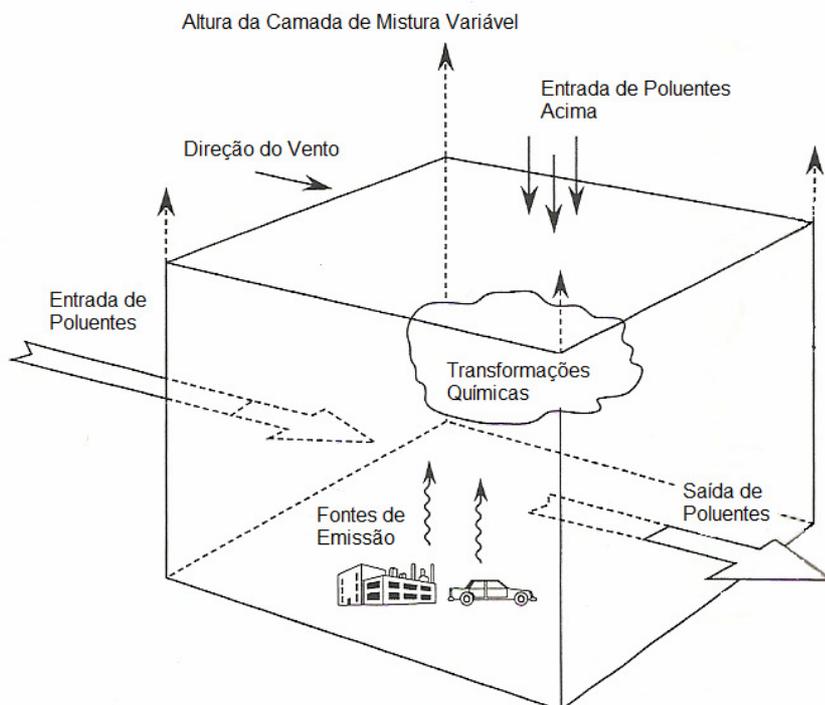


Figura 59: Diagrama dos Elementos de um Modelo “Caixa”. (Finlayson-Pitts & Pitts., 2000)

Um dos primeiros modelos “Caixa” que surgiram, o EKMA, é vastamente utilizado. Seus cálculos se baseiam no mecanismo reativo de quebra das ligações de carbono, e sua validação foi extensivamente realizada em ensaios experimentais em câmaras ambientais, e também em estudos referentes a diversas cidades dos EUA. No Brasil, pesquisadores do Rio de Janeiro aprofundaram o uso do software em pesquisas sobre a qualidade do ar urbano local. (EPA, 1989; GERY & CROUSE, 1990; CARTER, 1994, 1996, 2005; ARBILLA & OLIVEIRA, 1999; CAMPOS et. al., 1999; ATKINSON, R., 2000; GUIMARÃES & ARBILLA, 2005; MARTINS & ARBILLA, 2005; RODRIGUES et. al., 2007)

O modelo utilizado nas simulações do presente trabalho foi o OZIPR que é adequado para localidades que dispõem de poucos dados de entrada, tal como Três Lagoas. Entretanto, são extensamente utilizados para a análise de cenários de formação de Ozônio, planejamento do controle de poluentes e construção hipotética de condições atmosféricas para estudos de poluição urbana e rural. Os dados de entrada se basearam no Inventário de Emissões Atmosféricas e no banco de dados das estações meteorológicas.

A camada de altura de mistura foi estimada, considerando que são poucas as localidades no país que dispõem de instrumentação para sondagem da atmosfera local, tal como Três Lagoas. Dessa maneira optou por adotar valores baseados na sondagem dos aeroportos mais próximos, que possuem tais dados, como Campo Grande e Corumbá. Os dados foram obtidos junto à Universidade do Wyoming, EUA. O anexo 64 ilustra o arquivo utilizado para a estimativa. (WYONMING, 2008)

O OZIPR foi utilizado basicamente para avaliar sazonalmente as concentrações de Ozônio monitoradas pelas estações quando comparados à presença de uma atmosfera poluída, isto é, considerando as reações que privilegiam a presença dos hidrocarbonetos como protagonistas da intensificação da formação de compostos oxidantes. Para tanto, o OZIPR conta com um conjunto de 83 equações químicas.

Adicionalmente, foram realizados cálculos, em planilhas do Excel, desconsiderando a ação dos hidrocarbonetos na atmosfera, o que foi possível fazendo uso de apenas 3 das 83 equações do OZIPR, solucionadas pela suposição de estado estacionário com a presença exclusivamente do NO, NO₂ e O₃.

O anexo 40 ilustra o relatório emitido pelo OZIPR para Três Lagoas, e, o anexo 41 uma lista dos principais mecanismos químicos que ocorrem na atmosfera favorecendo a formação de Ozônio.

A figura 60 ilustra os comportamentos diários, típicos de uma região urbana poluída. Entre os poluentes precursores, óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos, e, como produtos, poluentes secundários, tal como o Ozônio (oxidantes), além de outros subprodutos, hidrocarbonetos e partículas.

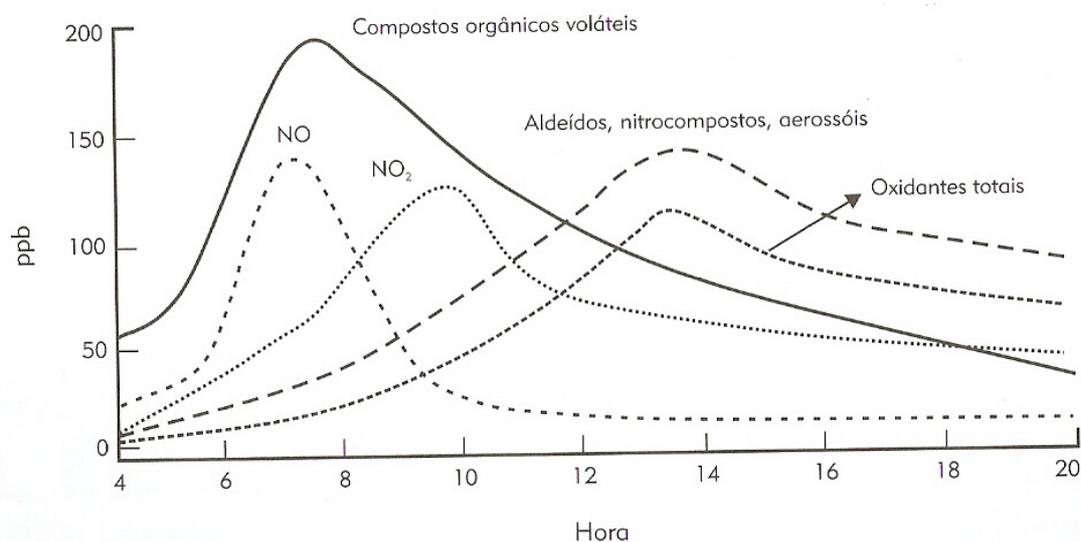


Figura 60: Comportamento diário típico de poluentes em área urbana. (ROCHA, J.C.; ROSA, A.H. E CARDOSO, A. A.; 2006)

Nela evidencia-se que no período da manhã, durante o horário de forte circulação de veículos automotores, os níveis concentração de compostos orgânicos voláteis e NO aumentam apresentando, ambos os gases, o pico de concentração por volta das 7 horas.

Posteriormente, e com certo atraso, aparece o pico de NO_2 , que depende das reações químicas que envolvem os hidrocarbonetos e o NO . Ao mesmo tempo, à medida que o dia recebe mais intensos níveis de radiação solar ocorre a formação de oxidantes e o consumo dos precursores. Também é possível notar a formação de VOCs como subproduto das reações.

3.6. CARACTERIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE POR SENSORIAMENTO REMOTO

A técnica de Sensoriamento Remoto, de uso civil, para avaliação de alvos terrestres foi impulsionada pelo lançamento de satélites da série Landsat pelos EUA. O Brasil, rapidamente aproveitou-se dessa oportunidade e estabeleceu convênio para recepção e o uso das imagens geradas que cobriam regiões do país. Atualmente, o país, através do INPE, tem acesso, e, também, disponibiliza aos interessados, imagens de diversos satélites para avaliação dos recursos terrestres. As imagens de dois desses satélites o Landsat, de fabricação Norte-Americana, e o CBERS, produto da cooperação Brasil-China, são os utilizados no presente trabalho para a identificação e mensuração das áreas com cobertura de reflorestamento e do reservatório da usina hidroelétrica.

Os sensores presentes nos satélites respondem a diferentes faixas espectrais, e, essa habilidade é indispensável para o registro da interação entre os comprimentos de onda da radiação eletromagnética oriunda do Sol que atravessam a atmosfera e se encontram com os alvos presentes na superfície terrestre. De forma mais específica, as imagens de satélites produzidas a partir de diferentes sensores como o CCD, WFI, IRMSS e mais recentemente o HRC, da série de satélites CBERS são o resultado da leitura de parte da refletância da energia oriunda de alvos como solo, vegetação e corpos de água que apresentam diferentes respostas espectrais nas faixas do visível e infravermelho. (ROSA, 2003; PONZONI & SHIMABUKURO, 2007)

O comportamento espectral de um alvo, como a vegetação, por exemplo, nas diferentes bandas do espectro, é consequência da absorção ou não da radiação por suas estruturas celulares, pigmentação e presença de água. As principais faixas espectrais utilizadas para análise e caracterização da vegetação são, visível (0,4 a 0,72 μ m); infravermelho próximo (0,72 – 1,10 μ m); e infravermelho médio (1,10 – 3,20 μ m).

A análise das características da cobertura vegetal por sensoriamento remoto revelam que as folhas, através de suas pigmentações, clorofila e carotenóides, são responsáveis por forte absorção na faixa visível. No infravermelho próximo, as interações com a estrutura celular são evidenciadas e a resposta de refletância é maior do que em outras faixas. No infravermelho médio a presença de água na folhagem é responsável pela forte absorção. (PONZONI & SHIMABUKURO, 2007)

O solo, no caso, arenoso, apresenta forte refletância na região do infravermelho e menor na região do visível. Corpos de água, como o reservatório da hidroelétrica, apresentam forte absorção espectral na região do visível, podendo variar a intensidade dependendo da quantidade de sedimentos presentes. Essa característica é essencial para a seleção de uma ou outra banda do espectro para a análise e interpretação de imagens de satélite. Veja figura 61. (ROSA, 2003)

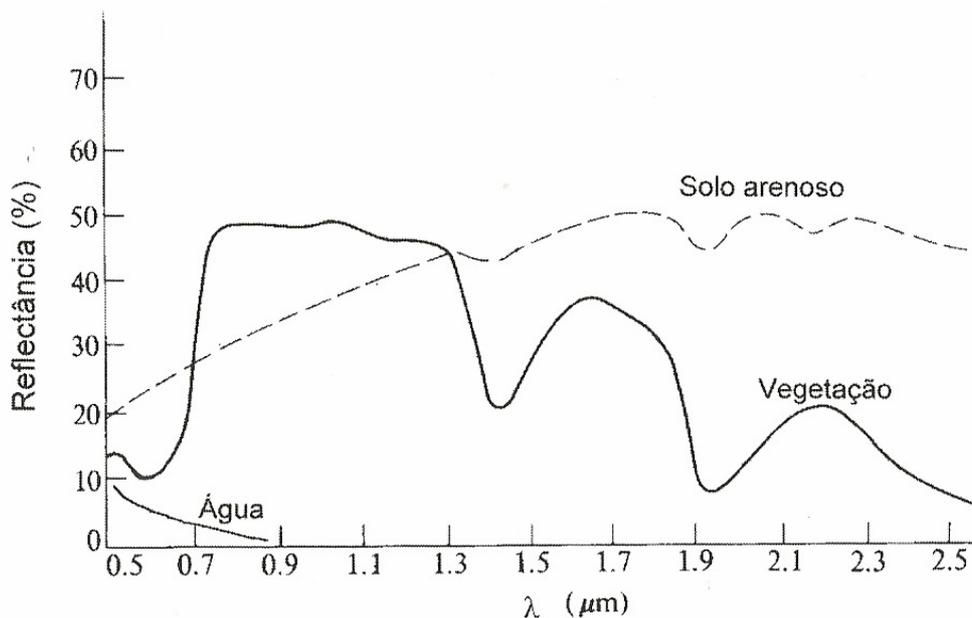


Figura 61: Resposta espectral dos alvos solo, água e vegetação. (Rosa, 2003)

Para o presente trabalho o cálculo da área da cobertura vegetal de reflorestamento e a área do corpo d'água do lago de Jupuíá utilizaram imagens de satélite e foram tratadas em

aplicativo computacional específico.

As imagens foram obtidas do DGI/INPE por meio de doação; e, tratadas com o aplicativo computacional SPRING fornecido pela mesma instituição. O SPRING é uma plataforma de geoprocessamento que permite ao usuário escolher cenas obtidas em diferentes comprimentos de onda e de vários satélites. As imagens são formadas por pixels em tons de cinza em escala de 0 a 255, que através de filtros nas cores Vermelho (R), Verde (G) e Azul (B), podem ser combinadas com o objetivo de tornar mais evidente ou não os diferentes alvos presentes nas cenas. A figura 62 ilustra esse fato.

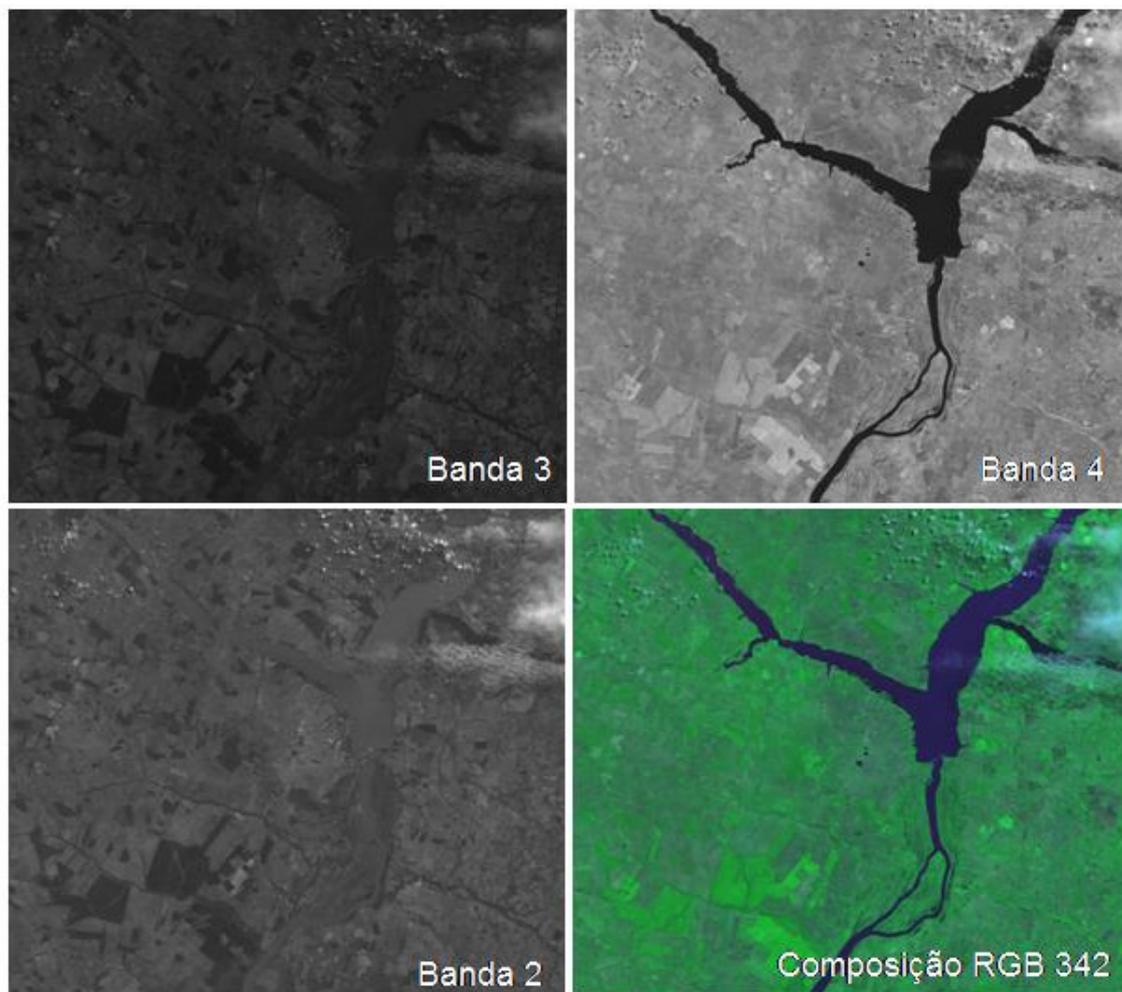


Figura 62: Resposta espectral e composição RGB das bandas 3,4 e 2 do satélite CBERS para a região de Três Lagoas.

As quatro diferentes imagens, figura 62, relativas a uma mesma cena da região de Três Lagoas do dia 26 de março de 2005 explicitam como os diferentes alvos respondem à interação com a radiação eletromagnética. As imagens correspondem a três diferentes bandas espectrais do CBERS2 (bandas 2, 3 e 4), e, também, uma composição RGB342 em falsa cor.

Os posicionamentos dos alvos, nas imagens, foram corrigidos por coordenadas de imagens georeferenciadas da NASA tratadas nos programas de computador GeoEXPRESS e SPRING.

Resultados e Discussão

O presente capítulo expõe os principais resultados obtidos durante a pesquisa e inclui comentários a cerca do significado e relevância dos dados e informações geradas. São comparados os resultados das abordagens top-down e bottom-up no que tange aos inventários das fontes selecionadas e as implicações de suas concordâncias e discrepâncias. São realizadas análises de dados experimentais de concentração de gases poluentes e parâmetros meteorológicos, simulações de dispersão de poluentes como maneira de validar as informações geradas nos inventários de emissões.

4.1. INVENTÁRIO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS - FROTA VEICULAR

Os resultados apresentados a seguir avaliam alguns aspectos da qualidade do ar de Três Lagoas. A tabela 29 ilustra os resultados da aplicação da abordagem bottom-up ao inventário de emissões de poluentes da frota veicular leve de Três Lagoas para os anos 2005 e 2006. Os dados são produzidos a partir da aplicação do algoritmo apresentado na seção 3.2.1 pelas equações 01 a 10, e planilhas de cálculo dos anexos 1 a 13.

Tabela 29: Resultados do Inventário de Emissões de Poluentes de Veículos Leves

	Emissão Total de Gases Poluentes (ton/ano)					
	CO		HC		NOx	
	2005	2006	2005	2006	2005	2006
Gasolina	728,5	691,2	83	79,7	51,3	49,5
Álcool	236,2	162,6	28,2	20,5	18,6	15
Diesel	87,7/109,6	88/109,9	26,6/31,3	26,6/31,4	67,4/109,6	67,5/109,9
Motos e Similares	1663,5	1604	345,3	327	31,1	33,3
Total	2715,9	2545,8	483,1	453,8	168,4	169

Os dados foram reunidos em quatro categorias: Gasolina, Álcool, Diesel e Motocicletas e Similares. As três primeiras categorias representam a frota veicular leve, isto é, uma composição da frota de passageiros e comerciais leves. Essa classificação se deve à maneira como estão organizados os fatores de emissão publicados pelo PROCONVE.

Em todas as categorias verifica-se que as emissões totais de monóxido de carbono são superiores aos demais poluentes. Os veículos movidos a gasolina foram responsáveis por 728,5 toneladas de CO em 2005, e, embora para esse ano esses automóveis representavam 45,6% da frota de automotores avaliados, suas emissões não chegaram a 27,0%.

A frota de motocicletas e similares, em 2005, com cerca de 9.604 unidades, segundo Detran-MS, número inferior à frota de automóveis, foi responsável por 61,3% (1.663,5 toneladas) das emissões totais de monóxido de carbono. E, no caso dos hidrocarbonetos esse percentual é ainda maior, 71,5% (345,3 toneladas) no mesmo ano. Atualmente, segundo dados do IBGE, a razão entre a frota de motocicletas e automóveis em Três Lagoas é cerca de 0,81 enquanto em Corumbá, cidade do extremo oeste do Estado de MS, com população cerca de 12% maior, essa relação é de 0,63.

De fato a participação da frota de motocicletas tem crescido a taxas superiores às de veículos automóveis. Dados das Associações de Fabricantes de Automóveis e Motocicletas revelaram que entre 2000 e 2006 as vendas de automóveis cresceram 54%, enquanto a frota de duas rodas foi superior a 120%. (ANFAVEA, 2007,2008; ABRACICLO, 2008)

Outro aspecto a ser observado é a diferença no fator de emissão. Em 2003 os fatores de emissão para motocicletas eram, respectivamente, para, CO e HC, 7,36 e 1,05 g/km, em 2006 esse valores reduziram para 1,35 e 0,29 g/km. Contudo, ainda cerca de 18 (CO) e 9,5 (HC) vezes maiores que aqueles indicados para os automóveis da frota leve.(IBAMA, 2008)

Com exceção das emissões da frota leve a diesel, nas demais categorias foram utilizados fatores de emissões nacionais, o que é fortemente recomendado pelo IPCC na produção de inventários, tendo em vista possíveis diferenças nas tecnologias e nos prazos de implantação das mesmas em cada país.

Para o cálculo das emissões de poluentes da frota diesel foram adotados dois diferentes fatores de emissões, um Norte-Americano outro Europeu. Essa decisão se deve ao fato de não haver fatores de emissão nacionais para essa frota. Os resultados, na tabela 29, indicam pouca discrepância entre as estimativas com o uso de ambos fatores para as emissões de CO e HC,

variando entre 17 e 24%. Os anexos 15 e 18 explicitam os dados de entrada para os cálculos das emissões.

As emissões calculadas de HC de ambas as frotas Álcool e Gasolina parecem manter, em ambos os anos, 2005 e 2006, uma razão de 11,4-12,6% em relação às emissões de CO. Comparativamente, uma análise dos relatórios anuais da CETESB, entre 2001 e 2006, que utilizam a mesma metodologia de cálculo do presente inventário, para quatro diferentes regiões metropolitanas (Sorocaba e Votorantim, São José dos Campos, Campinas e RMSP) confirmam esse comportamento. A razão das emissões de HC/CO para Sorocaba e Votorantim, por exemplo, nesse período permaneceram entre 10,3-11,0%, sendo suas emissões de CO e HC estimadas em 2005, para frota à gasolina, respectivamente, 19.720 e 2.040 toneladas por ano.

As maiores emissões de NO_x estimadas para a frota leve foram os veículos a diesel, embora essa frota representasse apenas 12-15,7% suas emissões, para esse poluente, oscilaram entre 49-63% para os anos do inventário. Esses resultados estão acima dos valores encontrados para outras regiões urbanas inventariadas com a mesma metodologia, que de maneira quase invariável se mantém em cerca de 38%. As diferenças, provavelmente, estão relacionadas à quilometragem adotada, 80.000 km/ano, esse valor deve ser menor para Três Lagoas. Em consulta a empresas que utilizam essa frota na cidade os valores oscilaram entre 54.000 e 60.000 km/ano, o que aplicado à metodologia pode gerar resultados que oscilam entre 28,5-41,7% dependendo do fator de emissão adotado.

Outro resultado da pesquisa foi o inventário sob a abordagem top-down das emissões oriundas da venda de combustíveis. Os dados de consumo de combustíveis foram fornecidos pela Agência Nacional de Petróleo para os anos de 2005 e 2006, os fatores de emissão extraídos de relatórios do IPCC (2006), além de dados do Detran-MS.

Os resultados estão ilustrados nas tabelas 30 e 31, a seguir, e os cálculos no anexo 63.

Tabela 30: Resultados do Inventário de Emissões de Poluentes decorrentes do Consumo de Combustíveis.

		Emissão Total de Poluentes (ton/ano)		
		2005		
	% Cons.Comb¹.	CO	HC	NO_x
Gasolina	10/90	1.644,2/2.429,6	195,2/253,8	100,7/104,1
	30/70	2.299,4/2.910,2	356,0/401,5	95,3/114,1
	50/50	2.954,7/3.391,0	516,7/549,2	90,0/103,4
	70/30	3.609,9/3.871,7	677,4/697,0	84,6/92,6
	90/10	4.265,2/4.352,4	838,2/844,7	79,2/81,9
Álcool		74,7	15,7	11,9
Diesel		190,1	143,4	58,9
Total²		2.564,2/3.175,0	515,1/560,6	166,1/184,9

¹ razão do percentual de consumo de combustíveis (motos/veículos leves).

² o resultado utiliza a proporção 30/70 para o consumo de gasolina para as frotas de motos/veículos leves.

Tabela 31: Resultados do Inventário de Emissões de Poluentes decorrentes do Consumo de Combustíveis.

		Emissão Total de Poluentes (ton/ano)		
		2006		
	% Cons.Comb¹.	CO	HC	NO_x
Gasolina	10/90	1.703,6/2.517,4	202,3/262,9	104,3/129,2
	30/70	2.382,5/3.015,4	368,8/416,0	98,7/118,2
	50/50	3.061,4/3.513,4	535,4/569,1	93,2/107,1
	70/30	3.740,3/4.011,6	701,9/722,1	87,6/95,9
	90/10	4.419,2/4.509,6	868,5/875,2	82,1/84,9
Álcool		70,1	14,7	11,2
Diesel		177,0	133,5	54,8
Total²		2.529,6/3.262,5	517,0/564,2	164,7/184,2

¹ razão do percentual de consumo de combustíveis (motos/veículos leves).

² o resultado utiliza a proporção 30/70 para o consumo de gasolina para as frotas de motos/veículos.

As tabelas 30 e 31 exibem as emissões de CO, HC e NO_x para os combustíveis, Gasolina, Álcool e Diesel. O consumo de Álcool e Diesel é assumido ser utilizado

inteiramente pela frota de veículos leves, enquanto o consumo de Gasolina é partilhado pela frota de motocicletas e veículos leves.

Não se tem informação de qual seja a participação percentual de ambas categorias no consumo de Gasolina, entretanto os fatores de emissão do IPCC adotados indicam que as motocicletas, em média, a cada litro de gasolina percorreriam 19,6 km, enquanto a frota leve, em média, 8,0 km. Considerando que o contingente das frotas de veículos leves e motocicletas são da mesma ordem de grandeza, e, o mesmo, ocorre com a quilometragem média anual de cada unidade em cada frota, a quilometragem global de toda a frota consumirá, para as motos, cerca de 30% do combustível total disponível, segundo dado da ANP, fornecido o consumo médio de gasolina por quilômetro rodado.

Entretanto, para efeito de ilustração, as tabelas 30 e 31 exibem, para a Gasolina, diferentes percentuais de consumo da frota de motocicletas e veículos leves, desde 10% a 90% de participação no consumo. As emissões de CO são apresentadas em faixas obedecendo à forma apresentada na literatura disponível. Para o ano de 2005 as estimativas, baseadas no consumo de combustível, top-down, indicam 2.564,2-3.175,0 toneladas de monóxido de carbono lançados na atmosfera local. Esse resultado é muito próximo ao estimado pela metodologia da abordagem bottom-up, 2.715,9 toneladas.

As emissões estimadas de HC e NOx na abordagem top-down diferem percentualmente das estimadas na abordagem bottom-up, dependendo do ano, entre, 6,2-19,6% e 1,4-8,9%, respectivamente. Essas variações podem ser consideradas baixas, e, esse fato confere maior confiabilidade à metodologia adotada para elaboração do inventário e às próprias estimativas, uma vez que o IPCC atribui à abordagem top-down, para fontes móveis, maior confiabilidade.

Em ambos inventários há registros globais semelhantes da manutenção do patamar de

emissão, ou pelo menos de leves quedas, nas emissões de CO, HC, NO_x entre 2005 e 2006, porém, a princípio, devido a razões distintas.

De acordo com a abordagem bottom-up as quedas são mais visíveis para as categorias de veículos leves movidos à gasolina e álcool, do que para a frota diesel. Nesse último, a variação positiva se deve ao aumento na frota veicular, do ano de 2005 para 2006, de cerca de 3%, uma vez que os fatores de emissão são fixos ao longo dos anos de uso dos veículos.

Para as frotas a gasolina e álcool, as variações negativas, se devem, principalmente, à elevação do universo de veículos com fatores de emissão menores, o que contribui para a redução do fator de emissão médio da frota. Em 2006, para o monóxido de carbono, os fatores de emissão reduziram 5,1% e 39,4% para as frotas gasolina e álcool, respectivamente. As reduções nas emissões apresentaram valores semelhantes, 5,7% para CO e 31,1% de HC.

Na abordagem top-down as reduções são mais evidentes nas frotas que utilizam álcool e diesel. As emissões de NO_x para a frota álcool reduziram de 11,9 para 11,2 toneladas/ano, enquanto para a frota diesel de 58,9 para 54,8 toneladas/ano. As variações percentuais são aproximadamente as mesmas das variações do consumo de Álcool e Diesel, 6,0% e 7,0%, respectivamente. Para a frota à gasolina as emissões aumentaram na mesma proporção do crescimento no consumo do combustível, que se elevou de 11.880.245 para 12.309.479 litros entre 2005 e 2006.

É relevante destacar que em qualquer inventário de emissões há incertezas associadas aos cálculos, e, que se propagam, podendo se ampliar, na medida em que são acrescidas informações de diferentes bancos de dados. Todavia, a concordância entre ambas abordagens, como mencionado antes, é um indicador de que a ordem de grandeza das emissões reais é equivalente às estimativas apresentadas.

4.2. INVENTÁRIO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS – USINA TERMOELÉTRICA

Outro inventário de emissões elaborado a partir da abordagem bottom-up foi o da planta Termoelétrica. A adoção dessa abordagem se deve à colaboração da empresa fornecendo os dados de emissão monitorados de forma contínua nas chaminés de cada unidade geradora. Os cálculos das emissões foram realizados hora-a-hora em planilha Excel, considerando os dados da rotina de operação das turbinas à gás natural e condições termodinâmicas e geométricas dos gases de exaustão. A figura 63 ilustra as emissões mensais estimadas para os anos 2005 e 2006. O anexo 49 apresenta dados da planilha eletrônica utilizada para cálculo como modelo da formatação adota nos cálculos.

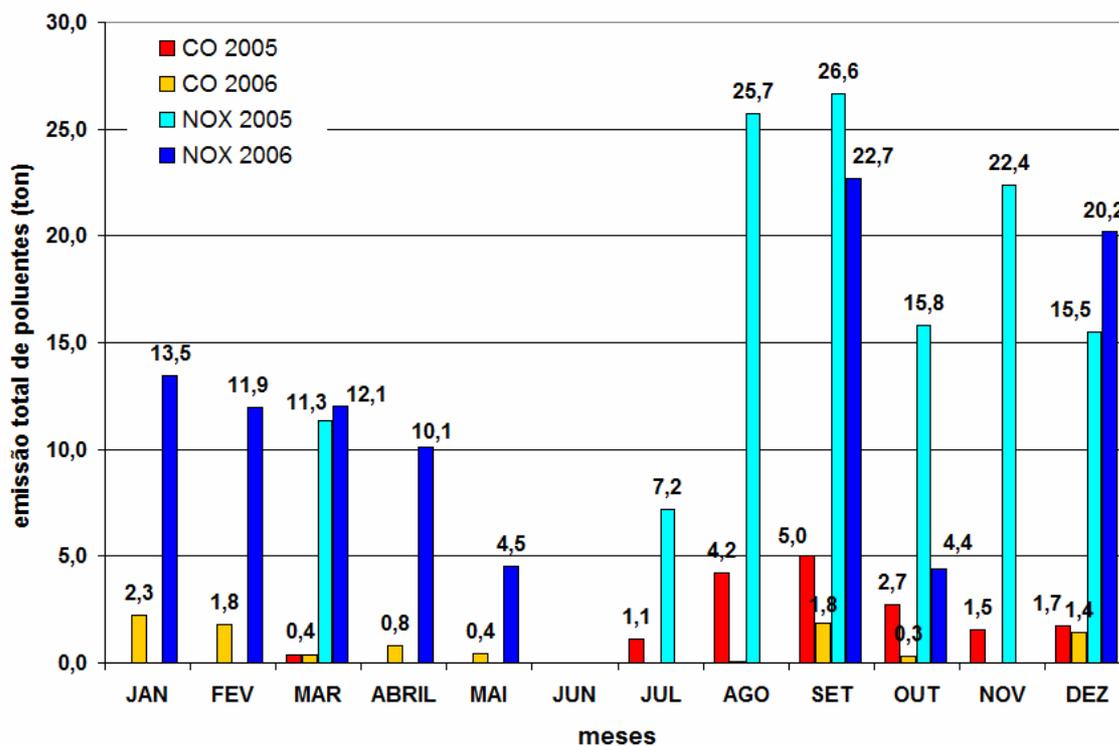


Figura 63: Resultado do Inventário de Emissões Mensais da Planta Termoelétrica de Três Lagoas, 2005 e 2006.

Em 2005 a Usina Termoelétrica de Três Lagoas operou em períodos limitados de tempo. Apenas duas, das quatro unidades geradoras estavam em operação na maior parte do tempo em que a mesma funcionou, o que resultou em menores emissões totais para aquele ano. Em 2005 as emissões totais da Térmica contabilizaram para o CO e NOx cerca de 16,7 e 124,6 toneladas, respectivamente.

Os meses de agosto e setembro foram os que apresentaram as maiores quantidades de monóxido de carbono e óxidos de nitrogênio descarregados na atmosfera. Essa descarga compreende cerca de 42% das emissões anuais de NOx e 55,1% de CO. Esse comportamento não se repete em 2006, em que 52,5% das emissões de NOx e 61,8% de CO ocorrem entre janeiro e maio. Em agosto de 2006 não há registro de atividade da Térmica, mas em setembro as emissões de NOx sofreram redução de 14,7% em relação a 2005.

Em 2005 a Térmica manteve atividade ao longo de 7 meses, sendo 6 deles no segundo semestre, o que totaliza 91% das emissões de NOx e 97,6% das de CO. No ano seguinte, as emissões ocorreram em 8 meses, sendo 5 no primeiro semestre; como consequência a descarga de poluentes é distribuída ao longo do ano, resultando em 47,5% do NOx e 39,1% do CO lançados no segundo semestre, o que representa cerca de metade das emissões relativas a 2005 nesse período. A figura 64, construída a partir de cálculos do inventário produzido para esse trabalho, ilustra as semanas, em ambos os anos em que a Termoelétrica apresentou maior atividade.

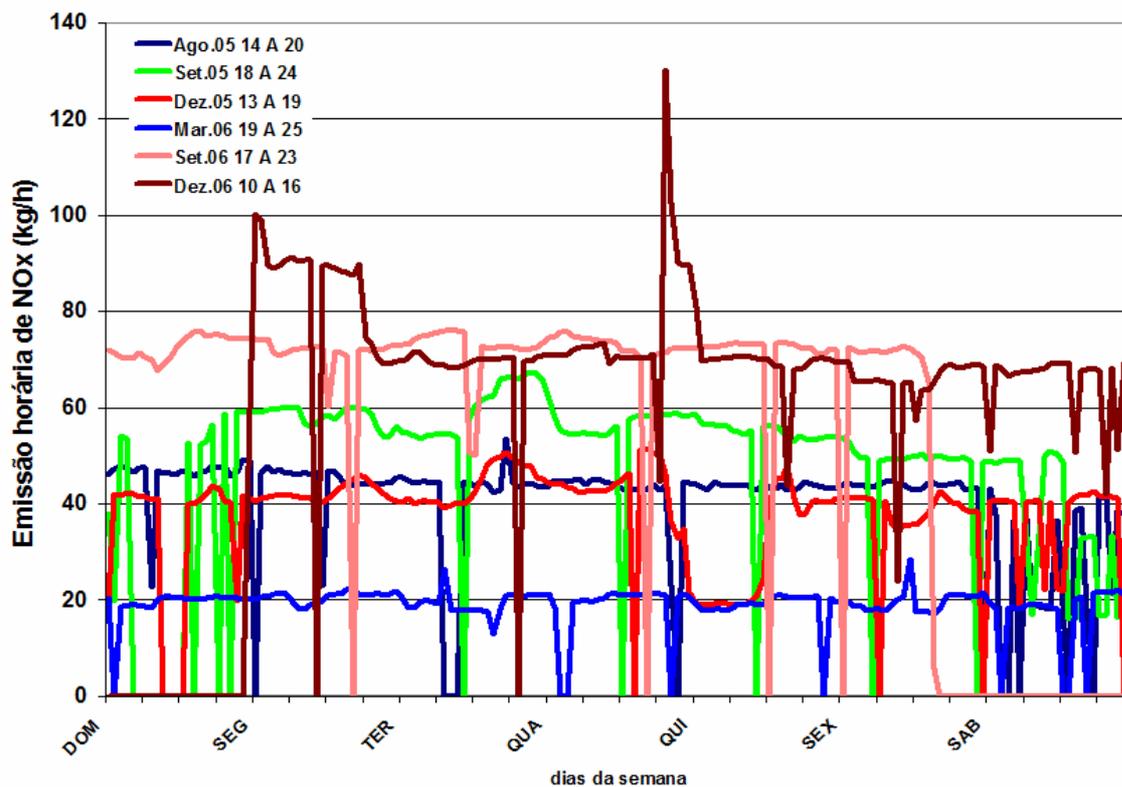


Figura 64: Resultado dos Cálculos das Emissões diárias das semanas de maior atividade da UTE em Ago/Set/Dez/2005 e Mar/Set/Dez/2006.

Embora o segundo semestre de 2005 a UTE apresente maior atividade em relação a 2006, as semanas em que ocorreram os mais intensos níveis de emissão horária de poluentes foram no segundo semestre de 2006, setembro e dezembro. Entre 17 a 23 de setembro, e, 10 a 16 de dezembro, de 2006, as emissões de NOx foram responsáveis pela metade de todas as emissões mensais, com 9,5 e 10,2 toneladas, respectivamente. Em 2006, as emissões totais de monóxido de carbono para a UTE foram menores, 9,2 toneladas, e, o mesmo ocorrendo com o dióxido de nitrogênio estimada em 99,3 toneladas no ano.

4.3. INVENTÁRIO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS – CERÂMICA VERMELHA

A indústria de Cerâmica Vermelha utiliza como combustível, em Três Lagoas, exclusivamente a madeira, seja ela em toras ou serragem. A elaboração do inventário de emissões de poluentes se baseou na abordagem top-down, que contou com o uso de fatores de emissão da EPA (AP42) para queima de madeira em fornos convencionais sem controle de emissão de poluentes. O nível de atividade foi calculado pelo total de lenha e serragem consumidas mensalmente, e, informados por 5 empresas do município. A tabela 32 ilustra os resultados obtidos dos cálculos realizados a partir da aplicação da metodologia aos dados disponíveis. Os anexos 22 a 26 registram as planilhas de cálculo das emissões.

Tabela 32: Resultados do Inventário de Emissões da Indústria de Cerâmica Vermelha (2005/2006).

Indústrias	Emissão Total de Poluentes (ton/ano)		
	2005/2006		
	CO	HC	NO _x
1	9,8	1,0	3,6
2	5,1	0,5	1,8
3	15,2	1,5	5,6
4	23,8	2,4	8,7
5	5,5	0,5	2,0
Total	59,4	5,9	21,7

Não há detalhes da contabilização anual do consumo de madeira, isto é, um histórico através dos anos. Há apenas o valor médio mensal, entretanto algumas empresas informaram que esses valores podem não ter variado tanto de um ano para outro. Dessa maneira as estimativas para os anos 2005 e 2006 são as mesmas.

As maiores emissões foram de monóxido de carbono 59,4 toneladas/ano, seguida do NO_x e HC com 21,7 e 5,9 toneladas/ano, respectivamente. A indústria 4 consome mensalmente cerca de 2600 m³ de serragem e produz entre 36 e 39 milheiros diários de telhas, suas emissões de monóxido de carbono representam 40% das emissões totais desse poluente para o conjunto de indústrias do setor, entretanto ela representa cerca de 1% das emissões veiculares de CO. As emissões de NO_x e HC são ainda menos expressivas comparativamente às fontes móveis.

A maior fonte de incerteza para o inventário de emissões do setor seria a escolha do fator de emissão, considerando que o consumo de combustível declarado pelas empresas é coerente com dados encontrados na literatura sobre as relações de produção e consumo de energia. Entretanto, os fatores de emissões da AP42 quando comparados com os do IPCC são da mesma ordem de grandeza mesmo entre diferentes tecnologias, com exceção do uso da madeira residencial, que são maiores para o CO.

4.4. INVENTÁRIO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS - FONTES BIOGÊNICAS

Emissões biogênicas, oriundas da Floresta de Eucaliptos, e, do Lago da Usina Hidroelétrica, foram incluídos devido as suas contribuições de hidrocarbonetos serem potencialmente elevadas. No caso da Floresta de Eucalipto o inventário utiliza ambas abordagens, bottom-up e top-down, a primeira porque o algoritmo de Guenther estima, com reconhecida precisão, as emissões horárias de Isopreno e Monoterpenos com modelos semi-empíricos desenvolvidos para esse tipo de vegetação. As figuras 65 e 66 ilustram as emissões mensais para os anos de 2005 e 2006 para as áreas de florestas de eucalipto nas vizinhanças de Três Lagoas.

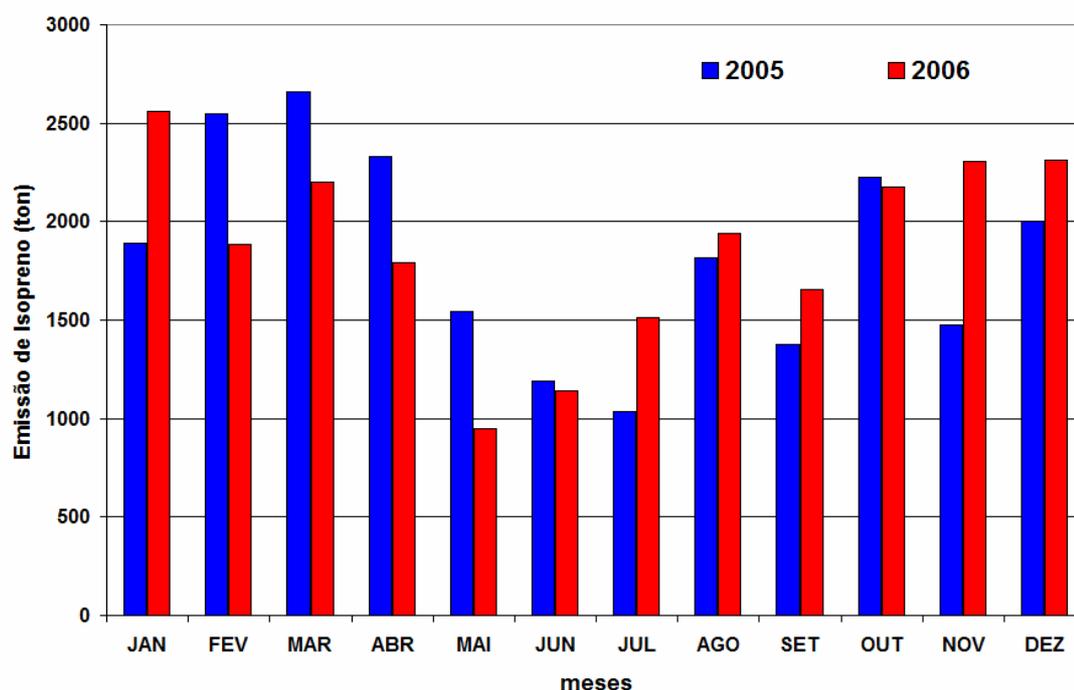


Figura 65: Emissão Mensal de Isopreno em 2005/2006.

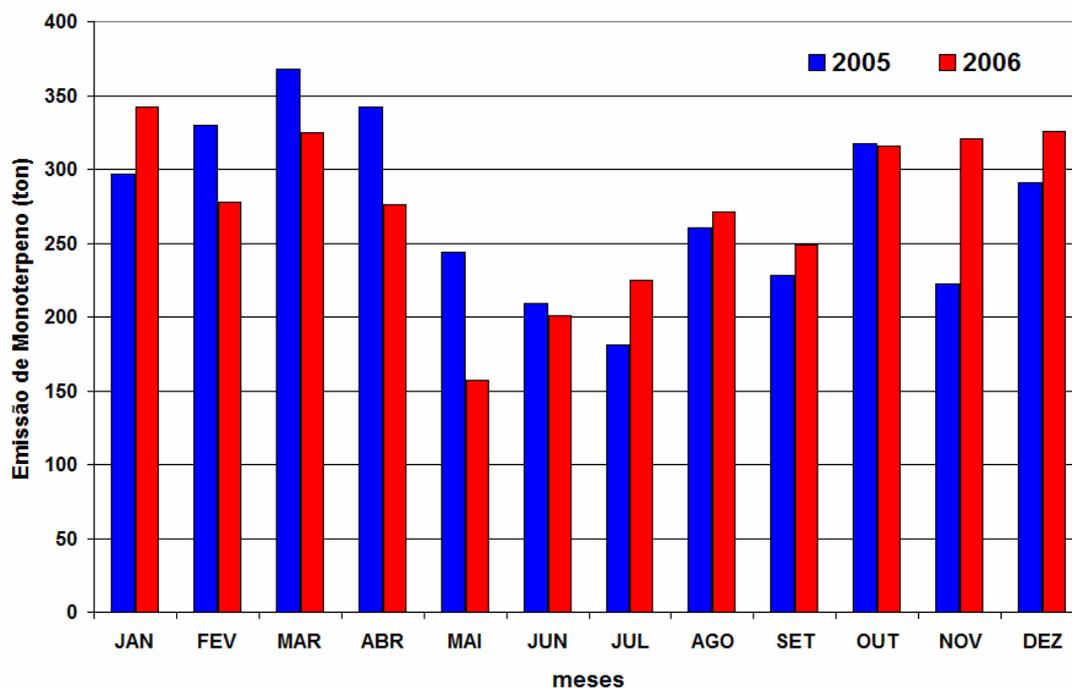


Figura 66: Emissão Mensal de Monoterpenos em 2005/2006.

O comportamento das emissões de Isopreno e Monoterpenos, pela vegetação, confirma as dependências sazonais, sendo menores no inverno e intensas no verão. A emissão de Isopreno não ocorre pela noite sendo dependente da presença de radiação solar e da temperatura, enquanto os Monoterpenos também estão presentes à noite, dependendo diretamente da temperatura.

As emissões totais de Isopreno e Monoterpenos em 2005 são maiores no primeiro semestre, sendo maiores, respectivamente, 22,4% e 19,4% em relação ao segundo semestre. Em 2006 o comportamento torna-se mais equilibrado, porém com leve inversão, as emissões são maiores no segundo semestre. O incremento percentual no segundo semestre de 2006 comparativamente ao primeiro atinge 13,2% para o Isopreno e 8,2% para Monoterpenos.

As emissões totais de Isopreno e Monoterpenos são contabilizadas, para efeito de uniformização dos resultados sob o nome genérico de HC. A tabela 33 ilustra as emissões globais das áreas de reflorestamento de Eucalipto.

Tabela 33: Resultados Emissão Total de hidrocarbonetos biogênicos de Floresta de Eucalipto.

	Emissão Total de Poluentes (ton/ano)	
	2005	2006
HC	25.380	25.711

Hidrocarbonetos biogênicos como o Isopreno e o Monoterpeno são altamente reativos apresentando baixo tempo de vida na atmosfera, entretanto eles podem oxidar em outros hidrocarbonetos mais estáveis, e, portanto podendo desempenhar algum papel na química da atmosfera local.

O inventário também estimou as emissões devido à idade da floresta. As estimativas consideraram as áreas de cultivo com árvores até 3 anos e acima dessa idade. A folhagem jovem apresenta maior atividade na produção de hidrocarbonetos em relação à folhagem adulta. A figura 67 ilustra resultados do cálculo da emissão de Isopreno em função da idade em setembro de 2005.

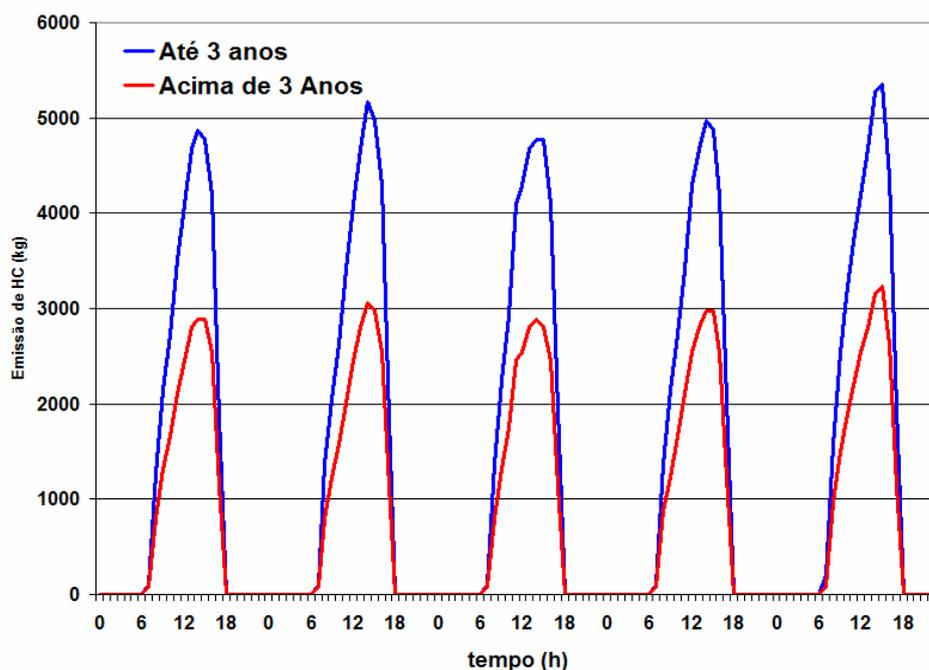


Figura 67: Resultados do cálculo da emissão horária de Isopreno em função da idade da planta.

Os resultados da figura 68 são relativos aos dias 1 a 5 de setembro de 2005. Os picos na figura representam o horário de maior intensidade solar e de temperatura em cada dia. Observando esses dois parâmetros meteorológicos para o mesmo período de dias torna-se evidente a relação de causa-efeito entre a atividade fotossintetizante e a produção de Isopreno. A figura 68 exibe as curvas de temperatura e intensidade da radiação solar para o mesmo período acima citado.

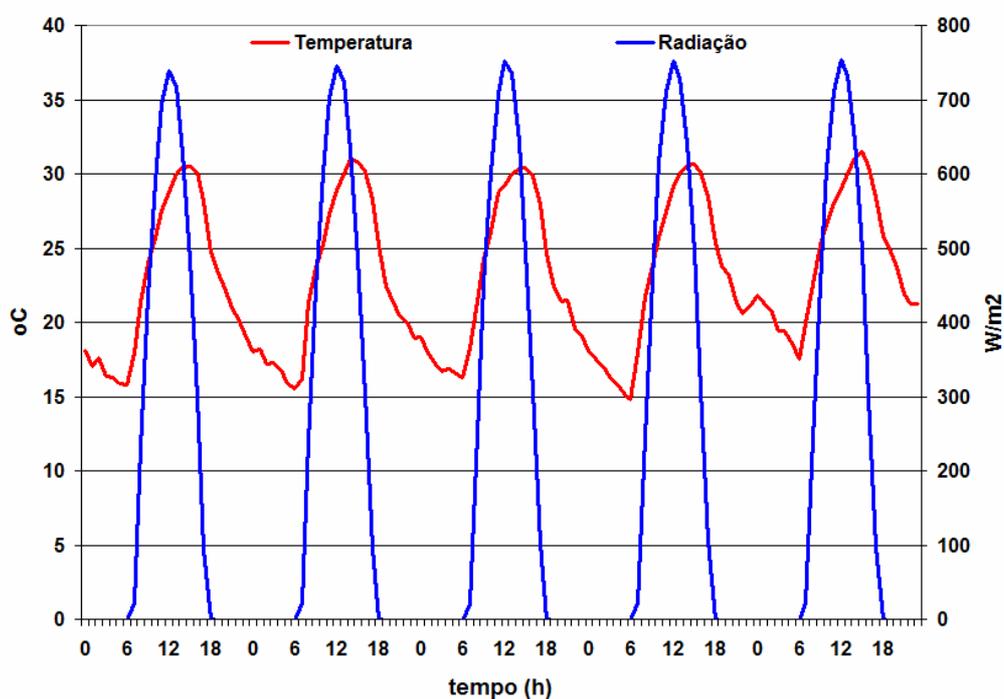


Figura 68: Comportamento da Radiação Solar e Temperatura entre 1-5/set/2005.

Uma outra fonte de emissão biogênica é o lago da UHE Engenheiro Souza Dias, ou Jupuíá, como costuma ser designado. Esse inventário será incluído no presente trabalho devido ao grande volume de metano que regiões alagadas podem emitir à atmosfera. E, no caso, como o município de Três Lagoas possui uma frota veicular pequena, e, portanto com emissões de hidrocarbonetos limitada, a avaliação de outras fontes de hidrocarbonetos passa a ter relevância.

No caso específico de reservatórios de Usinas Hidroelétricas essas emissões podem ser significativas, podendo superar, no início de suas atividades, as emissões de gases de efeito estufa por unidade de energia produzida de uma UTE com a mesma potência nominal. (MCT1, 2006)

A metodologia utilizada é a top-down baseada na área total alagada pela represa, que deve abranger distâncias da região urbana nas direções norte e noroeste, equivalente às distâncias das áreas de plantio de eucalipto na direção sul-sudoeste, cerca de 40 km. A área superficial do lago compreende 320 km² e foi mapeada com auxílio de imagens de satélite CBERS2 na banda 4, monocromática, com ajuste de contraste do programa de geoprocessamento SPRING cedido pelo INPE. A figura 69, a seguir, ilustra as áreas alagadas pela barragem de Jupuíá, e a área selecionada para o inventário.

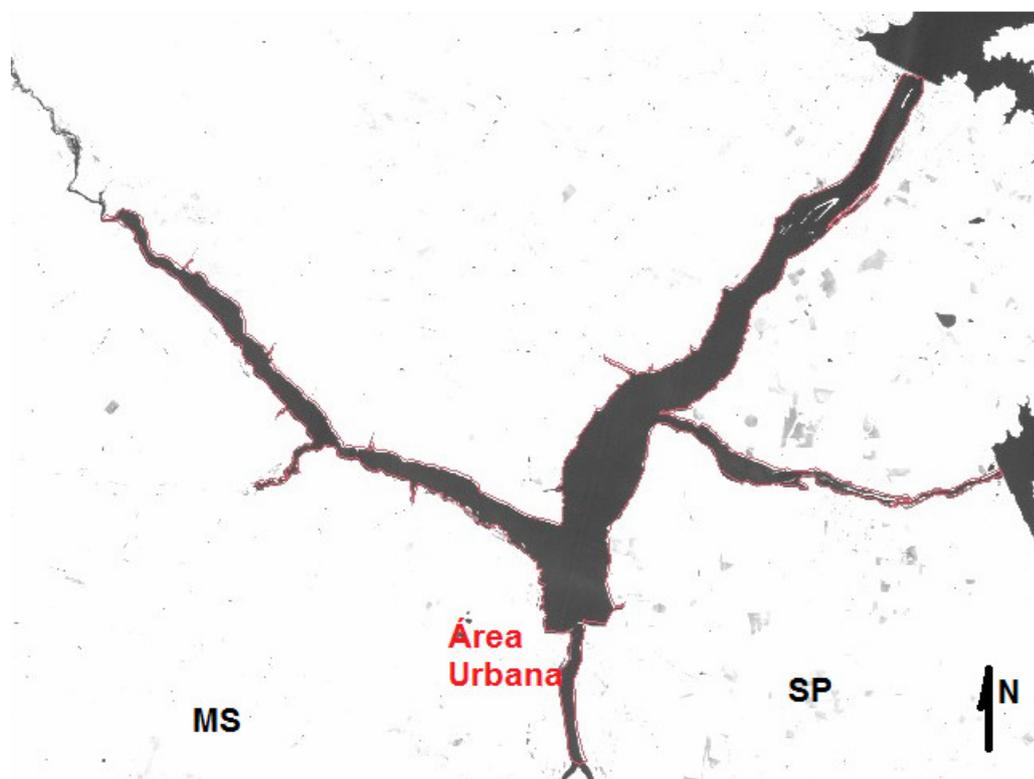


Figura 69: Área alagada da UHE Eng. Souza Dias (em preto com contorno vermelho).

O fator de emissão utilizado é o mesmo estimado para a UHE Barra Bonita no Rio Tiete ilustrado na tabela 7 seção 2.7. Como a área adotada e o fator de emissão são os mesmos para ambos os anos 2005 e 2006, as estimativas não variam entre os anos do inventário. O resultado encontrado para área da região alagada foi utilizado apenas como maneira de verificar a extensão da região de influência do reservatório. A tabela 34 ilustra as emissões de metano pelo Lago de Jupia.

Tabela 34: Emissão Total de hidrocarbonetos biogênicos do Lago de Jupia.

	Emissão Total de Poluentes (ton/ano)
	2005/2006
CH₄	2.441,1

A emissão total de metano, apresentada na tabela 34, é estimada em mais de 2,4 mil toneladas por ano, valor inferior apenas às emissões de hidrocarbonetos da área de reflorestamento. E, embora se saiba que o gás metano tenha grande estabilidade na atmosfera, reagindo pouco comparativamente a outros hidrocarbonetos presentes na emissão de escapamentos dos veículos automotores e insumos da indústria, pode assumir papel importante na formação de Ozônio em regiões remotas ou em que os níveis de formação de oxidantes seja baixo.

4.5. AVALIAÇÃO DE INDICADORES DE QUALIDADE DO AR

O CONAMA 03/90 determina a concentração limite para alguns poluentes selecionados como indicadores da qualidade do ar. Entre esses poluentes, o monóxido de carbono, ozônio e óxidos de nitrogênio, estão entre os mais relevantes, tendo em vista sua associação com as fontes móveis. Além dos hidrocarbonetos que não aparecem na citada norma. Para o escopo do presente trabalho de pesquisa, os resultados abordam os poluentes CO, NO_x e O₃ tendo em vista serem os gases monitorados na região urbana de Três Lagoas.

Como é comum nas regiões urbanas de grandes cidades brasileiras, o número de estações de monitoramento é limitado. No Estado de São Paulo, que possui a maior rede de monitoramento do país, são 23 estações na RMSP, 2 em Cubatão, 1 em Paulínia, 1 em Campinas, 1 em Sorocaba, 1 em São José dos Campos, além de 3 estações móveis, e outras 10 estações que estão em processo de instalação no interior do Estado.(CETESB, 2004, 2006)

Os resultados decorrentes da análise dos dados de monitoramento da estação de Três Lagoas serão extrapolados como indicador da qualidade do ar da área urbana do município, considerando que esses dados são representativos para uma área de 40 km², muito inferior às áreas urbanas de municípios como Campinas e Sorocaba, que também são avaliados, na maior parte do tempo, com 1 estação de monitoramento.

Os dados recebidos são analisados hora-a-hora para 2005 e 2006 para busca de inconsistências, isto é, dados que a própria estação aponta como duvidosos devido a problemas de calibração do analisador, queda de energia, ou erro de leitura. Os analisadores são calibrados mensalmente, entretanto durante a análise de dados brutos foram verificado períodos sem registro e alguns poucos erros de leitura. As figuras 70 e 71 ilustram as séries

temporais resultantes da avaliação de consistência, e considerados válidos para futuras análises, de dois dos mais importantes poluentes primários, o monóxido de carbono e os óxidos de nitrogênio.

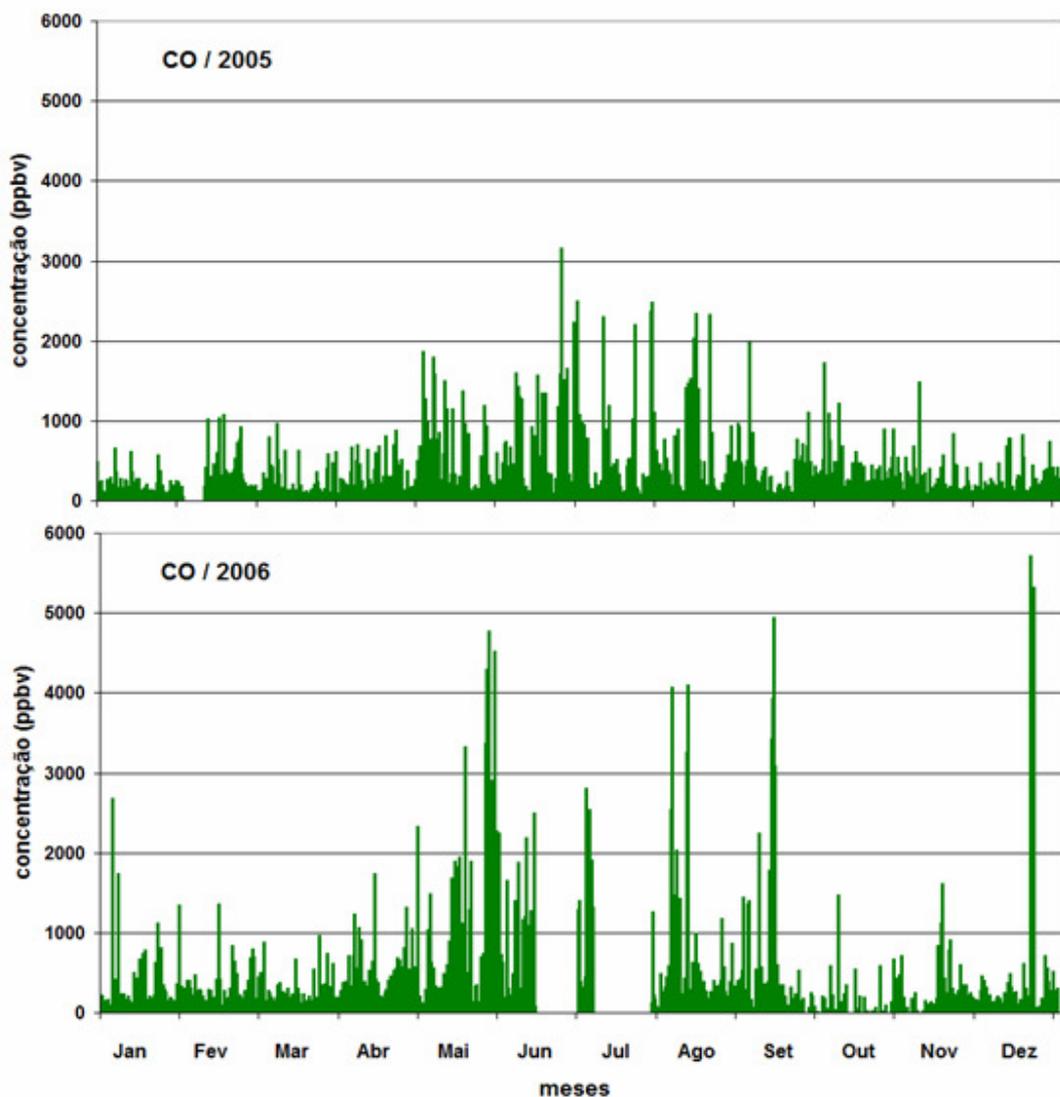


Figura 70: Concentração horária de Monóxido de Carbono 2005/2006.

Os dados de monóxido de carbono em 2005, com exceção do mês de fevereiro, praticamente estão completos com poucas perdas. Porém, em 2006, meses como junho, julho, setembro, outubro e parte de novembro ocorreram perdas superiores a 75% , tornando a série não representativa para algumas semanas ou meses no segundo semestre.

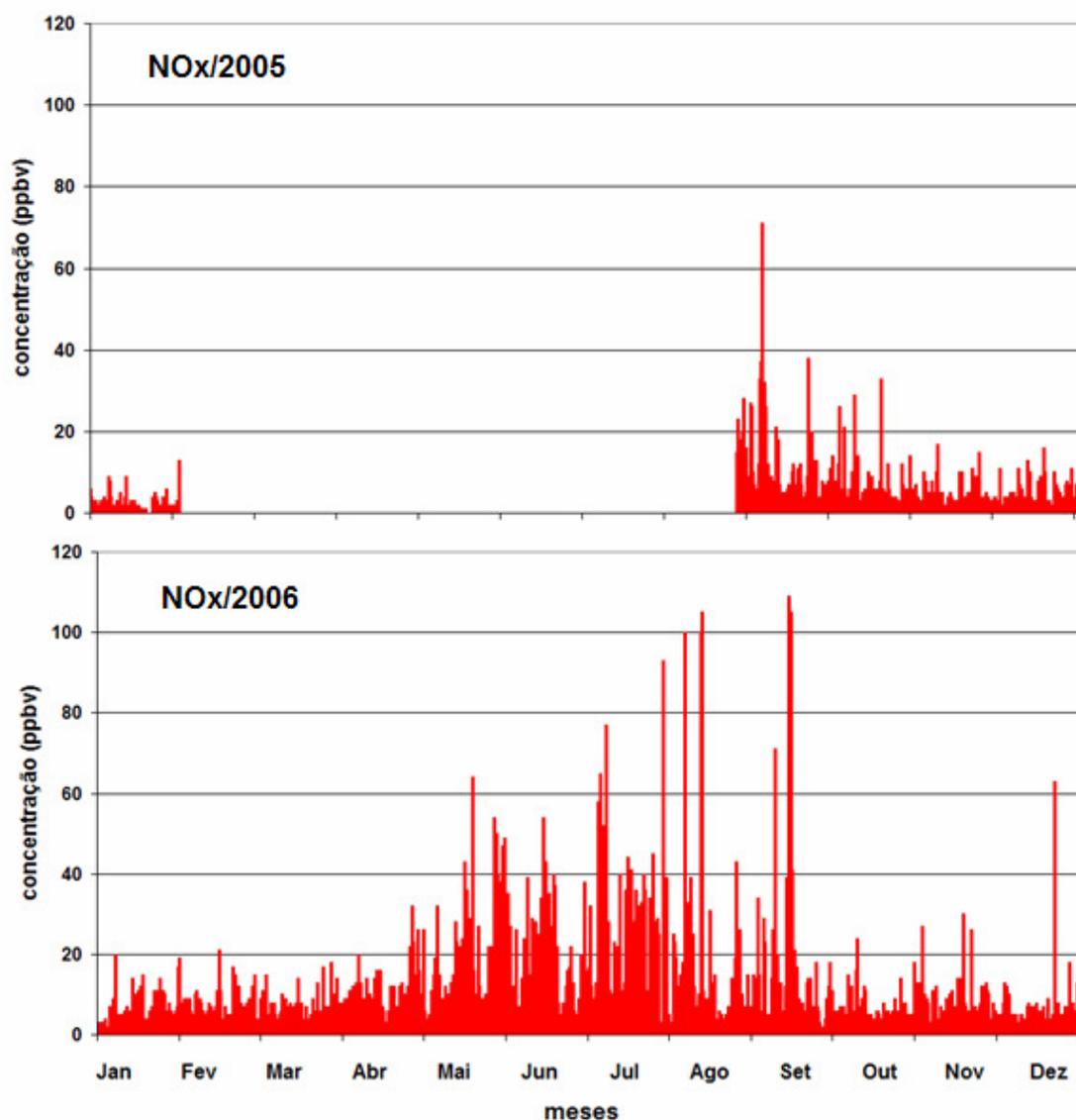


Figura 71: Concentração horária de Óxidos de Nitrogênio 2005/2006.

Para o NO_x as perdas são expressivas, com exceção de janeiro o primeiro semestre de 2005 não apresenta dados válidos, mas neste caso específico o analisador não fez qualquer registro devido ao não funcionamento do instrumento. Em 2006, entretanto a série de dados quase não apresenta perdas.

Esse aspecto, o da perda de dados, é relevante na medida em que algumas análises podem exigir concatenar períodos em que haja informações tanto das fontes de emissão

quanto dos níveis de concentração de poluentes no ar. Os dados de ozônio, com exceção de fevereiro de 2005, não apresentam perdas significativas, permitindo avaliar mensalmente o comportamento da concentração desse poluente. No Anexo 27 estão resultados adicionais para o Ozônio.

4.5.1. ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO OZÔNIO DE SUPERFÍCIE

O Ozônio, um poluente secundário, resulta de reações químicas na atmosfera devido à presença de NO_x, hidrocarbonetos e radiação solar. O nível de concentração recomendado pelo CONAMA 03/90 como limite aceitável é 80 ppbv, podendo ser ultrapassado uma única vez no ano. Em 2005 a máxima concentração registrada atingiu exatos 80 ppbv em 11 de outubro às 13:30 horas. Em 2006 a concentração de O₃ não ultrapassou nenhuma vez o limite, entretanto entre junho e setembro as máximas atingiram por 4 vezes o limiar de 70 ppbv.

As concentrações médias anuais de Ozônio para 2005 e 2006 foram, respectivamente, $25,1 \pm 14,5$ ppbv e $23,1 \pm 13,0$ ppbv, com máximas de 80 e 71 ppbv, na seqüência desses mesmos anos. Esses resultados indicam que, para os anos abrangidos pelo presente estudo, o padrão de qualidade do ar estabelecido pelo CONAMA 03/90 é atendido. Também, indicam, de acordo com Wallace & Hobbs (2006), que a amplitude da faixa de concentração pra Três Lagoas atende às condições de região com *ar limpo* para o Ozônio.

Os desvios padrões, com valores próximos em ambos os anos, quando observados do ponto de vista estatístico indica que 95% dos dados estão entre concentrações negligenciáveis e cerca de 50 ppbv, o que decorre da variação sazonal ao longo de cada ano.

As figuras 72 e 73, a seguir, ilustram o comportamento da média e do desvio padrão da concentração de Ozônio nos anos de 2005 e 2006.

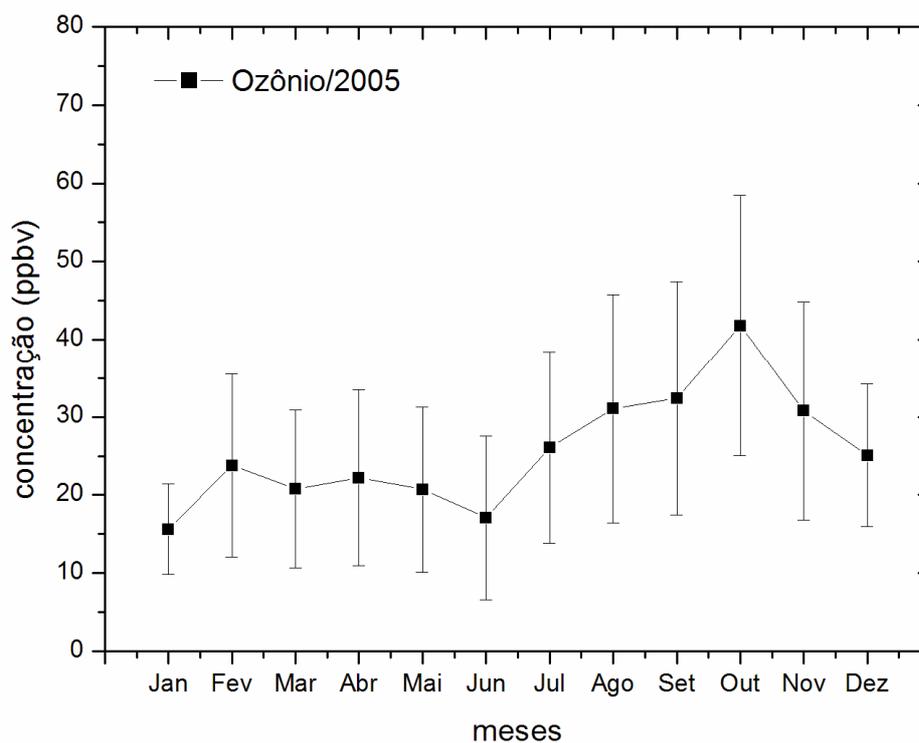


Figura 72: Valores Médios Mensais da Concentração de Ozônio em Três Lagoas/2005.

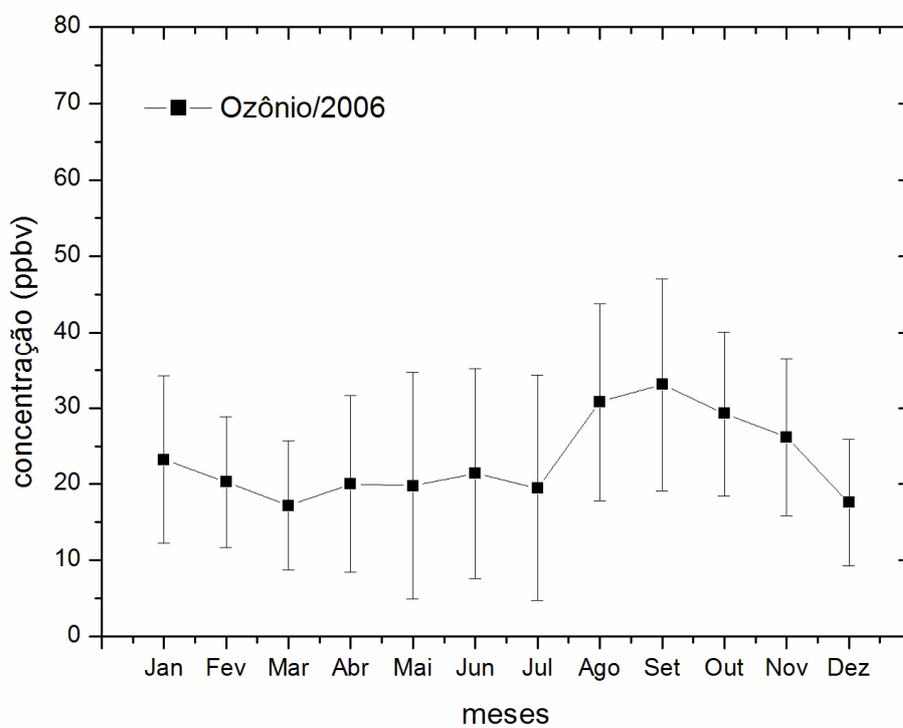


Figura 73: Valores Médios Mensais da Concentração de Ozônio em Três Lagoas/2006.

O comportamento diário do Ozônio está diretamente relacionado à presença de radiação solar e seus precursores, tal como o NO_x. As concentrações mínimas ocorrem na alvorada e no por do sol, ambos intercalam o período de luz solar. Durante a noite as concentrações de Ozônio permanecem baixas, podendo sofrer leves incrementos devido ao transporte da camada imediatamente acima da camada de mistura. As máximas concentrações de Ozônio devem ocorrer durante a tarde, entre 13 e 16 horas, na maioria dos dias.

Em 2005 o período de julho a setembro e outubro a dezembro, figura 74, registraram as maiores médias diárias, mantendo o comportamento não-linear observado na literatura em geral. Entretanto em 2006, o período de outubro a dezembro sofreu redução significativa em seu valor médio. Enquanto em 2005 as máximas concentrações médias, para o período de outubro a dezembro, estavam próximas a 50 ppbv, em 2006, esses valores foram reduzidos para cerca de 35 ppbv.

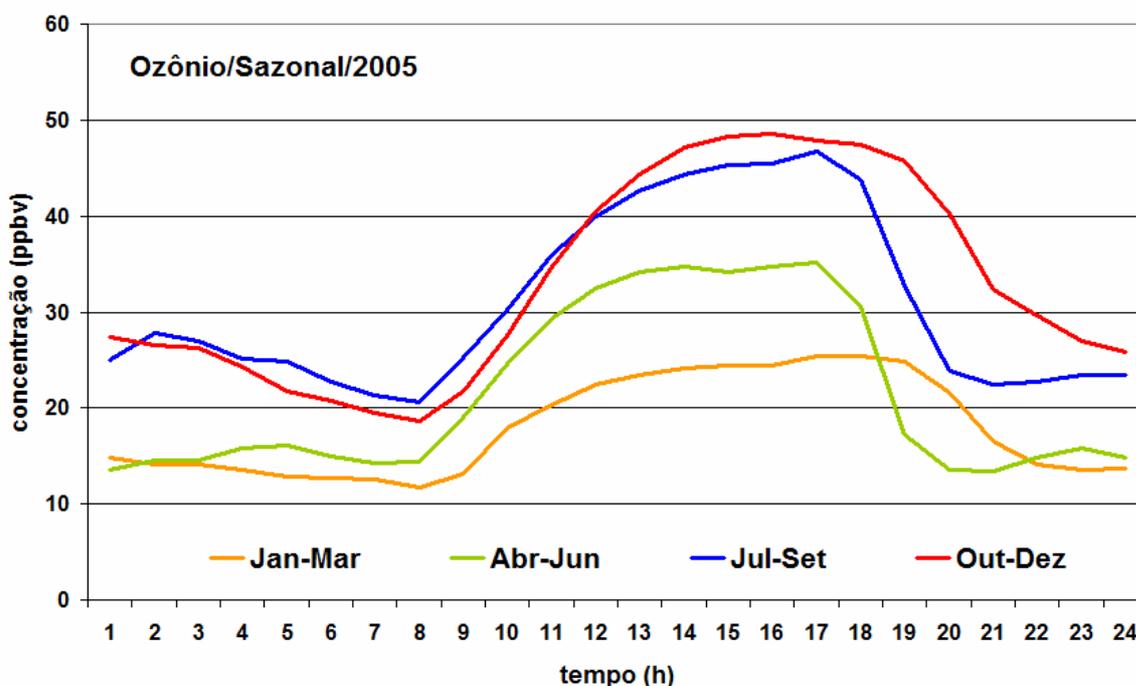


Figura 74: Resultados para Sazonalidade da Concentração de Ozônio horária-diária para Três Lagoas/2005.

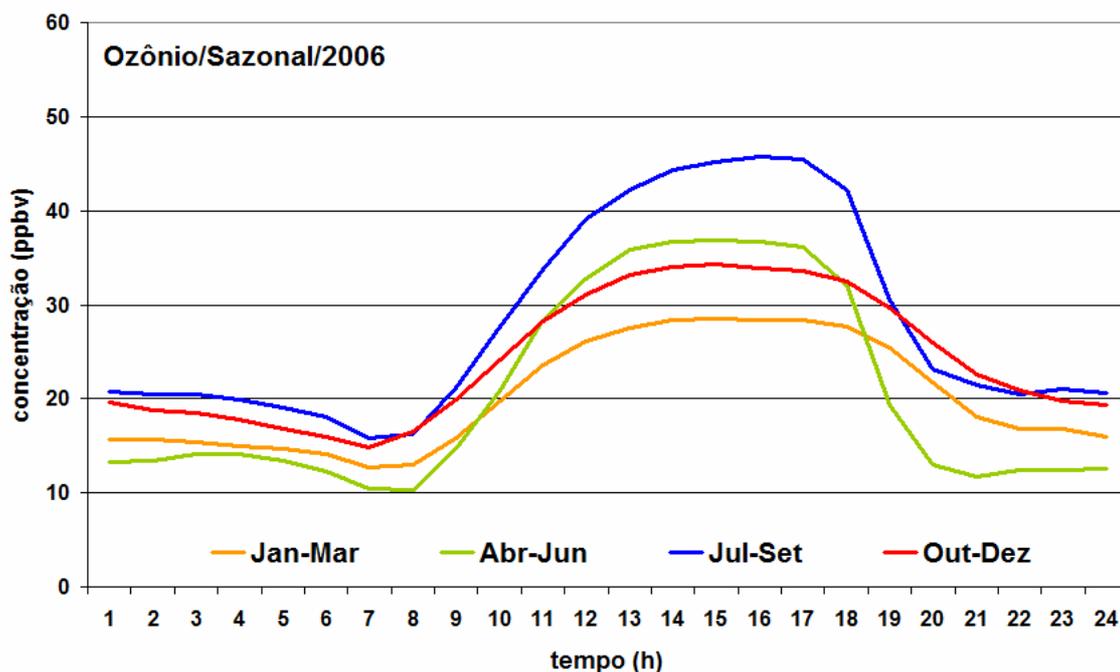


Figura 75: Resultados para Sazonalidade da Concentração de Ozônio horária-diária para Três Lagoas/2006.

Os resultados a cerca da sazonalidade das curvas de concentração de Ozônio também indicam que as menores médias ocorrem entre os meses de janeiro a março, com leve elevação em 2006, mas não superior a 30 ppbv de média máxima. Destaque necessário devem ser dados aos períodos de janeiro-março e julho-setembro, em que as curvas de Ozônio, posteriormente, serão utilizadas para análise comparativa com o nível de atividade das fontes emissoras de NO_x e HC. Esses períodos também apresentam séries temporais mais completas em todos os bancos de dados.

A tabela 35 reforça os resultados da concentração média e desvio padrão de Ozônio para os meses de Janeiro, Setembro e Outubro, presentes nas figuras 72 e 73. Outra razão da escolha desses meses para uma avaliação mais minuciosa é o fato que as condições meteorológicas oferecem comportamentos distintos. No segundo semestre a literatura aponta influências do transporte de poluentes oriundos de queimadas na região Amazônica e Centro-Oeste, embora a avaliadas das queimadas não faz parte do escopo da presente pesquisa.

Tabela 35: Resultados de Concentração média de Ozônio para Janeiro, Setembro e Outubro de 2005/2006.

	Concentração Média de Ozônio	
	2005	2006
Janeiro	15,6 ± 5,8	23,2 ± 11,0
Setembro	32,4 ± 15,0	33,0 ± 14,0
Outubro	41,8 ± 16,8	29,2 ± 10,9

Comparativamente, em 2005 e 2006 os valores das concentrações médias de Ozônio, para setembro, são os mesmos. Entretanto, os meses de janeiro e outubro apresentaram, entre si, maiores diferenças em relação a 2006, indicando maior formação de Ozônio no segundo semestre de 2005, e médias mais tênues entre os meses do primeiro e segundo semestre de 2006. Variações no comportamento sazonal do Ozônio podem dar indícios da ação de mecanismos externos às fontes presentes localmente, entretanto é necessária amostra de séries temporais mais longas do que dois anos, para de maneira segura, confirmar o papel de agentes externos, embora parâmetros meteorológicos locais, também, possam causar variações significativas na concentração de gases oxidantes.

Uma das principais fontes que contribuem para a formação de Ozônio no meio urbano é a frota veicular. A avaliação do ciclo semanal de Ozônio, segundo Mayer (1999), pode revelar a ação dessa fonte. As figuras 76 e 77 ilustram os resultados obtidos de séries temporais do ciclo semanal com média anual. As mesmas são obtidas do cálculo das médias horárias considerando todo o ano, organizadas em função de cada dia da semana.

Na figura 76 a forma da curva de concentração média de Ozônio não indica, de maneira explícita, uma tendência preferencial entre os dias da semana e o domingo, por exemplo, que geralmente tem menor movimentação de veículos, tanto de carga como da frota local.

Por outro lado, a figura 77 exhibe para os dias da semana, domingo, segunda e sexta uma

leve diferença nos pontos de máximo, todavia, em média, esse percentual não é superior a 5%, e não indica, necessariamente, uma tendência tendo em vista que o desvio padrão para as horas de maior intensidade de radiação solar, ao longo do ano, é comparativamente maior, cerca de 30%, do que esse percentual.

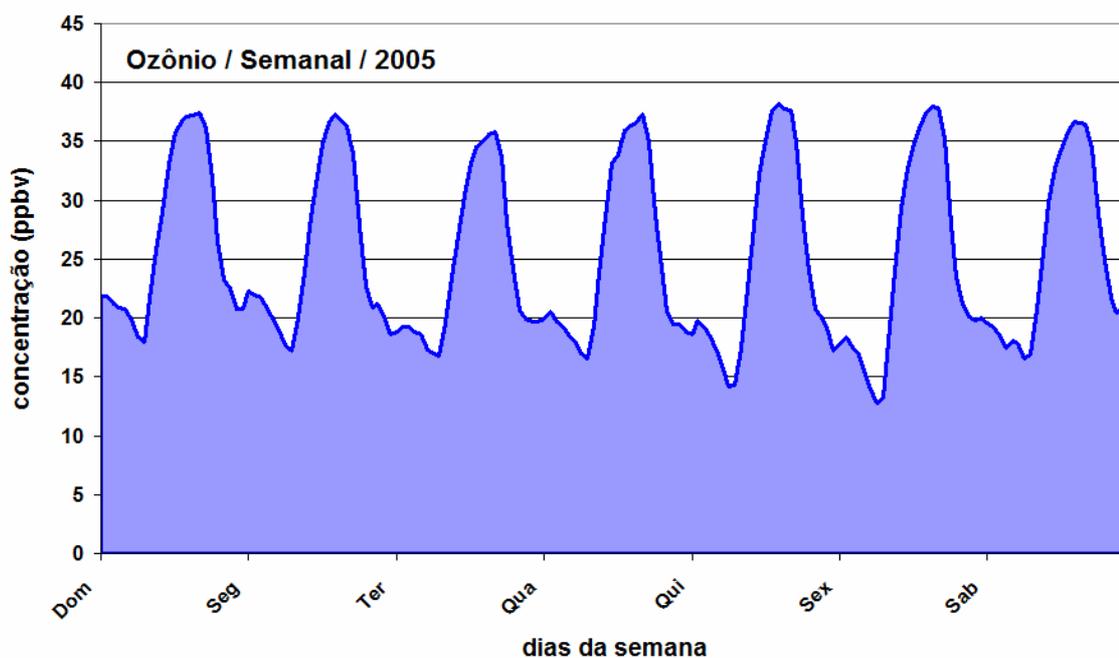


Figura 76: Comportamento Semanal da Concentração de Ozônio para Três Lagoas/2005.

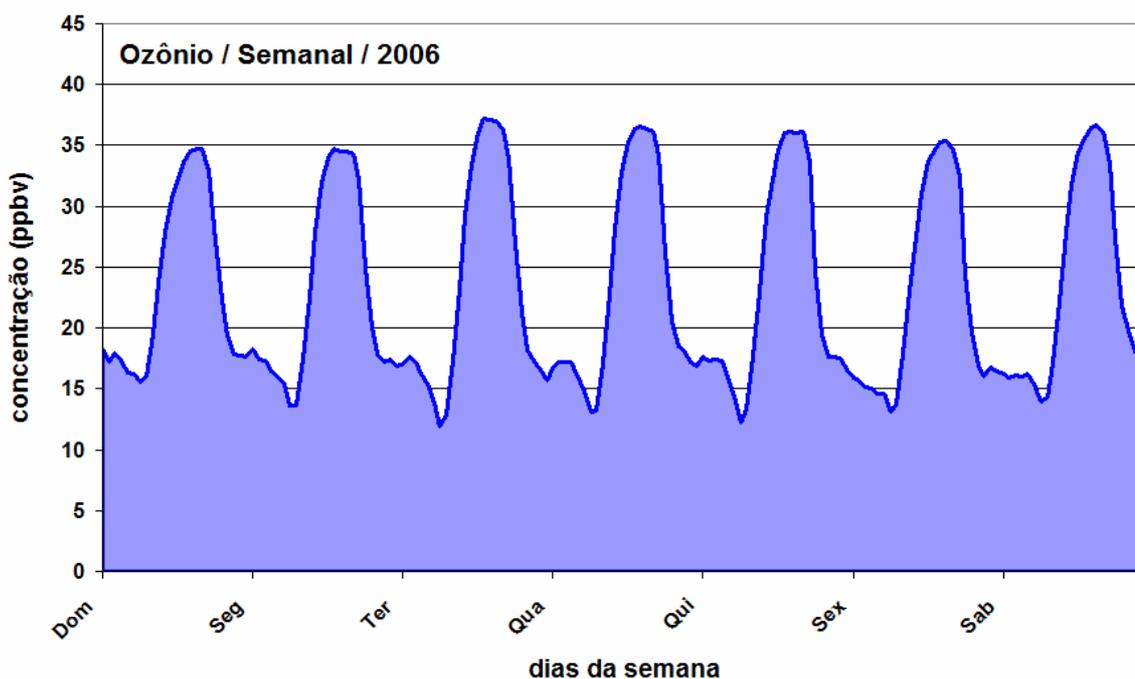


Figura 77: Comportamento Semanal da Concentração de Ozônio para Três Lagoas/2006.

Em outubro de 2005 as semanas de 9 a 15 e de 16 a 22, são as que apresentaram as maiores concentrações de Ozônio daquele ano. Nas figuras 78 e 79 são ilustradas as análises do comportamento da concentração de Ozônio durante os dias da semana, que incluem curvas de ajustes de média móvel que procuram explicitar o formato específico do conjunto de pontos, e, uma curva de ajuste polinomial de grau 3 para observar a tendência geral do conjunto de pontos experimentais.

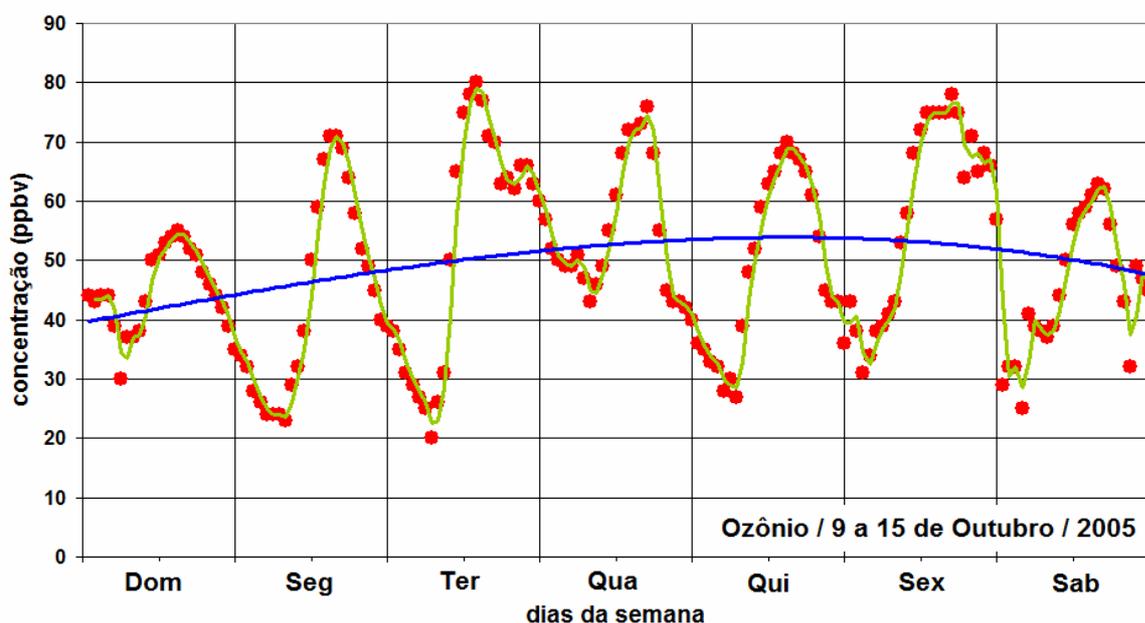


Figura 78: Comportamento Semanal da Concentração de Ozônio para 9 a 15 de outubro/2005.

Na figura 78 os dias da semana de menor presença de Ozônio são domingo e sábado, que, coincidentemente, são os dias de menor intensidade das atividades antrópicas, devido ao descanso semanal, o que, teoricamente, poderia evidenciar a influência da frota veicular no processo de formação de Ozônio em decorrência de precursores locais.

Porém, a figura 79, que ilustra os dados subseqüentes a semana de 9 a 15 de outubro, não parece confirmar esse fato, com evidente tendência de maior atividade da formação de Ozônio próximo aos dias de domingo e sábado, embora segunda e sexta também apresentem significativas concentrações de pico.

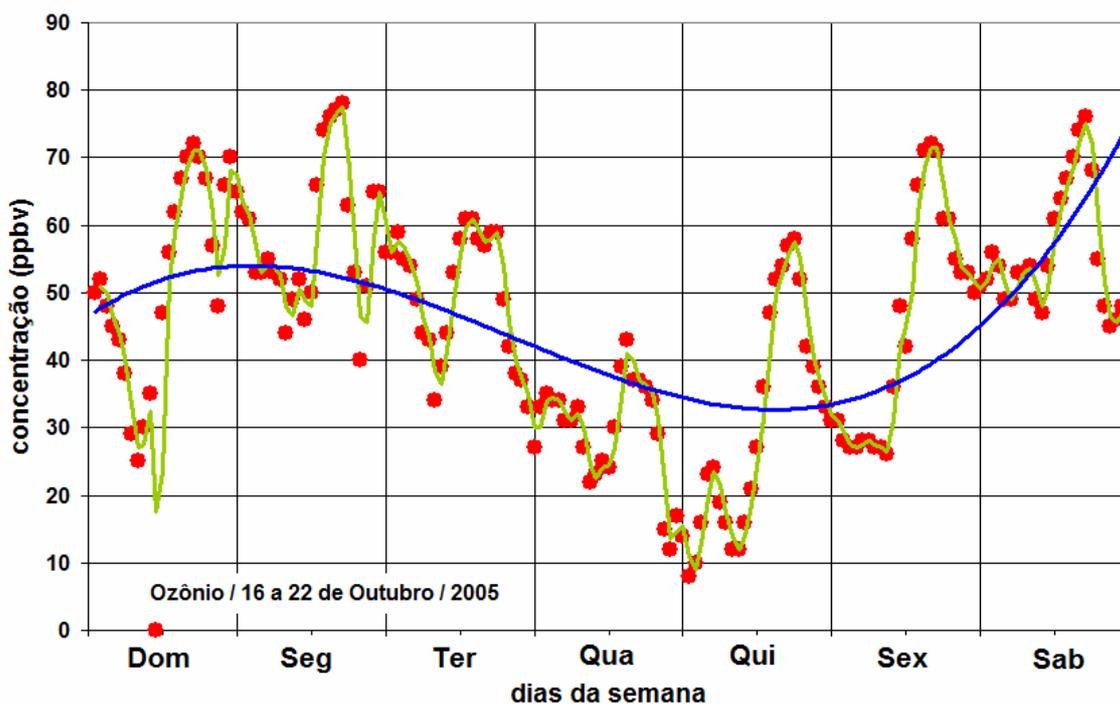


Figura 79: Comportamento Semanal da Concentração de Ozônio em 16 a 22 de outubro/2005.

A análise de séries temporais de parâmetros meteorológicos de dados monitorados em Três Lagoas pode auxiliar a compreender o papel do deslocamento das massas de ar local, o que, em vários casos da literatura têm explicado tais variações. Esse aspecto será avaliado na seção 4.6, relativa aos resultados a cerca dos condicionantes meteorológicos.

4.5.2. ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO CO E NOX

O comportamento do NO_x e do CO, precursores do Ozônio, são observados para alguns períodos do ano em que há dados disponíveis de ambos poluentes. A relação mantida entre ambos, NO_x e CO, pode ser um indicador de uma fonte comum de emissão. Em 2006, a maior média mensal de Ozônio ocorreu em setembro, e, a semana entre os dias 3 e 9 apresentaram forte relação linear ($R^2=0,85$) entre NO_x e CO, a figura 80 ilustra esse resultado.

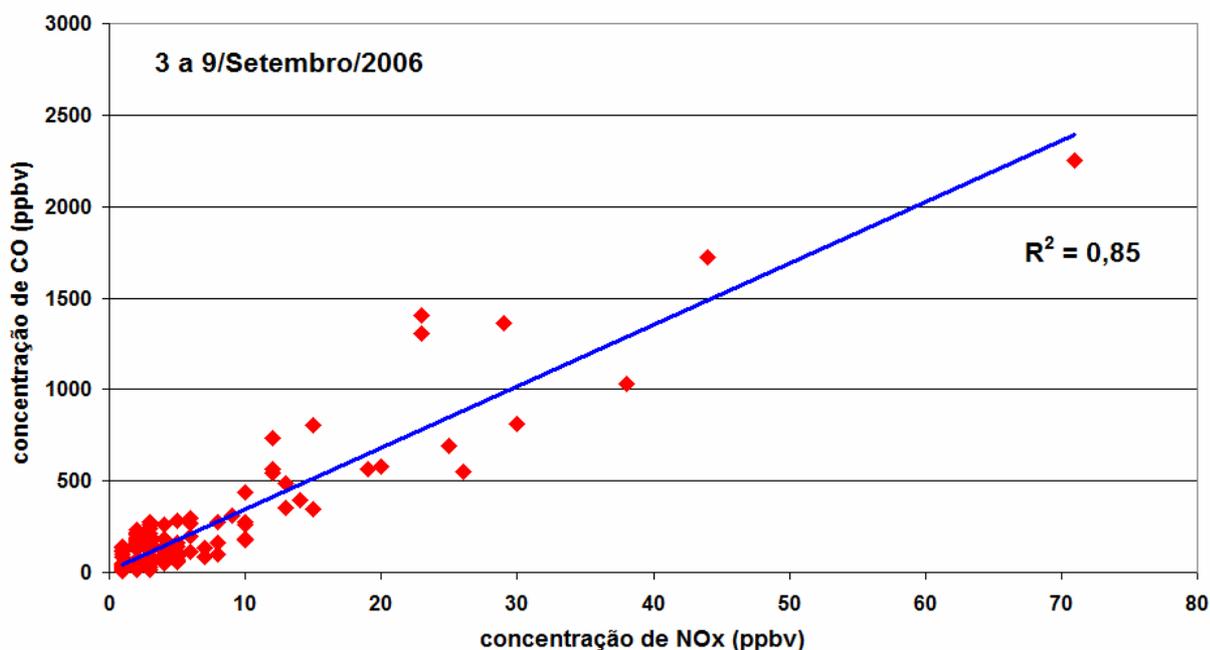


Figura 80: Relação entre NO_x e CO para o período de 3 a 9 de Setembro de 2006.

Por outro lado, em 2005, o mês em que ocorreu a maior média mensal, outubro, esse comportamento não é verificado com a mesma intensidade. A relação linear entre NO_x e CO não pode ser considerada forte para as séries de dados das semanas 9 a 15 (figura 81) e 16 a 22 (figura 82) de Outubro de 2005. Na figura 81 essa relação é mais representativa para uma fonte comum entre ambos os poluentes do que na figura 82, em que o $R^2 = 0,12$ revela fraca relação linear. Em um teste realizado buscou-se desconsiderar um dos pontos da figura 82, afastado, com concentração de NO_x=33 ppbv e CO=194 ppbv. Esse procedimento resultou

em um aumento de R^2 (0,33) porém não alterando a condição da fraca relação linear entre NOx e CO para esse período.

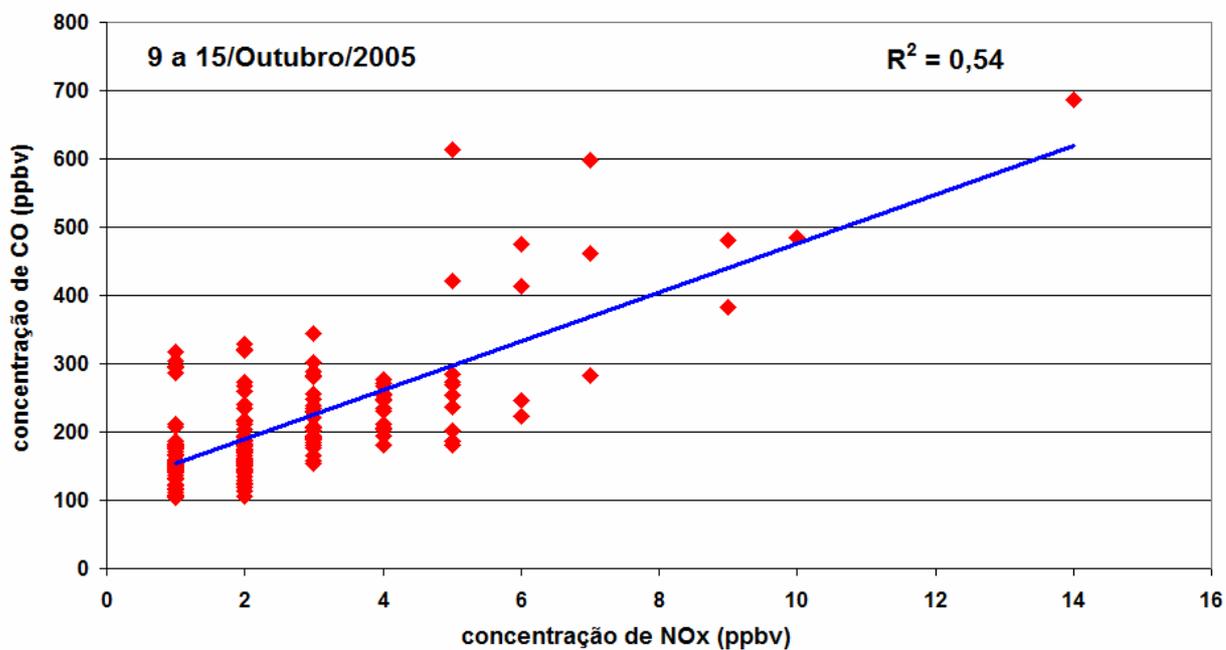


Figura 81: Relação entre NOx e CO para 9 a 15 de Outubro de 2005.

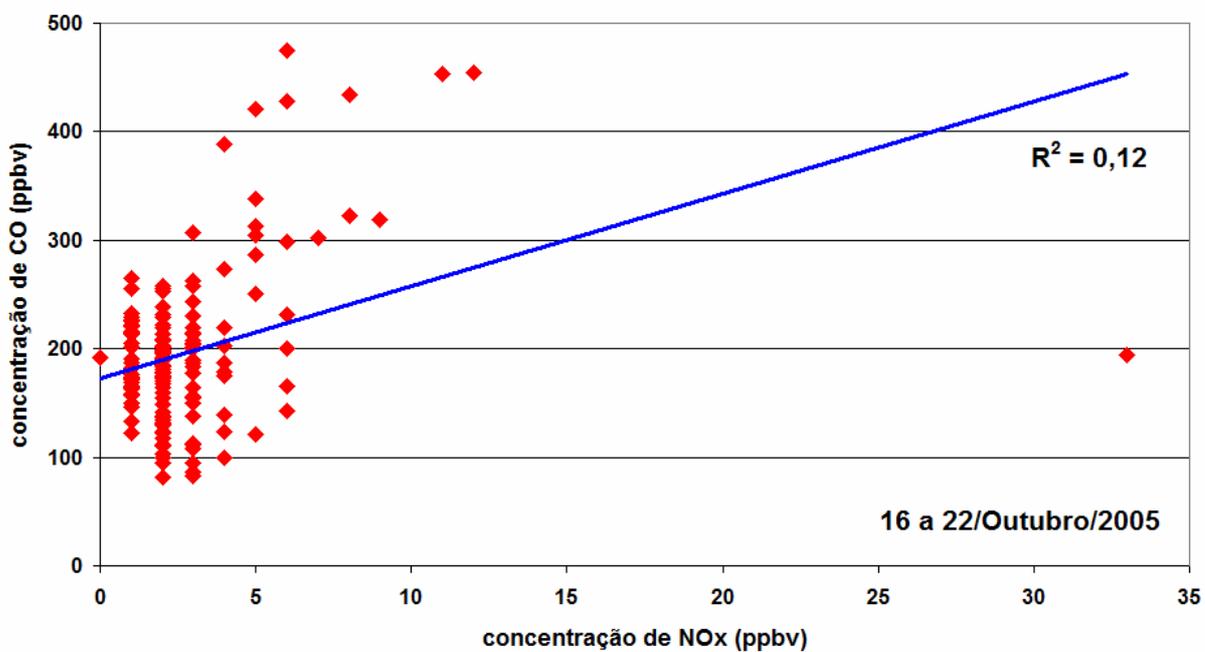


Figura 82: Relação entre NOx e CO para 16 a 22 de Outubro de 2005.

As variações sazonais de NO_x e CO para o ciclo diário indicam semelhanças no comportamento de ambos poluentes. Suas concentrações são maiores em algumas horas do dia (entre 7 e 8 e 18 e 21 horas) em quaisquer dos meses do ano, entretanto, nos meses entre abril e setembro os períodos de pico são intensificados. Provavelmente, a redução da média da altura da camada de mistura e/ou as inversões térmicas dos meses do período indicado possam explicar, ao menos em parte, a intensificação da concentração de NO_x e CO. As figuras 83 e 84 exibem o comportamento sazonal de NO_x para 2006 e CO para 2005, anos em que há menos perdas de dados para ambos poluentes.

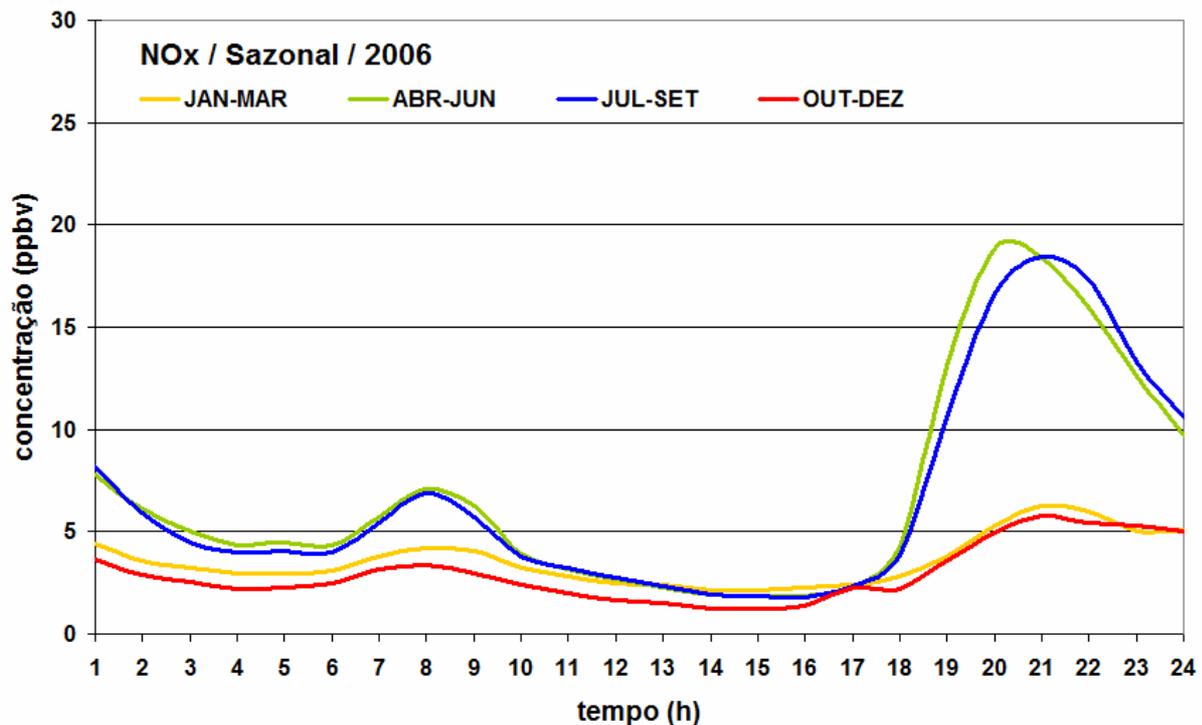


Figura 83: Comportamento Sazonal Ciclo Diário do NO_x em 2006.

Os períodos de pico, em ambas figuras, estão associados diretamente ao horário de entrada e saída de circulação da frota veicular urbana. Esse comportamento indica que o NO_x e o CO disponível na atmosfera local são oriundos, provavelmente, em sua maior parte, das

emissões veiculares, tendo em vista que outras fontes, como as Cerâmicas e a Termoelétrica operam em regime praticamente contínuo. Os fornos das Cerâmicas funcionam, em média, durante o processo de queima, 50 horas, e, de maneira intercalada, o que garante descarga de poluentes quase de forma constante.

A UTE de Três Lagoas em um ciclo de 24 horas quase não sofre oscilação nos níveis da concentração de NOx que são emitidos em suas chaminés. Em 11 de Outubro de 2005, com nível de Ozônio registrado em 80 ppbv (limiar do padrão de qualidade do ar), para concentração média de NOx de 16,9 ppmv , o desvio padrão não ultrapassou 3,6 ppmv. Posteriormente, serão apresentadas e comentadas simulações da dispersão da pluma de poluentes da Termoelétrica.

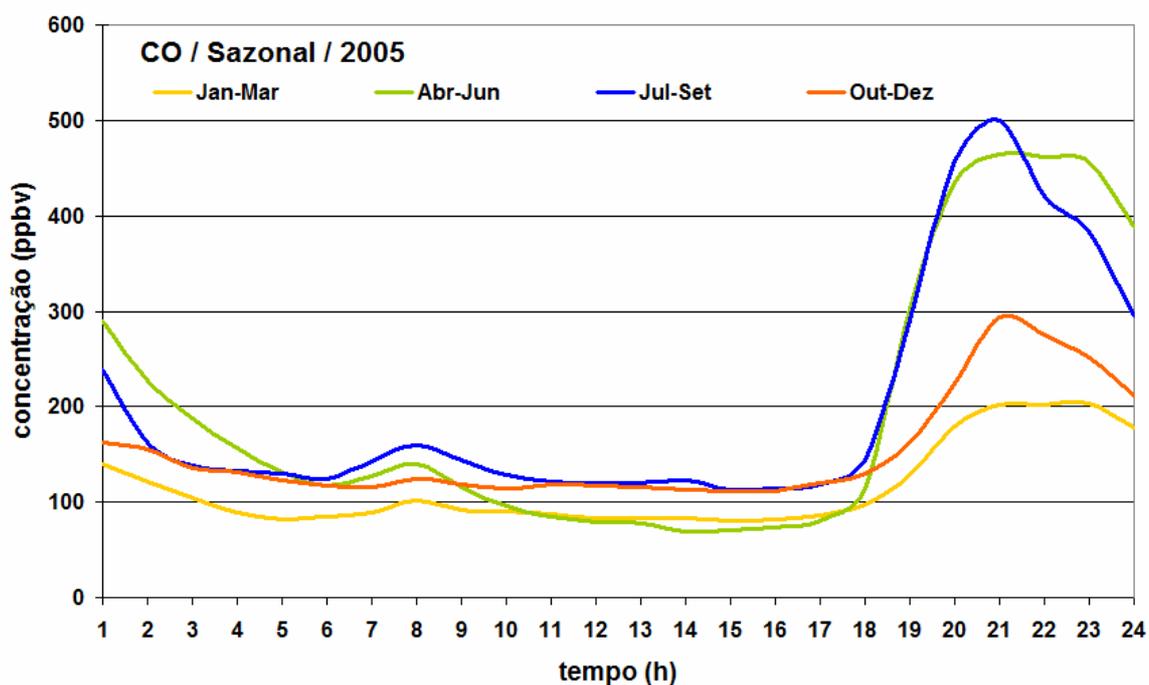


Figura 84: Comportamento Sazonal Ciclo Diário do CO em 2005.

4.5.3. ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE OS PRECURSORES NO_x E CO COM O OZÔNIO

A figura 85 ilustra os comportamentos das médias anuais ciclo diário de NO_x e O₃ para o ano de 2006, e, a figura 86 para as séries de CO e O₃ em 2005. A escolha desses anos em correspondência com os poluentes se deve ao maior número de dados válidos.

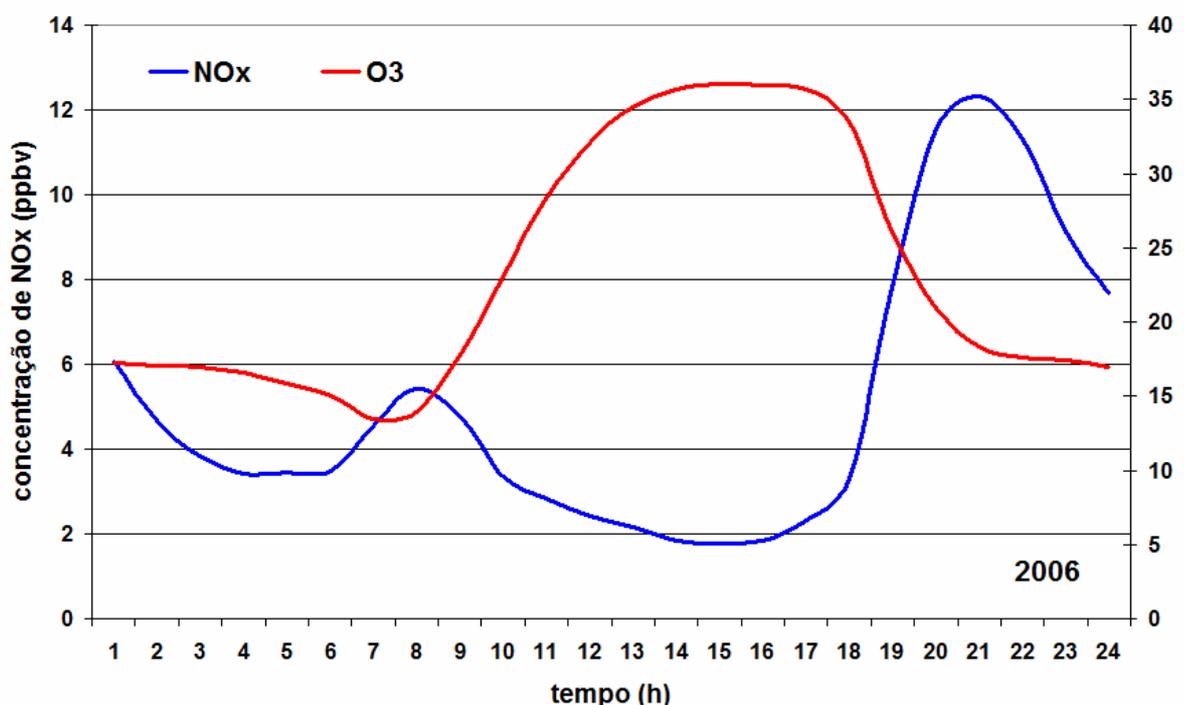


Figura 85: Ciclo Diário NO_x e Ozônio em 2006.

O NO_x emitido, inicialmente na forma de NO dos escapamentos da frota veicular, posteriormente, na atmosfera, em reações químicas com radical peróxido ocasiona a formação do NO₂. À medida que a intensidade da radiação solar se eleva, fótons com comprimentos de onda abaixo de 420 nm quebram as moléculas de NO₂ que permitem, na presença de oxigênio (O₂) a formação do ozônio.

Os níveis de NO_x têm relação direta na concentração de ozônio, seja para intensificar a formação de O₃ ou mesmo limitar sua formação. No caso de Três Lagoas os níveis de NO_x podem ser considerados baixos, quase equivalentes às concentrações encontradas na zona

rural, de acordo com Seinfeld & Pandis (1998), o que pode explicar parcialmente a baixa concentração de ozônio.

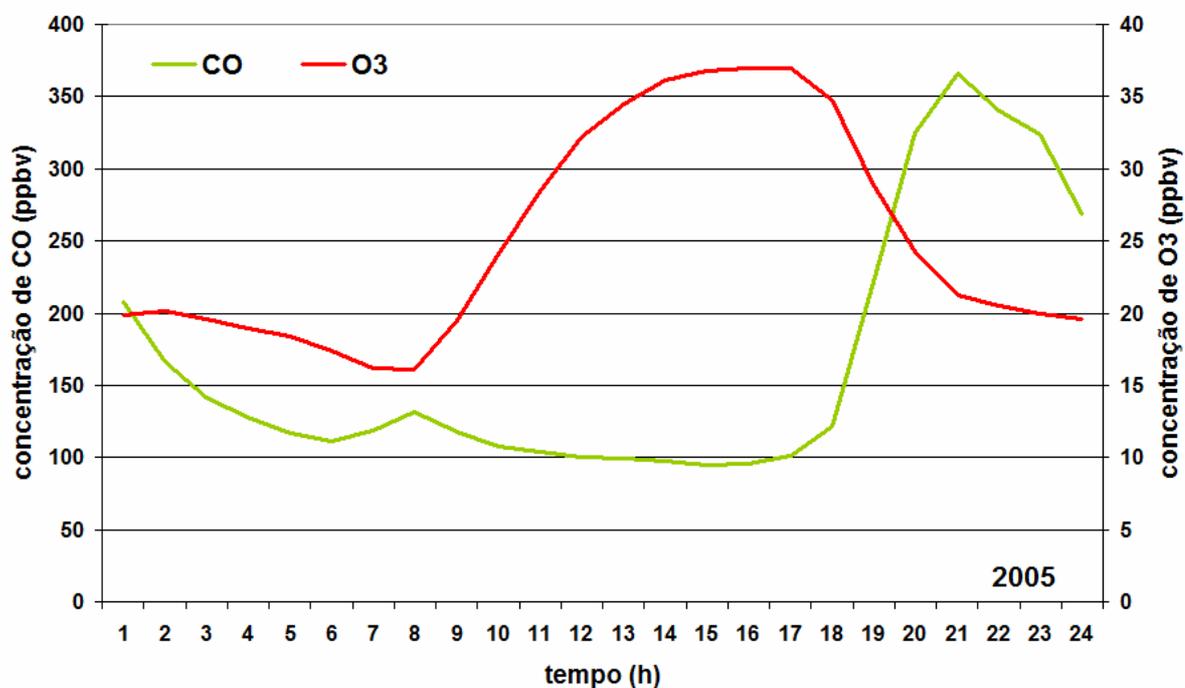


Figura 86: Ciclo Diário CO e Ozônio em 2005.

Segundo Seinfeld & Pandis (1998) a concentração de monóxido de carbono no ambiente, para o hemisfério Sul, deve oscilar entre 60 e 200 ppbv. Os níveis médios de Três Lagoas estão próximos a essa faixa, apresentando, em alguns meses, picos comparáveis a concentrações de grandes centros urbanos como Ribeirão Preto, no interior de São Paulo, que segundo Freitas & Pagliuso (2003) pode apresentar concentrações de até 3 ppmv.

O monóxido de carbono embora relativamente estável (tempo de residência 30 a 90 dias) pode reagir com o radical hidroxila, que, na presença de oxigênio (O_2), forma dióxido de carbono e o radical hidroperóxido que por conseguinte reage com NO o convertendo em NO_2 , desencadeando o processo de formação de moléculas de ozônio.

4.6. AVALIAÇÃO DOS CONDICIONANTES METEOROLÓGICOS

A presença de poluentes na atmosfera urbana pode ser intensificada (ou amenizada), dependendo das condições predominantes, de parâmetros meteorológicos como regime de ventos, temperatura e umidade do ar. Os dados analisados foram obtidos de duas estações de monitoramento automático de propriedade da Petrobrás S.A. e INMET.

Dois dos parâmetros meteorológicos mais relevantes na análise da variação de concentração de poluentes na atmosfera urbana são a direção e velocidade dos ventos. Em Três Lagoas a distribuição dos ventos ao longo do ano atende a todas as direções, porém é possível definir uma direção preferencial.

Os dados foram tratados e simulados no programa de computador WRPLOT fornecido pela Lakes Environment. As informações foram agrupadas em 16 diferentes direções e avaliadas para mês, semana e ano. O resultado, para a predominância da direção para onde sopram os ventos, em ambos os anos, 2005 e 2006, indica o Oeste, com vetores resultantes em 265° e 273°, respectivamente. Quanto à velocidade dos ventos, as maiores velocidades atingem entre 3,6 e 5,7 m/s, mas o percentual de participação dessas velocidades é baixo. O percentual de ventos calmos foi maior em 2005 com 21,33% , enquanto foi de 8,34% em 2006. As figuras 87 e 88, a seguir, ilustram a rosa dos ventos para os anos de 2005 e 2006. Outros resultados com o uso da rosa dos ventos podem ser consultados nos anexos 28 a 38.

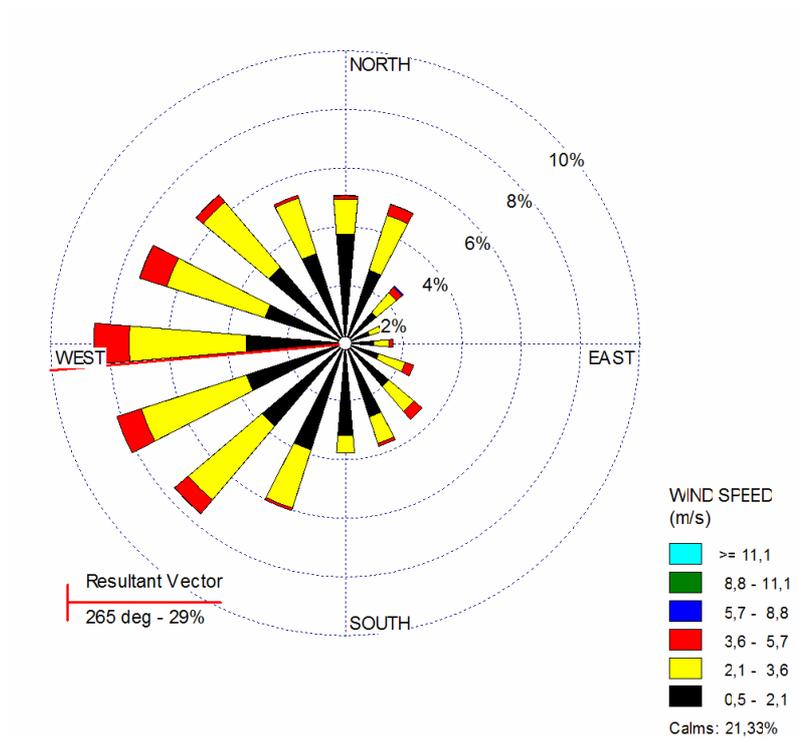


Figura 87: Direção Predominante dos Ventos para 2005.

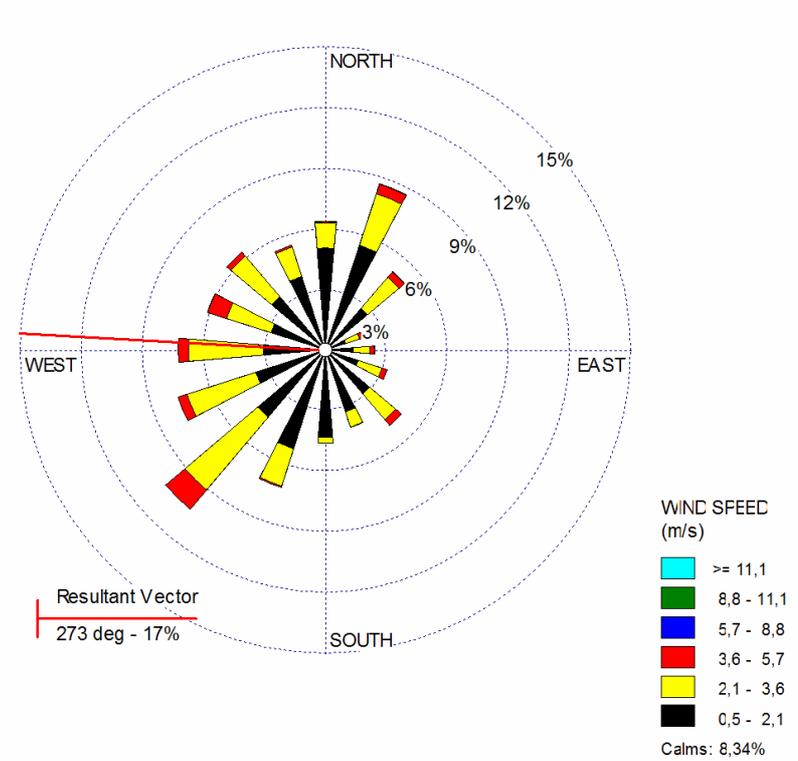


Figura 88: Direção Predominante dos Ventos para 2006.

4.6.1. RELAÇÕES NOx, CO E OZÔNIO / CONDIÇÕES DO VENTO (JANEIRO)

Dois períodos foram selecionados para análise das relações entre poluentes, direção e velocidade do vento, temperatura e umidade relativa do ar. São eles, 6 a 9 de Janeiro e 1 a 4 de Setembro de 2005. As tabelas 36, 37, 38 e 40, ilustram resultados do primeiro período.

Tabela 36: Relação entre Concentração de Poluentes e Direção do Vento. (6 a 9/Janerio/2005).

Direção	Concentração Média de Poluentes (ppbv)			
	%	CO	NOx	O ₃
≤ 90	60,4	108,6	0,4	16,6
90-180	10,4	207,8	2,4	12,6
180-270	7,3	264,3	4,0	7,3
> 270	21,9	143,7	0,9	16,8

Tabela 37: Relação entre Concentração de Poluentes e Velocidade do Vento. (6 a 9/Janerio/2005).

Velocidade	Concentração Média de Poluentes (ppbv)			
	%	CO	NOx	O ₃
≤ 1,0	31,3	206,1	2,4	10,9
1,1-2,0	55,2	108,1	0,3	17,4
2,1-4,0	13,5	102,2	0,2	18,8
> 4,0	-	-	-	-

A direção do vento, predominante no período de 6 a 9 de Janeiro, ocorre na direção lago-cidade (NE-SO) em quase 70% do tempo, sendo maior no sentido lago-cidade, 60,4%. Nessa direção as concentrações médias de CO e NOx são menores e Ozônio maior quando o vento sopra do lago para a cidade (Direção ≤ 90), e, o processo se inverte quando os ventos

sopram da cidade para o lago, quando o CO (264,3 ppbv) e o NOx (4,0 ppbv) apresentam suas maiores concentrações médias e o ozônio à mínima, 7,3 ppbv. A estação de monitoramento está, praticamente, entre o lago e a cidade, dessa maneira os dados sugerem que as maiores concentrações são provocadas por fontes, sejam elas móveis ou fixas, presentes na cidade.

As ocorrências de velocidade do vento abaixo de 2,0 m/s representam 86,5% dos casos, sendo 55,2% entre 1,1 e 2,0 m/s que são típicas do período diurno. Para esta última categoria de velocidade dos ventos as concentrações médias de CO, NOx e O₃ são semelhantes àquelas para a direção do vento que sopra do lago para a cidade.

A redução das concentrações de CO e NOx à medida que a velocidade do vento aumenta indicam melhor dispersão dos poluentes, portanto o inverso, velocidades menores, implicam maior estabilidade da atmosfera, menor dispersão. As velocidades menores que 1,0 m/s ocorrem, em sua maioria, no período noturno. Nessa categoria de velocidade as concentrações médias de NOx e CO atingem os maiores valores, respectivamente, 2,4 e 206,1 ppbv, enquanto o ozônio se reduz ao menor nível, naturalmente, para o caso noturno, devido à ausência do processo fotoquímico

4.6.2. RELAÇÕES NO_x, CO E OZÔNIO / UMIDADE RELATIVA DO AR (JANEIRO)

A umidade relativa pode influenciar o fluxo actínico e portanto os processos fotoquímicos. A concentração média de ozônio decresce com o aumento da umidade relativa, entretanto para percentuais de umidade acima de 80%, o ozônio, e, também, os demais poluentes podem sofrer reduções devido à remoção pela precipitação de chuva.

Na tabela 38 o ozônio de fato é reduzido com o aumento dos percentuais de umidade, mas não se deve, em todos os dias, diretamente, à ação da precipitação, tendo em vista que as medidas de precipitação apontam ocorrências nos dias 7,8 e 9, ou antes das 8 horas da manhã ou após as 19 horas. No dia 6 a precipitação ocorreu em período (vespertino), resultando em menores valores de O₃, NO_x e CO. A figura 89 e a tabela 39 ilustram, respectivamente, a precipitação e o comportamento dos poluentes para os dias 6 a 9 de Janeiro.

Tabela 38: Relação entre Concentração de Poluentes e Umidade Relativa do Ar. (6 a 9/Janeiro/2005).

% Umidade	Concentração Média de Poluentes (ppbv)			
	%	CO	NO _x	O ₃
≤ 40	0	-	-	-
40-60	14,6	93,6	-	21,1
60-80	32,3	127,4	0,5	18,1
> 80	53,1	156,5	1,4	12,4

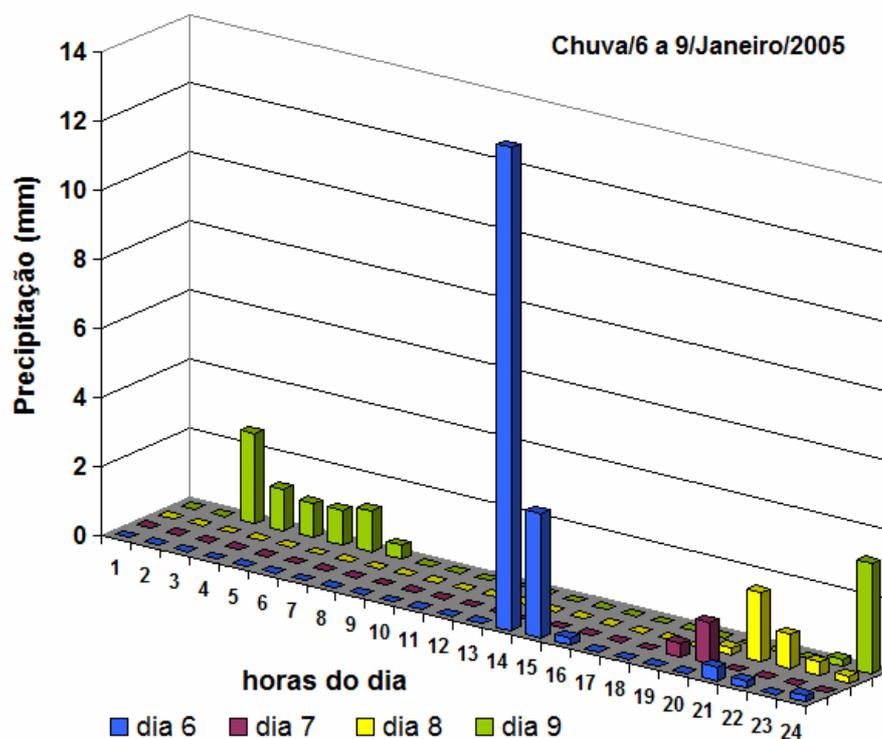


Figura 89: Precipitação nos dias 6 a 9 de Janeiro de 2005.

Tabela 39: Concentração Média de Poluentes referentes aos dias 6 a 9 de Janeiro de 2005.

Dias	Concentração Média Diária de Poluentes		
	CO	NOx	O ₃ ¹
6	114,7	0,6	17,0
7	148,7	1,1	19,1
8	180,3	2,0	20,4
9	108,0	0,1	21,4

¹ Valores médios relativos ao período entre 11 e 17 horas.

É possível verificar que os valores médios de CO e NOx são menores, também, no dia 9, dia em que não ocorreu precipitação durante o dia. Entretanto, entre as 20 horas do dia 8 e 8 horas da manhã seguinte, dia 9, choveu quase que 11,2 mm, auxiliando na retirada de poluentes da atmosfera local.

4.6.3. RELAÇÕES NO_x, CO E OZÔNIO / TEMPERATURA (JANEIRO)

Embora as temperaturas para o período, em destaque, são todas maiores que 20° C, é possível notar diferenças entre a concentração média de poluentes na faixa entre 20-30° C e acima de 30°C. Os precursores do ozônio sofrem redução em sua concentração com o aumento de temperatura, enquanto o nível de ozônio se eleva. Vários são os parâmetros que influenciam as concentrações dos poluentes, mas a temperatura mais elevada pode, também, auxiliar a formação de ozônio, e portanto, o consumo de CO e NO_x devido ao papel relevante da temperatura nos processos fotoquímicos. A tabela 40 ilustra a influência da temperatura na concentração dos poluentes.

Tabela 40: Relação entre Concentração de Poluentes e Temperatura Ambiente. (6 a 9/Janeiro/2005).

Temperatura	Concentração Média de Poluentes (ppbv)			
	%	CO	NO _x	O ₃
≤ 10		-	-	-
10-20		-	-	-
20-30	76,0	151,3	1,2	13,9
> 30	24,0	95,4	0,04	20,8

4.6.4. RELAÇÕES NO_x, CO E OZÔNIO / CONDIÇÕES DO VENTO (SETEMBRO)

Os resultados de direção do vento para o período de Setembro, tabela 41, indicam novamente o predomínio da direção lago-cidade, cerca de 80,2% do tempo analisado. Entretanto, a direção do fluxo do vento foi invertida para cidade-lago, 53,1% do tempo. As maiores concentrações médias de ozônio, 40,5 e 32,9 ppbv, continuam, respectivamente, ocorrendo nas direções $\leq 90^\circ$ e $> 270^\circ$, como no período de Janeiro. Comparativamente, em Janeiro os valores das concentrações médias de ozônio nessas direções eram semelhantes, mas em Setembro as concentrações médias de ozônio, oriundas de ventos do lago, foram maiores, atingindo diferenças de até 23%.

O monóxido de carbono apresenta concentrações médias mais elevadas em relação a Janeiro para as direções $> 270^\circ$ (417,0 ppbv) e entre 90° e 180° (666,8 ppbv). Entretanto, o vento aponta dessas direções em 1/5 do período avaliado, enquanto em Janeiro representava 1/3. O NO_x apresenta o mesmo padrão de comportamento de Janeiro, mas com concentrações médias mais elevadas em até 14 vezes.

Os ventos que sopram da cidade para o lago carregam maiores concentrações de NO_x (55,6 ppbv), enquanto no sentido contrário, a média não é superior a 8,0 ppbv. A relação de inversão entre O₃ e NO_x, independente da direção, parece permanecer, enquanto o monóxido de carbono sofre variações entre as direções $>270^\circ$ e $180-270^\circ$.

As direções em que o CO apresenta maiores concentrações ocorrem no período noturno, em que, segundo a figura 84, seção 4.5.2, mesmo para variações sazonais o período das primeiras horas da noite as concentrações de CO se elevam, e, principalmente no mês de Setembro em que elas atingem patamares acima de 500 ppbv. A redução da camada de

mistura no período noturno pode acarretar o transporte de poluentes de regiões superiores para a superfície. E, no segundo semestre, no Brasil, ocorrem elevados números de queimadas na região amazônica e do centro-oeste que podem afetar regiões distantes, como indicam Boian & Kirchhoff (2005). A tabela 41 e a figura 90 ilustram as informações comentadas acima sobre, respectivamente, a concentração média de poluentes em função da direção do vento e a direção do vento em função do período de dias avaliados.

Tabela 41: Relação entre Concentração de Poluentes e Direção do Vento. (1 a 4/Setembro/2005).

Direção	Concentração Média de Poluentes (ppbv)			
	%	CO	NO _x	O ₃
≤ 90	27,1	235,7	8,0	40,5
90-180	10,4	666,8	28,5	14,2
180-270	53,1	147,4	55,6	16,6
> 270	9,4	417,0	16,8	32,9

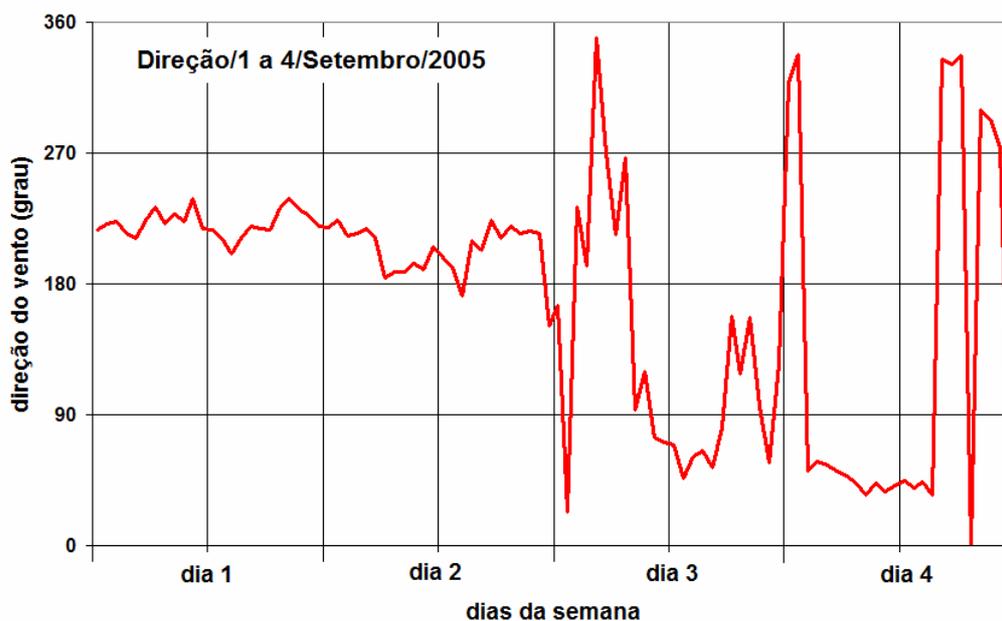


Figura 90: Direção do Vento nos dias 1 a 4 de Setembro de 2005.

A tabela 42 ilustra as concentrações médias de poluentes e a velocidade média dos ventos. O monóxido de carbono e o óxido de nitrogênio reduzem suas concentrações com o aumento da velocidade dos ventos, esse fato se deve à melhor dispersão dos poluentes. Todavia, o mesmo não ocorre com o ozônio, que para velocidades maiores que 4,0 m/s a concentração se eleva para 30,7 ppbv. Segundo Jun Tu et.al (2007) velocidades elevadas podem reduzir a estabilidade da camada de mistura permitindo a entrada adicional de ozônio de camadas superiores, entretanto velocidades ainda maiores deveriam amenizar esse cenário.

As concentrações elevadas de CO e NO_x associadas com velocidades abaixo de 1,0 m/s devem ocorrer, na maior parte dos casos, no período noturno, tendo em vista as baixas concentrações médias de ozônio, 8,8 ppbv.

Tabela 42: Relação entre Concentração de Poluentes e Velocidade do Vento. (1 a 4/Setembro/2005).

Velocidade	Concentração Média de Poluentes (ppbv)			
	%	CO	NO _x	O ₃
≤ 1,0	20,8	639,2	31,5	8,8
1,1-2,0	24,0	232,5	4,7	33,4
2,1-4,0	36,5	114,9	7,4	24,0
> 4,0	18,7	106,2	3,1	30,7

4.6.5. RELAÇÕES NO_x, CO E OZÔNIO / UMIDADE RELATIVA DO AR (SETEMBRO)

A tabela 43 diz respeito às relações dos poluentes com a umidade relativa do ar reflete comportamento semelhante ao encontrado para o período de 6 a 9 de Janeiro. O aumento da umidade implica na redução do ozônio e aumento do NO_x e CO. Como mencionado anteriormente, a presença de água na atmosfera interfere no fluxo actínico e, por conseguinte, nos processos fotoquímicos e na formação de ozônio.

Tabela 43: Relação entre Concentração de Poluentes e Umidade Relativa do Ar. (1 a 4/Setembro/2005).

% Umidade	Concentração Média de Poluentes (ppbv)			
	%	CO	NO _x	O ₃
≤ 40	10,4	90,3	2,3	51,4
40-60	29,2	341,7	15,2	29,4
60-80	46,9	282,2	12,3	18,2
> 80	13,5	69,0	2,2	13,9

A intensidade de radiação solar, para os dois períodos, é semelhante, com Janeiro apresentando valores levemente maiores. A figura 91, a seguir, ilustra o comportamento desse parâmetro.

Em percentuais acima de 80%, a redução brusca de NO_x e CO, e, menos intensa de O₃, estão relacionadas, com maiores chances, à ocorrências de chuvas. Mas, no período avaliado a precipitação ocorreu entre 20 horas do dia 1 e 2 horas do dia 2 representando cerca de 6% do período. Esse cenário favorece a remoção dos poluentes da atmosfera, portanto reduzindo suas concentrações.

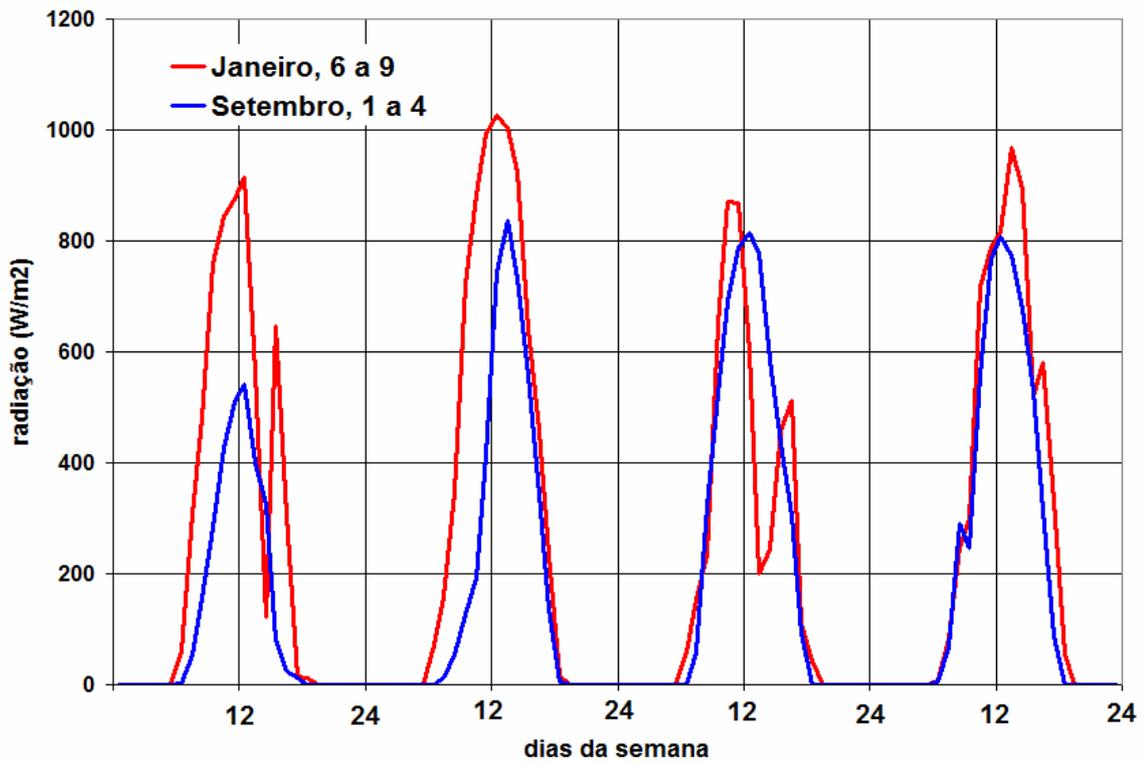


Figura 91: Intensidade da Radiação Solar para o período de 1 a 4 de Setembro de 2005.

4.6.6. RELAÇÕES NO_x, CO E OZÔNIO / TEMPERATURA (SETEMBRO)

A tabela 44, relativa a 1 a 4 de Setembro de 2005, também, registra concentrações maiores de ozônio em relação ao período de 6 a 9 de Janeiro, embora a temperatura média do período avaliado (20,2°C) seja inferior à do período de Janeiro que atingiu 26,8°C de média. Com o aumento da temperatura a formação de ozônio é favorecida, enquanto seus precursores têm comportamento inverso.

Tabela 44: Relação entre Concentração de Poluentes e Temperatura Ambiente. (1 a 4/Setembro/2005).

Temperatura	Concentração Média de Poluentes (ppbv)			
	%	CO	NO _x	O ₃
≤ 10	-	-	-	-
10-20	46,9	159,0	10,4	14,2
20-30	46,9	353,3	7,5	32,0
> 30	6,2	169,0	3,5	52,3

4.6.7. CORRELAÇÃO ENTRE GRUPO DE POLUENTES E PARÂMETROS METEOROLÓGICOS

Outra análise estatística realizada foi a análise de componentes principais, considerando as séries temporais dos parâmetros meteorológicos direção e velocidade do vento, temperatura, umidade relativa e radiação com os poluentes CO, NOx e O₃. Os períodos avaliados, anteriormente, de 6 a 9 de Janeiro e 1 a 4 de Setembro em 2005 foram utilizados para compor as matrizes de correlação. As tabelas 45 e 46 ilustram as matrizes.

Tabela 45: Análise de Componentes Principais para o período de 6 a 9 de Janeiro de 2005.

	CO	NOx	O ₃	D	V	T	U	R
CO	1							
NOx	0,90	1						
O ₃	-0,65	-0,70	1					
D	0,26	0,26	-0,06	1				
V	-0,49	-0,54	0,59	-0,15	1			
T	-0,08	-0,11	0,50	0,19	0,32	1		
U	0,25	0,28	-0,65	-0,15	-0,43	-0,96	1	
R	-0,26	-0,16	0,39	0,17	0,28	0,54	-0,55	1

Em ambas as tabelas, 45 e 46, as correlações mais fortes, entre poluentes, ocorrem com CO e NOx. Correlações com valores de 0,89 e 0,90, como a que ocorreu com CO e NOx, indicam, de fato, relação linear forte entre ambos poluentes, e, que possivelmente decorrem de uma mesma fonte.

Tanto o CO quanto o NOx mantém correlação média-forte com outros dois parâmetros, em ambos os períodos avaliados, a concentração de ozônio e a velocidade do vento, e, correlações inversas, negativas. Esse fato, associado com a forte linearidade que há entre si (CO e NOx) e, as concentrações de ozônio se manterem em níveis médios até 3 vezes menor do que o estabelecido na legislação (próximo a níveis de zona rural), parecem confirmar o

maior peso da dinâmica entre poluentes estarem relacionados a fontes e condições meteorológicas locais.

O ozônio mantém correlação média-forte, em ambos os períodos, com a temperatura, umidade relativa do ar e radiação solar, o que era esperado. Porém, em relação a direção e velocidade do vento sofre variações consideráveis. Em Janeiro, a correlação do ozônio com a direção do vento, praticamente, era inexistente aponta a estatística (-0,06), enquanto para o período de Setembro a correlação com a direção do vento é próxima à média (-0,40). A tabela 41, seção 4.6.4, evidenciou que as maiores médias de concentração de ozônio para o período de 1 a 4 de Setembro eram oriundas da região do lago de Jupia (entre 0 e 90° e 270 e 360°), não havendo fontes nessas direções.

Tabela 46: Análise de Componentes Principais para o período de 1 a 4 de Setembro de 2005.

	CO	NOx	O₃	D	V	T	U	R
CO	1							
NOx	0,89	1						
O₃	-0,38	-0,54	1					
D	-0,07	0,02	-0,40	1				
V	-0,50	-0,66	0,28	-0,11	1			
T	0,19	-0,03	0,76	-0,35	0,02	1		
U	-0,09	-0,05	-0,67	0,28	0,31	-0,77	1	
R	-0,31	-0,38	0,58	-0,38	0,14	0,43	-0,56	1

4.7. ANÁLISE DO TRANSPORTE DE NO_x, CO E HC

Algumas simulações foram realizadas para avaliar o potencial de duas grandes fontes emissoras de precursores do ozônio, a termoelétrica responsável pela emissão de grandes volumes de NO_x, que esta localizada na região periférica da área urbana, e a floresta de eucalipto, cujas áreas mais próximas estão entre 12-13 km a 25 km. Os programas computacionais, ISCST3-PRIME e OZIPR, respectivamente, foram utilizados para realizar as simulações da UTE e da cobertura vegetal.

A simulação da concentração de NO_x e CO, das plumas emitidas pela UTE utilizaram dados reais de operação da planta com dados meteorológicos de estações locais. Os arquivos de entrada que possibilitaram a simulação estão nos Anexos 43, 44 e 46.

As figuras 92 e 93 ilustram os resultados obtidos para o NO_x no dia 5 de Setembro de 2005. Nesse dia, os ventos sopraram, predominantemente, para o sudoeste, isto é, sobre a área urbana de Três Lagoas. As figuras foram obtidas sobrepondo os dados de elevação do terreno e da dispersão da pluma de poluentes.

O mapa topográfico da região de Três Lagoas, que aparece de fundo nas figuras, ilustra a variação da altitude do relevo representada por uma escala de cores que abrange desde o verde (região plana da área urbana), com altitudes oscilando próximo a 320 metros, ao laranja (com suaves elevações de terreno), atingindo até 370 metros, e, por fim o lago, em azul claro, ao longo do lado direito das figuras, com altitude de 280 metros. A fonte emissora, a Usina Térmica, está identificada com duas cruces com círculo (em vermelho) que representam as chaminés em funcionamento no período de simulação.

Sobreposta à imagem do relevo, em escala de tons azul, estão as médias de 1 e 24 horas da pluma de dispersão de NO_x, e, também a média de 24 h de CO. Foram definidos símbolos

para os pontos receptores de interesse para o cálculo da concentração do poluente. A localização do triângulo verde claro representa a estação de monitoramento da qualidade do ar, o quadrado verde escuro identifica a região central da cidade de Três Lagoas, e o círculo, em amarelo, o local de maior concentração registrada. A figura 94 ilustra as médias para 1 hora de NOx.

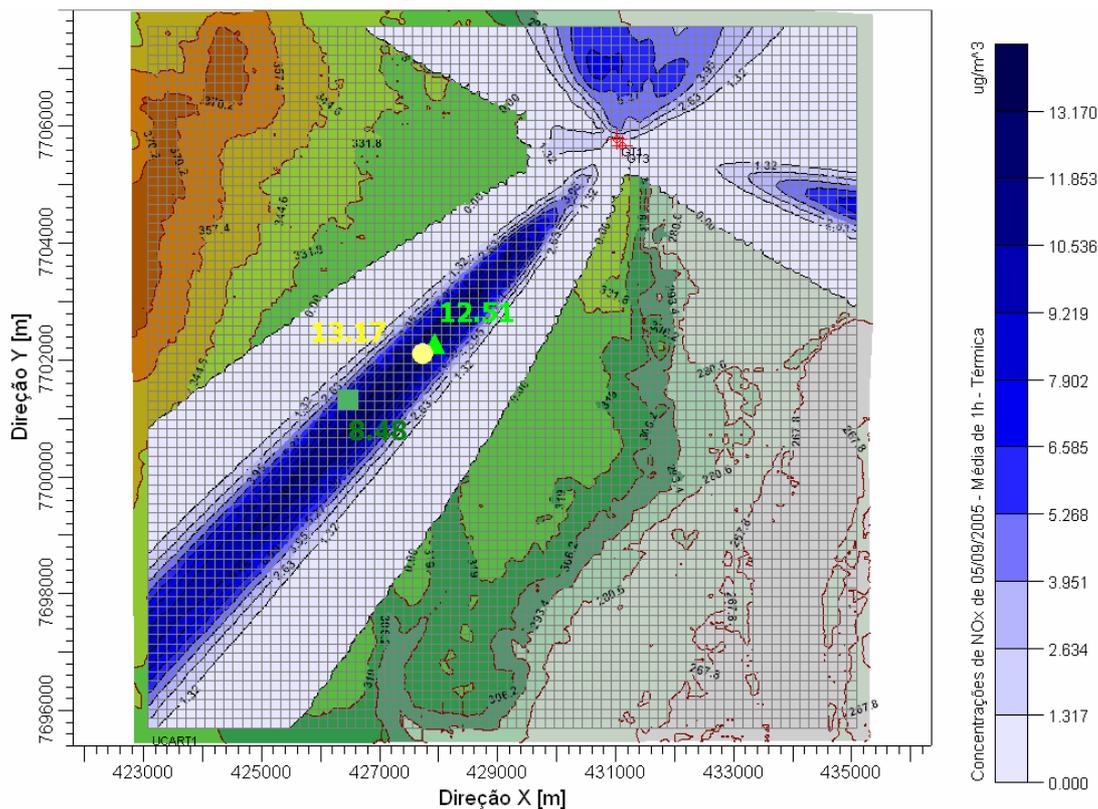


Figura 92: Simulação da Emissão (1h) de NOx pela UTE de Três Lagoas (05/09/2005).

As concentrações de 8,48, 12,51 e 13,17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ encontradas, respectivamente, para a área central, estação de monitoramento e local de maior concentração, estão muito abaixo do padrão de qualidade do ar recomendado pelo CONAMA 03/90 que estabelece 190 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para média de 1 hora como padrão secundário.

A concentração média registrada (experimental) na estação de monitoramento de

qualidade do ar no dia 5 foi de $16,74 \pm 2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que embora considerado baixo sob a luz da legislação brasileira, exige fontes adicionais para completar a média de 24 horas, tendo em vista que para esse dia a média máxima de 24 horas das emissões da Térmica (simulação) permaneceu em níveis negligenciáveis, abaixo de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o que está de acordo com os dados encontrados no RIMA da Usina Termoelétrica consultado junto à Secretária de Meio Ambiente do Estado de MS. A figura 93 ilustra as concentrações médias máximas para 24 horas para o dia 5 de Setembro de 2005.

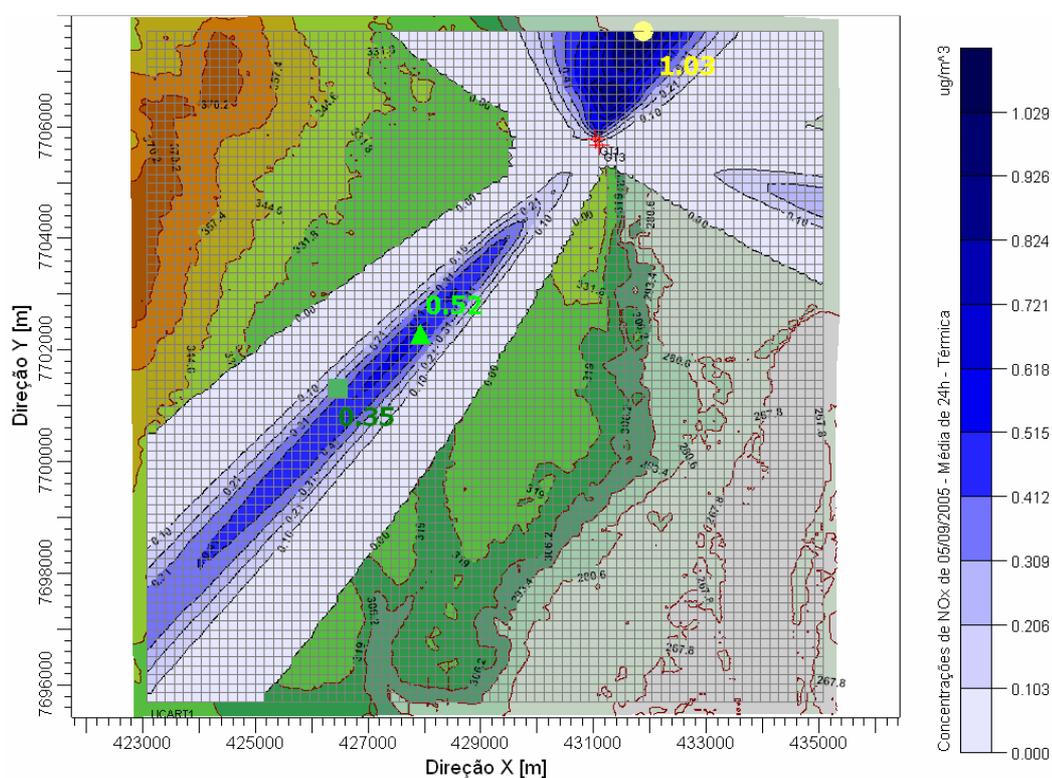


Figura 93: Simulação da Emissão (24h) de NOx pela UTE de Três Lagoas (05/09/2005).

As simulações realizadas para média de 1 e 24 horas para o CO também indicam participação negligenciável das emissões oriundas da UTE, que em geral apresentam seus máximos próximos à fonte e, quando a pluma está voltada para a área urbana seu impacto

ocorre, principalmente, na direção SO-NE.

A figura 94 ilustra a concentração de CO para a média de 24 horas. Outros mapas de dispersão de poluentes da Térmica estão disponíveis para consulta nos anexos 50 a 56.

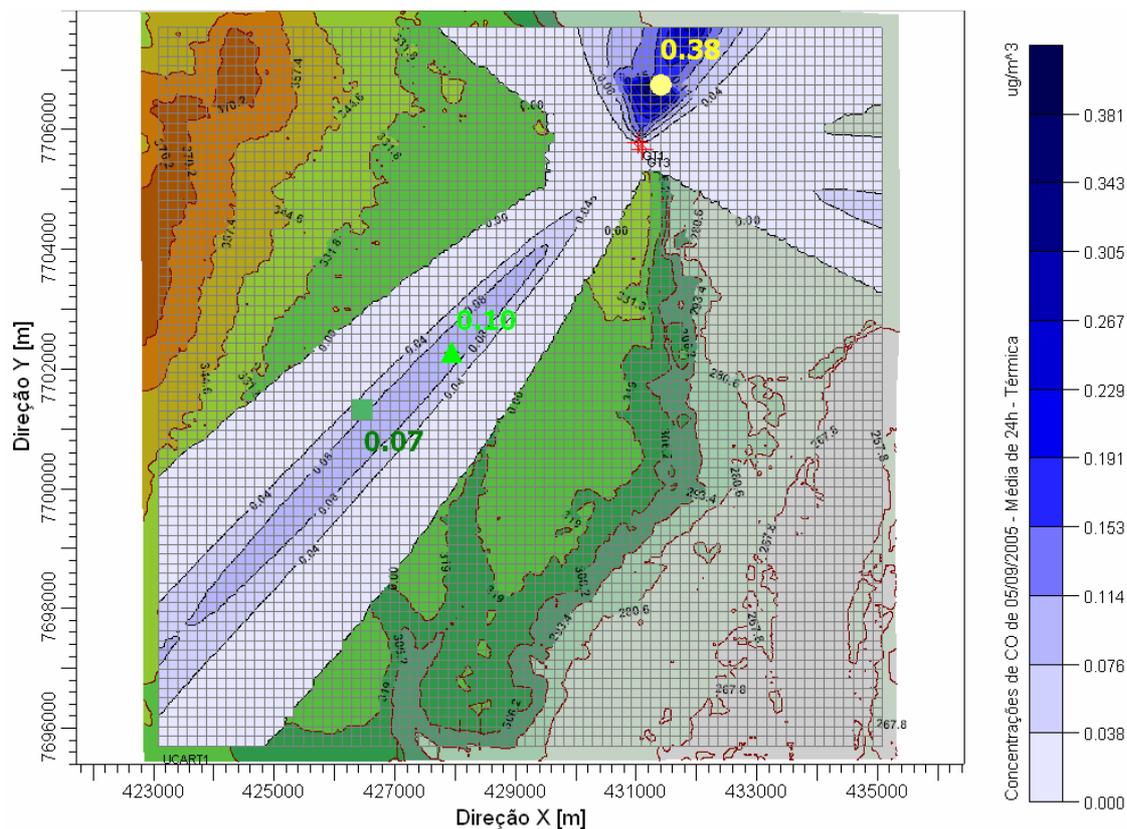


Figura 94: Simulação da Emissão (24h) de CO pela UTE de Três Lagoas (05/09/2005).

A concentração média de CO, para 24 horas, registrada pela estação de monitoramento foi de $299,1 \pm 74,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valor este muito acima da média provocada pelas emissões da Usina Termoeletrica, cerca de $0,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, e amplamente abaixo dos padrões recomendados pela resolução do CONAMA, que prevê $10.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (8 h) e 40.000 (1 h).

A formação de Ozônio de baixa altitude depende da presença de hidrocarbonetos, e, segundo resultados do Inventário de Emissões Atmosféricas apresentado anteriormente no item 4.1, as florestas de eucalipto localizadas ao sul-sudoeste da cidade de Três Lagoas

consistem em importante fonte desses compostos gasosos. Embora, as emissões totais sejam relevantes, cerca de 25.000 toneladas por ano de Isopreno e Monoterpenos, a distância da área urbana não é desprezível, sendo as áreas mais próximas distantes 12 a 25 km. Esse fato é importante considerando que as velocidades médias dos ventos na região sejam próximas a 1,5 m/s e a vida média do Isopreno e Monoterpenos são em média próximos a 1 hora.

As figuras 95 e 96 ilustram a simulação realizada para uma situação hipotética em que os ventos predominassem na direção da cidade por um dia inteiro, nas condições de temperatura e velocidade dos ventos, típicas da região para o mês de Setembro, que está entre os que apresentam as maiores concentrações de ozônio registradas localmente.

Na figura 95 a área florestal esta delimitada por linha tracejada em vermelho, a área urbana com um quadrado vermelho e as áreas afetadas com a dispersão dos hidrocarbonetos biogênicos em escala de azul.

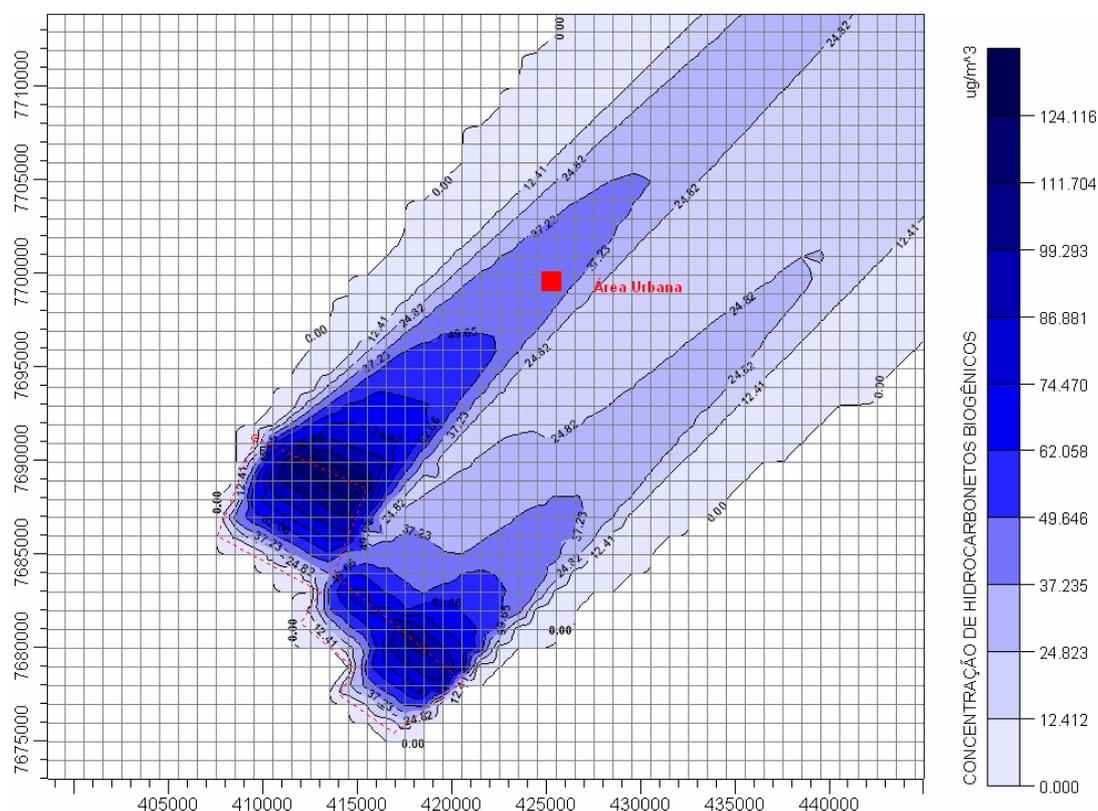


Figura 95: Simulação da Emissão (1h) de HC pela Cobertura Vegetal de Eucalipto.

As taxas de emissões utilizadas foram variáveis ao longo do dia baseadas no modelo de Guenther (G-93) e com dados da própria floresta local. O modelo também não considera os hidrocarbonetos como reativos, o que implica que as concentrações calculadas para atingirem a área urbana, ao menos dos VOCs emitidos na fonte, serão sobreestimadas em qualquer cenário, de 1 ou 24 horas.

As concentrações estimadas para a área urbana são, respectivamente, para as médias de tempo de 1 e 24 h; $37,23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $11,53 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A figura 96 ilustra a dispersão da pluma de hidrocarbonetos atingindo a região urbana (quadrado vermelho) para uma média de 24 horas.

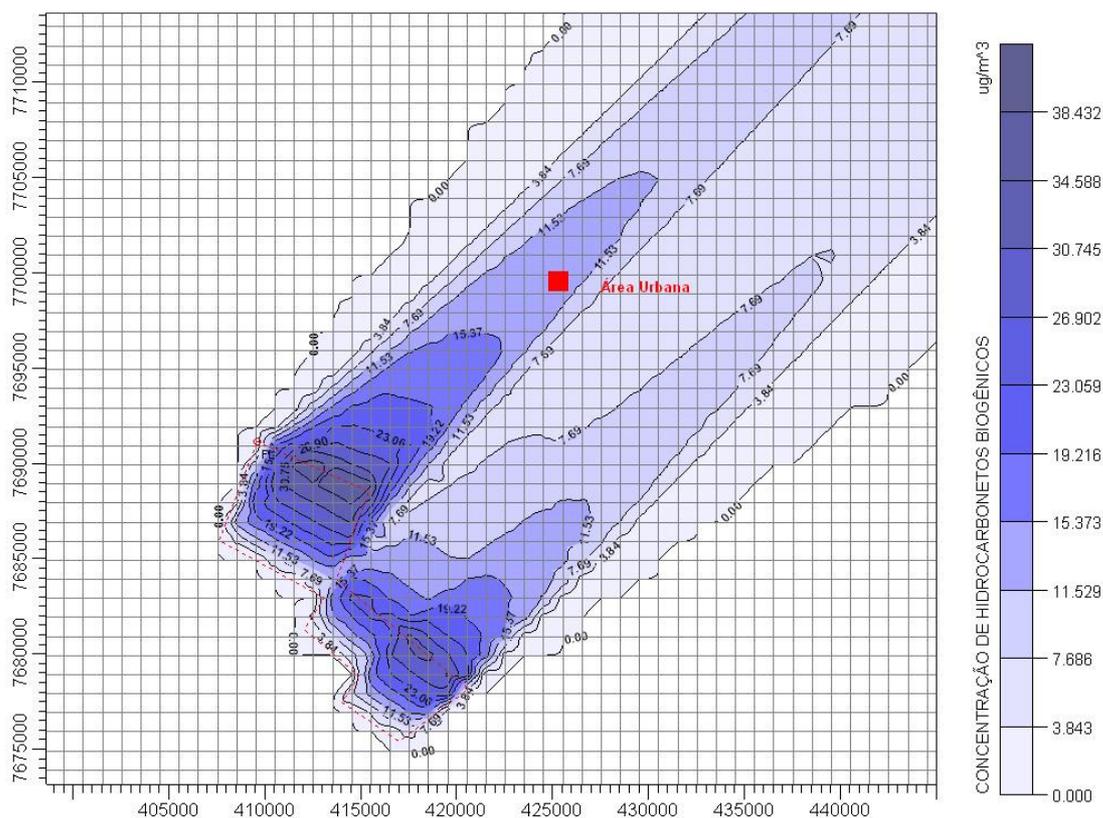


Figura 96: Simulação da Emissão (24h) de HC pela Cobertura Vegetal de Eucalipto.

A área da região florestal foi selecionada através de interpretação de imagens dos satélites CBERS-2B em RGB342 para os anos de 2005 e 2006 (figura 97) e as coordenadas obtidas de imagem georeferenciada do programa GeoCover da NASA.

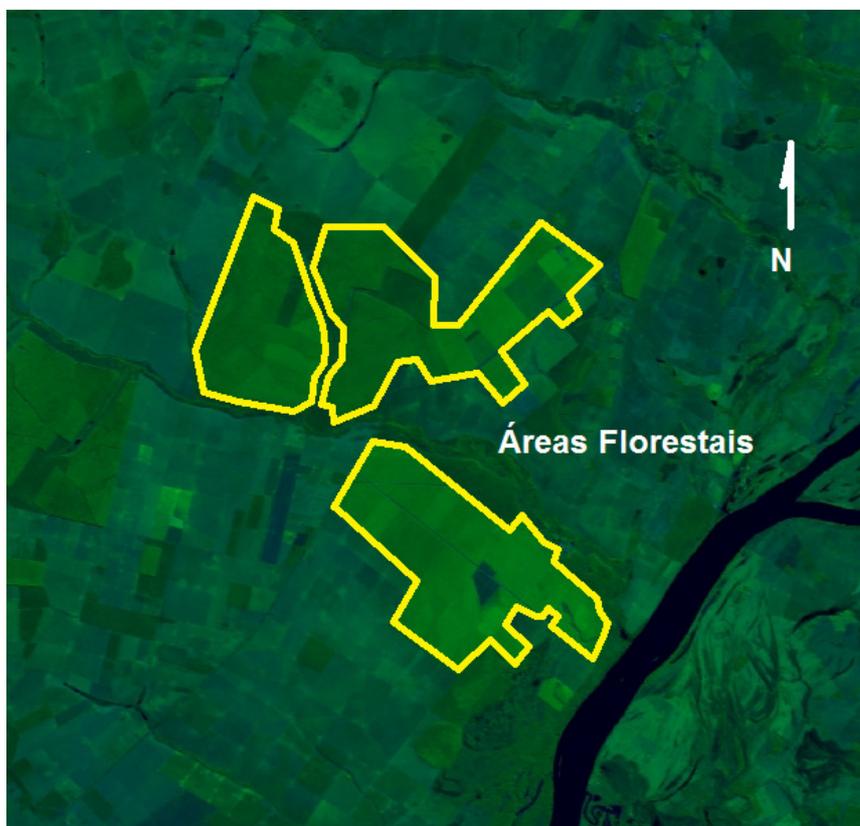


Figura 97: Áreas de Cobertura Vegetal de Eucalipto. CBERS. 03/08/2005

Segundo NRC (1991), em áreas urbanas as concentrações de hidrocarbonetos orgânicos voláteis podem variar de 50 até 500 ppbC. Em áreas rurais essa concentração, em geral, permanece abaixo dos 50 ppbC. Os valores encontrados para simulação estão dentro dessa última faixa, sendo 4,6 ppbC para médias de 1 hora, e, 15,2 ppbC para médias de 24 horas. Os resultados indicam que as emissões da floresta de eucalipto, em condições muito favoráveis para alcançar a área urbana com as maiores concentrações possíveis, teriam seu potencial de ação reduzido devido, principalmente, à distância.

4.8. ANÁLISE DOS RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DE FORMAÇÃO DE OZÔNIO

Adicionalmente, com o programa de computador fornecido pela EPA foram realizadas simulações capazes de estimar as concentrações de Ozônio no meio urbano. Os dados de entrada para simulação foram extraídos do Inventário de Emissões Atmosféricas que consta da seção 4.1 e do banco de dados de monitoramento da concentração atmosférica local de CO e NOx. Como não se dispõe de dados de concentração de hidrocarbonetos voláteis em Três Lagoas foram adotados três diferentes níveis de concentração: 800 ppbC (região urbana poluída), 150 ppbC (região urbana típica), 50 ppbC (região rural).

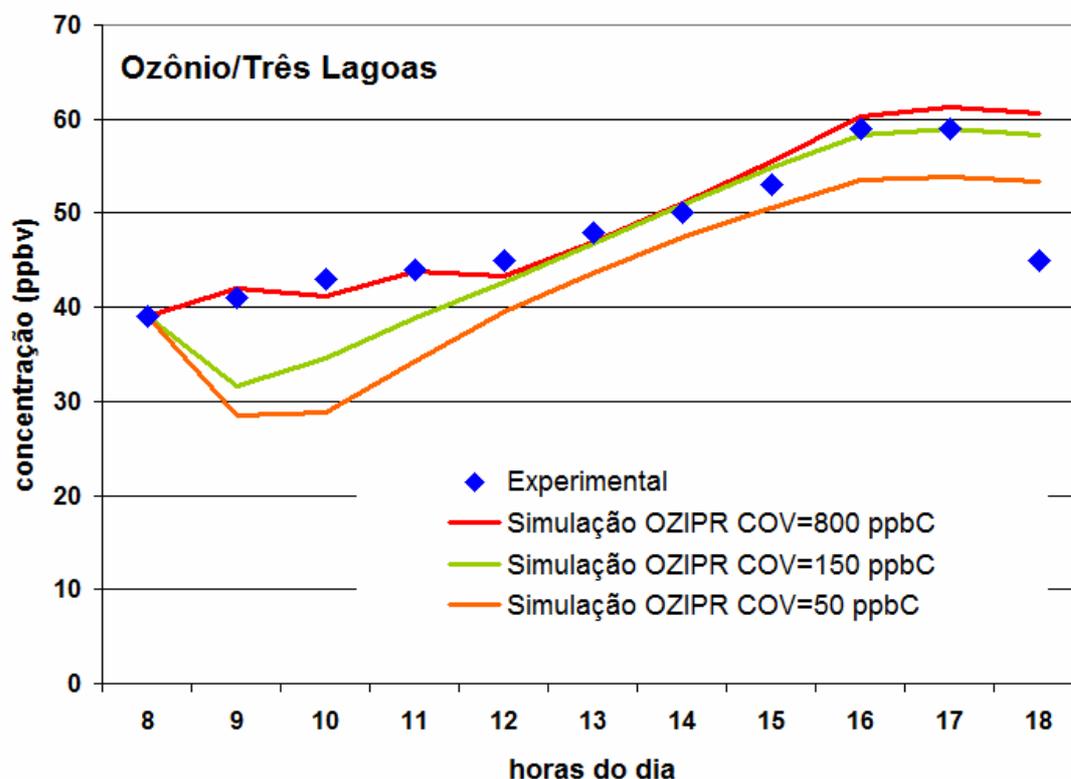


Figura 98: Simulação da formação de Ozônio em diferentes concentrações de Compostos Orgânicos Voláteis.

Os resultados obtidos, e ilustrados na figura 98, indicam que as variações de ozônio com os diferentes níveis de hidrocarbonetos não sofrem significativas mudanças indicando

uma possível limitação da formação de ozônio devido à concentração de NO_x. A curva que mais bem se ajustou aos dados experimentais foi o de 800 ppbC, uma concentração elevada até mesmo para cidades como São Paulo e Rio de Janeiro.

Em considerando concentrações muito menores, tal como 50 ppbC, a diferença, para as horas do dia após 12 horas, em que a radiação solar é mais intensa, não é significativa. Mas, para as horas iniciais do dia as diferenças são maiores. No período da manhã, em geral, a altura de mistura está em seus menores níveis podendo ocasionar a entrada de ozônio de camadas superiores para a superfície.

O OZIPR usado para realizar a simulação citada acima dispõe de 83 equações químicas, baseadas em reações de diversos hidrocarbonetos presentes na atmosfera com radicais como a hidroxila. De maneira hipotética, selecionou-se 3 das equações químicas entre as 83, isto é, estas três equações desconsideram todas as reações que envolvem hidrocarbonetos, permanecendo apenas as reações que envolvem o NO, NO₂ e o próprio Ozônio. Admitiu-se o estado estacionário para obter-se uma expressão para o ozônio, e, finalmente efetuaram-se cálculos da concentração máxima diária e comparada com dados experimentais dos meses de Janeiro e Setembro de 2005 e 2006. As figuras 99 e 100 ilustram o comportamento das curvas para o ano de 2005. As curvas para 2006, semelhantes à 2005, podem ser consultadas no anexo 39.

Na figura 99, a seguir, os níveis de concentração máximas de ozônio registradas na estação de monitoramento, para Janeiro de 2005, são comparáveis com concentrações de ozônio calculadas sem a presença de hidrocarbonetos. Considerando o desvio padrão de ambas as curvas os valores médios calculados praticamente se sobrepõem aos dados experimentais.

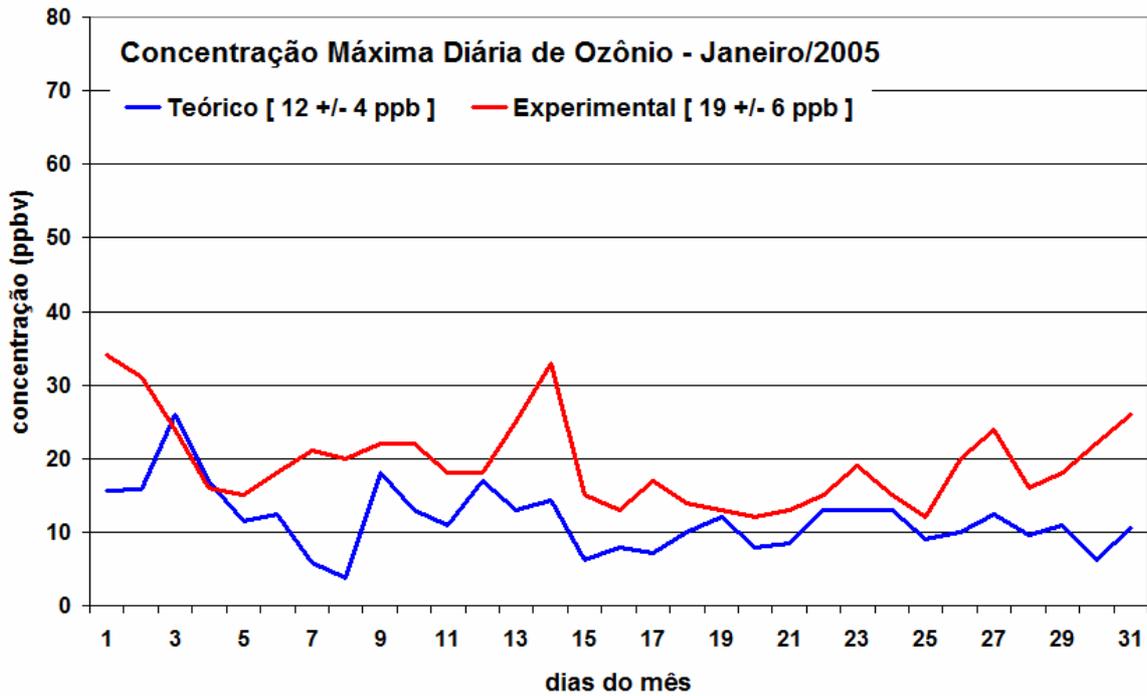


Figura 99: Formação de ozônio em área livre de hidrocarbonetos para Janeiro/2005.

Quando o mesmo procedimento é aplicado ao mês de Setembro de 2005 as médias não se sobrepõem, no entanto é visível na figura 100, a seguir, que o padrão de comportamento das curvas são semelhantes.

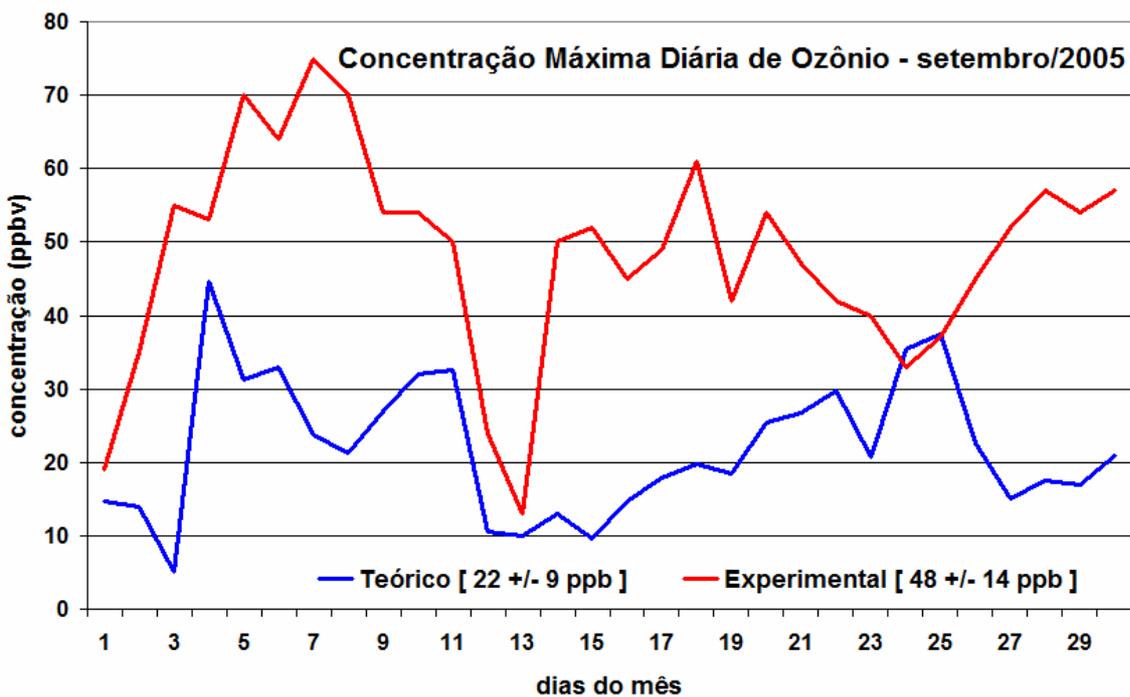


Figura 100: Formação de ozônio em área livre de hidrocarbonetos para Setembro/2005

Os dados de entrada são as concentrações iniciais de O₃, NO e NO₂, extraídos do banco de dados da estação de monitoramento para as 7 horas da manhã, as condições iniciais são semelhantes quanto à presença dos poluentes destacados acima. Esses resultados indicam que a discordância entre as concentrações em Janeiro e Setembro possa sugerir a maior presença de hidrocarbonetos nesse último mês. Segundo dados da ANP para 2005 e 2006, o Estado de Mato Grosso do Sul consumiu mais combustíveis para veículos automotores nos meses de Agosto e Setembro, enquanto Janeiro foi o menor em consumo, porém não se dispõe de dados mês-a-mês para Três Lagoas, e, portanto, não é assegurado que o comportamento geral para o Estado seja refletido para todos os municípios.

Um outro fator que pode influenciar as concentrações dos poluentes locais é o transporte a grandes distâncias, como a pluma de queimadas que ocorrem em estados como Amazônia, Rondônia, Acre, Mato Grosso, Goiás e Mato Grosso do Sul. Elas se intensificam, principalmente no segundo semestre, nos anos que abrange o presente estudo ocorreram cerca de 196.833 focos de queimada em 2005, e 117.441 em 2006, segundo dados do INPE.

Conclusões e Sugestões

5.1. CONCLUSÕES

A produção do Inventário de Emissões Atmosféricas para as fontes majoritárias em Três Lagoas utilizou duas diferentes abordagens, top-down e bottom-up, que tanto quanto possível e houvesse dados as duas abordagens eram aplicadas.

As maiores emissões foram as de monóxido de carbono, sendo a maior parte oriunda da frota veicular. As estimativas apontam que em 2005 e 2006 as emissões da frota veicular representaram 97% das emissões de monóxido de carbono, e, cerca de 53% de monóxido de nitrogênio entre as fontes analisadas, o que, em geral, está de acordo com resultados de outras regiões urbanas em que as emissões da frota são dominantes. As emissões totais de ambos os poluentes CO e NOx , em 2006, foram, respectivamente, 2.614,4 e 290 toneladas, cuja magnitude é baixa, naturalmente, comparativamente a outros municípios que possuem inventário de emissões atmosféricas, que, em geral, são de porte superior a Três Lagoas, ou estão agregados a outros maiores.

A frota veicular total de Três Lagoas que é próxima a 30.000 veículos, não é

expressiva, teoricamente, para provocar cenários de degradação da qualidade do ar. Porém as condições meteorológicas podem ocasionar a intensificação da ação dos poluentes no meio urbano. As informações disponíveis permitem afirmar que a qualidade do ar em Três Lagoas, para os anos de 2005 e 2006, estão dentro dos padrões aceitáveis pela legislação vigente, e alguns poluentes com concentrações médias equivalentes aos níveis da zona rural indicada na literatura.

Os resultados estatísticos revelam que as concentrações dos poluentes, CO e NO_x, são bem correlacionadas com parâmetros meteorológicos, demonstrado que suas fontes devem ser locais. A correlação estatística entre CO e NO_x chega a 0,9, confirmando a dependência linear entre ambos.

Os resultados da dispersão dos poluentes da Termoelétrica, especialmente o NO_x, indicam que sua participação na atmosfera local é inferior à da frota veicular, e maior que o conjunto das Industrias Cerâmicas avaliadas.

A análise do transporte das emissões da floresta de eucalipto, mais próximas à região urbana, revelam que os hidrocarbonetos emitidos por essa fonte não devem ter papel relevante associado ao NO_x emitido pela Termoelétrica como alguns estudos da literatura costumam apontar, e isto é devido à associação da distância entre as fontes que permite a dispersão dos poluentes durante o transporte.

A simulação efetuada tanto com o OZIPR, quanto com equações simples em regime de estado estacionário, apresentam resultados semelhantes, com leve discordância no período da manhã. A maior diferença para o modelo que usa a condição de estado estacionário está no mês de Setembro, estação seca. Em Janeiro, a concordância entre as curvas sugere baixas concentrações de hidrocarbonetos na atmosfera, mas também, o regime de chuvas pode causar

a deposição úmida, ou ainda a redução da ação do fluxo actínio.

Em trabalhos futuros sugere-se o uso de programas de computador, de grande capacidade de simulação, para abranger o transporte e as reações químicas envolvendo hidrocarbonetos, ampliando e detalhando as fontes existentes em uma escala regional.

Atualmente, a região de Três Lagoas tem recebido investimentos para a implantação de uma fábrica de celulose e papel e uma siderúrgica e, adicionalmente, a região de São Paulo nas vizinhanças de MS estão mudando a paisagem com extensas plantações de cana de açúcar. Dessa maneira, um trabalho que se torna imperativo é o uso de técnicas de monitoramento mais flexíveis, estações ou equipamentos móveis.

Dentro da proposta anterior, sugere-se em trabalhos futuro o uso de técnicas de análise que permitam a especificação dos hidrocarbonetos com o fim de caracterizar as reações químicas envolvidas nos processos que envolvem a formação e remoção de ozônio, especialmente as oriundas da emissão biogênica.

Avaliar a estrutura das calhas de rodagem da região do centro da cidade e também da região onde está a estação de monitoramento associando-as com o nível de atividade de circulação veicular e concentração de monóxido de carbono e material particulado.

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, E. P. et. al. **Avaliação dos Gases de Combustão Produzidos co a Queima de Lenha em Olarias no Estado da Paraíba**. 51^o Congresso Brasileiro de Cerâmica. 2007
- ANEEL. **Relatório Anual 2006**. 2007
- ANFAVEA. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira**. CEDOC. 2007
- ARBILLA, G. & OLIVEIRA, K.M.P.G. **Otimização de um Mecanismo Fotoquímico para a Simulação da Atmosfera Urbana Brasileira**. Química Nova. Vol. 22. p.790-800. 1999
- ARRIAGA-COLINA, J. L. et. al. **Measurements of VOCs in Mexico City (1992-2001) and Evaluation of VOCs and CO in the Emissions Inventory**. Vol. 38. p.2523-2533. 2004
- ARTAXO, P. et. al. **Formation of Secondary Organic Aerosols Through Photooxidation of Isoprene**. Science Magazine. Vol 303. p.1173-1176. 2004
- ARYA, S. P. **Introduction to Micrometeorology**. Academic Press. 2001
- ASWATHANARAYANA, U. **Geoenvironment – An Introduction**. A. A. Balkema. 1995
- ATKINSON, R. **Atmospheric Chemistry of VOCs and NOx**. Atmospheric Environment. Vol. 34. p.2063-2101. 2000
- BAIR, C. **Química Ambiental**. Bookman. 2002
- BALDASANO, J.M. & POWER, H. **Air Pollution Emissions Inventory**. Witpress. 1998
- BEN. **Balanco Energético Nacional 2008**. Empresa de Pesquisa Energética. 2008
- BOIAN, C. & KIRCHHOFF, V.W.J.H. **Surface ozone enhancements in the south of Brazil owing to large-scale air mass transport**. Atmospheric Environment. Vol. 39. p.6140-6146. 2005
- BUSTAMANTE, G. M. & BRESSIANI, J. C. **A Indústria Cerâmica Brasileira**. Cerâmica Industrial. Vol. 5. p.31-36. 2000
- CAMPOS, et. al. **Simulation of Air Pollution from Móbile Source Emissions in the City**

- of Rio de Janeiro.** Journal Brazilian Chemistry Society. Vol. 10. p. 203-208.1999
- CARTER, W.P.L. Evaluation of Atmospheric Processes for Ozone Formation from Vehicle Emissions.** Report of Center for Environmental Research and Technology. 1994
- CARTER, W.P.L & ATKINSON, R. Development and Evaluation of a Detailed Mechanism for the Atmospheric Reactions of Isoprene and NO_x.** International Journal of Chemical kinetics. Vol. 22. p.1221-1236. 1996
- CARTER, W.P.L. et.al. Development of a Next-Generation Environmental Chamber Facility for Chemical Mechanism and VOC Reactivity Research.** Report from Center for Environmental Research and Technology. 2005
- CARVALHO JR.,J.A. & LACAVA, P.T. Emissões em processos de combustão.** Editora Unesp. 2003
- CARVALHO, M. & ABRAHÃO, R. & GONDIM, R. R. Medidas de Economia para um Forno Hoffmann de uma Indústria de Cerâmica Vermelha: Estudo de Caso.** Cerâmica Industrial.Vol. 11. p. 33-36. 2006
- CESP. Inventário de Gases de Efeito Estufa da Cesp – Ano 2007.** 2008
- CETESB. Comportamento Sazonal da Poluição do Ar em São Paulo – Análise de 14 Anos de Dados da RMSP e Cubatão, 1981 – 1994.** 1996
- CETESB. Relatório de Qualidade do Ar do Estado de São Paulo.** 2001
- _____. **Relatório de Qualidade do Ar do Estado de São Paulo.** 2002
- _____. **Relatório de Qualidade do Ar do Estado de São Paulo.** 2003
- _____. **Relatório de Qualidade do Ar do Estado de São Paulo.** 2004
- _____. **Relatório de Qualidade do Ar do Estado de São Paulo.** 2005
- _____. **Relatório de Qualidade do Ar do Estado de São Paulo.** 2006
- CHAMPION PAPEL E CELULOSE LTDA. Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. Empreendimento Florestal e Industrial.** Jaakko Pöyry Engenharia Ltda.
- CHIOSSI, N. J. Geologia Aplicada à Engenharia.** Politécnica. 1983
- DANDAM, A. P. et. al. Análise Numérica Comparativa de Combustíveis Utilizados em Fornos Túneis.** Cerâmica Industrial. Vol. 11. p.40-46. 2006
- DRUSZCZ, M. T. & SCHMID, A. L. Avaliação dos Aspectos Ambientais dos Materiais de Construção Civil – Uma Revisão Bibliográfica com Estudo de Caso do Bloco Cerâmico.** UFPR. 2002
- EEA – European Environment Agency. Good Practice for Emission Inventories.** 2001
- ELMINIR, H. K. Dependence of Urban Air Pollutants on Meteorology.** Science of the

- Total Environment. Vol. 350. p. 225-237. 2005
- EPA – U. S. Environmental Protection. **Introduction to the Emission Inventory Improvement Program**. Energy. 1997
- _____. **AP42 – Wood Residue Combustion in Boilers**. Emission Factors. 2001
- _____. **Handbook for Criteria Pollutant Inventory Development: A Beginner's Guide for Point and Area Sources**. Office of Air Quality. 1999
- _____. **User's Manual for OZIPM-4 / PC version**. Office of Air Quality. 1989
- _____. **Procedures for Applying City- Specific EKMA**. Office of Air Quality. 1989
- ESPOSITO, A. S. & OLIVEIRA, A. **Competitividade da Termoeletricidade Movida a Gás Natural no Brasil: Estudo de Caso de Um Sistema Predominantemente Hidroelétrico**. UFRJ. 2004
- FEEMA. **Inventário de Fontes Emissoras de Poluentes Atmosféricos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. 2006
- FENGER, J. **Urban Air Quality**. Atmospheric Environment. Vol. 33. p.4877-4900. 1999
- FINLAYSON-PITTS, B.J. & PITTS, J.N. **Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere**. Academic Press. 2000
- FREITAS, F. C. G. & MELO, M. A. F. **Análises Termográficas na Queima de Cerâmica Vermelha, em Fornos Intermitentes a Gás GLP, da Região de Ceará-Mirim**. UFRN. 2003
- FREITAS, M. K. & PAGLIUSO, J. D. **Investigação da Produção e Dispersão de Poluentes do AR no Ambiente Urbano: Determinação Empírica e Modelagem em Rede Neural da Concentração de CO**. EESC/USP. 2003
- FREITAS, S. R. et. al. **Emissões de Queimadas em Ecossistemas da América do Sul**. Estudos Avançados. Vol.19. p.167-185. 2005
- GERON, C. et. al. **A Review and Synthesis of Monoterpene Speciation from Forests in the United States**. Atmospheric Environment. Vol. 34. p.1761-1781. 2000
- GERY, M.W. & CROUSE, R.R. **User's Guide for Executing OZIPR**. Office of Research and Development of USA.1990
- GODISH, T. **Air Quality**. Chelsea. 1991
- GONDIM, P. C. A. & TAVARES, E. C. S. **Viabilidade Técnica de Conversão de Cerâmicas do Rio Grande do Norte para Gás Natural**. Cerâmica Industrial. Vol. 13. p. 42-46. 2008
- GOUVEIA, N. **Saúde e Meio Ambiente nas Cidades: Os desafios da Saúde Ambiental**. Saúde e Sociedade. Vol. 8. p.49-61. 1999

- GOUVEIA, N. et.al. **Questões metodológicas para a investigação dos efeitos da poluição do ar na saúde**. Revista Brasileira de Epidemiologia. Vol. 6. p.135-149. 2003
- GUPTA, A. K. **Gas Turbine Combustion: Prospects and Challenges**. Energy Conversion and Management. Vol. 38. p.1311-1318. 1997
- GUENTHER, A. B. et. al. **Isoprene and Monoterpene Emission Rate Variability: Model Evaluations and Sensitivity Analyses**. Journal of Geophysical Research. Vol. 98. p.12.609-12.617. 1993
- GUENTHER, A. B.; MONSON, R. K.; FALL, R. **Isoprene and Monoterpene Emission Rate Variability: Observations With Eucalyptus and Emission Rate Algorithm Development**. Journal of Geophysical Research. Vol. 96. p.10.799- 10.808. 1991
- GUENTHER, A. B. et al. **A Global Model of Natural Volatile Organic Compound Emission**. Journal of Geophysical Research. Vol. 100. p.8.873-8.892. 1995
- GUENTHER, A. B. Et. al. **Estimates of global terrestrial isoprene emissions using MEGAN (Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature)**. Atmospheric Chemistry and Physics. Vol. 6.p.3181-3210. 2006
- GUIMARÃES, C. S. & ARBILLA, G. **Formação de Ozônio e Reatividade dos Compostos Orgânicos Voláteis emitidos por Aeronaves**. IQ/UFRJ. 2005
- GREATER LONDON AUTHORITY. **50 year on**. 2002
- GROSSMAN, G. M. & KRUEGER, A. B.. **Economic growth and the environment**. Quarterly Journal of Economics. Vol. 2. p.110. 1994
- HAAGEN-SMIT, A. J. **Chemistry and Physiology of Los Angeles Smog**. Industrial and Engineering Chemistry. Vol. 44. p. 1342-1346. 1952
- HAAGEN-SMIT, A. J.;BRADLEY, C.E.;FOX, M.M. **Ozone Formation in Photochemical Oxidation of Organic Substances**. Industrial and Engineering Chemistry. Vol. 45. p.2086-2089. 1953
- HIRT, M.S. & SHAW, R. W. **The Passage of a Lake-breeze Front at Toronto – A Comparison between the City and the Suburbs**. Atmospheric Environment. Vol. 7. p.63-73. 1973
- HOLZWORTH, G. C. **Mixing Depths, Wind Speeds and Air Pollution Potential for Selected Locations in the United States**. Journal of Applied Meteorology. Vol. 6. p. 1039-1044. 1967
- _____. **Mixing Heights, Wind Speeds, And Potential for Urban Air Pollution Throughout the Contiguous United States**. U.S. Environmental Protection Agency. 1972
- HUBBARD, A. J. **Hazardous Air Emissions Potential from a Wood-Fired Furnace**. Wisconsin Department of Natural Resources Report. 1991
- INTERNATIONAL FOREST FIRE. United Nations Economic Commission for Europe. 2000

- IPCC. **Revised Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual.** 1996
- JUN TU et. al. **Temporal Variations in Surface Ozone and its Precursors and Meteorological effects at an Urban site in China.** Atmospheric Research. Vol. 85. p.310-337. 2007
- JOURMARD, R. & ANDRE, M. **Cold Start Emissions fo Traffic.** The Science of the Total Environment. Vol. 93. p. 175-182. 1990
- KARLIK, J.F.& WINER, A. M. **Measured Isoprene Emission Rates of Plants in California landscapes: Comparison to Estimates from Taxonomic Relationships.** Atmospheric Environment. Vol. 35.p. 1123-1131. 2001
- KIRCHHOFF, V.W.J.H. & MARINHO,V.A. **Layer enhancements of tropospheric ozone in regions of biomass burning.** Atmospheric Environment. Vol. 28. p.69-74. 1994
- KOZERSKI, G. R. & HESS, S. C. **Estimativa dos Poluentes Emitidos Pelos Ônibus e Microônibus do Campo Grande/MS, Empregando Como Combustível Diesel, Biodiesel ou Gás Natural.** Engenharia Sanitária Ambiental. Vol. 11. p.113-117. 2006
- LEIN, J.K. & STUMP, N. I. **Assessing wildfire potential within the wildland – urban interface: A southeastern Ohio example.** Applied Geography. Vol. 29. p.21-34. 2008
- LIMA, I. B. T. & VICTORIA, R. L. **Emissão de Metano por Reservatórios Hidrelétricos Amazônicos através de Leis de Potência.** CENA/USP. 2002
- LIMA, W.P. **Impacto Ambiental do Eucalipto.** Edusp. 1993
- LOPES, D.C. & SOARES, J.M.D. **Estudo da Viabilidade de Adição de Resíduo de Pó de Fumo à Massa Cerâmica.** UFSC. 2005
- LORA, E. E. S. **Prevenção e Controle da Poluição nos Setores Energético, Industrial e de Transporte.** Interciência. 2002
- LORA, E. E. S. & NASCIMENTO, M. A. R. **Geração Termoelétrica.** Interciência. 2004
- LOUREIRO, L. N. & SCHAEFFER, R. **Panorâmica sobre Emissões Atmosféricas Estudo de Caso: Avaliação do Inventário Emissões Atmosféricas da Região Metropolitana do Rio de Janeiro para Fontes Móveis.** COPPE/UFRJ. 2005
- MAFRA, A. T. & SELIG, P. M. **Proposta de Indicadores de Desempenho para Indústria de Cerâmica Vermelha.** UFSC. 1999
- MAGE et. al. **Urban Air Pollution in Megacities of the World.** Atmospheric Environment. Vol. 30. p. 681-689. 1996
- MANFREDINI, C. & SATTler, M. A. **Estimativa da Energia Incorporada a Materiais de Cerâmica Vermelha no Rio Grande do Sul.** Ambiente Construído. Vol. 5. p.25-37. 2005
- MARTINS, E.M. & ARBILLA, G. **Estudo teórico-experimental de poluentes atmosféricos primários e secundários no bairro da Tijuca, Praça Saens Pena, Rio de Janeiro.**

IQ/UFRJ. 2005

MASCARENHAS, M.D.M. et.al. **Poluição atmosférica devida à queimada de biomassa florestal e atendimentos de emergência por doença respiratória em Rio Branco, Brasil – Setembro, 2005**. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*. Vol. 34. p.42-46. 2008

MAYER, H. **Air Pollution in Cities**. *Atmospheric Environment*. Vol. 33.p.4.029-4.037. 1999

MEDEIROS, A. M. & ROVERE, E. L. **Bases Metodológicas para a Incorporação da Variável Ambiental no Planejamento da Expansão Termoeletrica no Brasil**. COPPE/UFRJ. 2003

MENDONÇA, F. & OLIVEIRA, I. M. D. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MICHELINI, A. N. C. **MAET – Modelo de Avaliação da Eco-Eficiência Termoeletrica – Um Estudo Multicaso**. UFSC. 2005

MINGOTI, S.A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Editora UFMG. 2005

MCT1.MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Emissões de Dióxido de Carbono e de Metano pelos Reservatórios Hidrelétricos Brasileiros**. Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. 2006

MCT2.MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Emissões de Gases de Efeito Estufa por Fontes Móveis no Setor Energético**. Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. 2006

MOITA NETO, J. M. & MOITA, G. C. **Uma Introdução à Análise Exploratória de Dados Multivariados**. *Química Nova*. Vol. 21. p.467-469. 1998

MONTEIRO, A. G. & TOLMASQUIM, M. T. **Estratégia de Redução de Emissões de Poluentes no Setor de Transportes por meio de Substituição Modal na Região Metropolitana de São Paulo**. COPPE/UFRJ. 1998

MOREIRA, M. A. L. & SILVA, J. L. **As Molduras Vegetais do Córrego da Onça, Três Lagoas**. UFMS. 2006

MORETTIN, P. A. & TOLOI, C. M. C. **Análise de Séries Temporais**. Edgard Blücher. 2006

MOURA, M. A. L. et. al. **A Tropical Lake Breeze System: the Effect on Surface NO, NO₂, O₃, and CO₂ Mixing Ratios**. *Geophysical Research Abstracts*. Vol. 5. p. 13.587. 2003

MUKAMMAL, E. I.; NEUMANN, H. H.; GILLESPIE, T. J. **Meteorological Conditions Associated with Ozone in Southwestern Ontario, Canada**. *Atmospheric Environment*. Vol. 16. p. 2095-2106. 1982

MURGEL, E.M. et.al. **Inventário de Emissão Veicular – Metodologia de Cálculo**. *Engenharia Sanitária*. Vol. 26. p. 292-296.1987

NASCIMENTO, W. S. A. & BRITO, L. P. **Avaliação dos Impactos Ambientais Gerados**

por uma Indústria Típica da Região do Seridó/RN. UFRN. 2007

NAVARRA, J. G. **Atmosphere, Weather and Climate: An Introduction to Meteorology.** W. B. Saunders Company. 1979

NELSON, P. F. et. al. **Effects of Vehicle Type and Fuel Quality on Real World Toxic Emissions from Diesel Vehicles.** Atmospheric Environment. Vol. 42. p. 5291-5303. 2008

NERI, J. T. **Energia Limpa, Sustentável ou de Subsistência?** Cerâmica Industrial. Vol. 8. p.35-36. 2003.

NICOLAU, V.P. et. al. **Análise Numérica e Experimental de um Forno Intermitente para a Queima de Produtos Cerâmicos.** Congresso Nacional de Engenharia Mecânica. João Pessoa. 2002

NORTON, F.H. **Introdução à Tecnologia Cerâmica.** Edgard Blucher.1973

NRC-NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Rethinking the Ozone Problem in Urban and Regional Air Pollution.** National Academy Press. 1991

NRIAGO, J. & BECKER, C. **Volcanic emissions of mercury to the atmosphere: global and regional inventories.** The Science of Total Environment. Vol. 304. p. 3-12. 2006

NUNES, T. V. & PIO, C. **Emission of Volatile Organic Compounds From Portuguese Eucalyptus Forest.** Chemosphere – Global Change Science. Vol. 3. p.239-248. 2001

PAGLIUSO, J. D. **Relatório Interno do NETEF.** 2005

_____. **Relatório Interno do NETEF.** 2006

PAOLI, T. & SILVA, J. L. L. **A Dinâmica das Coberturas Vegetais Imediadas aos Núcleos Urbanos de Três Lagoas e Brasilândia (1984-2004).** Ciências Naturais – Série Monografias. UFMS. 2007

PASCHOAL, J. A. A. & SALES, A. **Estudos de Parâmetros de Qualidade para Cerâmica Estrutural Vermelha.** UFSCar. 2003

PAVÃO et. al. **O ozônio de superfície: variações diárias e sazonais para Campo Grande, MS.** Simpósio de Geotecnologias no Pantanal. 2006.

PEREIRA, A.A. **Indústria Cerâmica.** Livraria Martins Editora. 1953

PEREIRA, S. W. **Balanco de Massa da Produção de Tijolos: Introdução à Análise do Ciclo de Vida.** 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2003

PEREIRA, S. W. & SOARES, S. R. **Análise Ambiental do Processo Produtivo de Pisos Cerâmicos: Aplicação de Avaliação do Ciclo de Vida.** CT/UFSC. 2004

PERRY, R. & GEE, I. L. **Vehicle Emissions in Relation to Fuel Composition.** The Science of the Total Environment. Vol. 169. p. 149-156. 1995

PITTS, B. J. F. & PITTS JR., J. N. **Upper and Lower Atmosphere: theory, experiments,**

and applications. Academic Press. 2000

PONZONI, F. J. & SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto no Estudo de Vegetação.** Parêntese. 2007

POWER, H. & BALDASANO, J. M. **Air Pollution Emissions Inventory.** Witpress. 1998

PULES, T. & RESLINGA, D. **On the Variability of Air Pollutant Emissions from Gas-fired Industrial Combustion Plants.** Atmospheric Environment. Vol. 38. p. 3827-3838. 2004

PULIAFITO, S. E. **Emissions and Air Concentrations of Pollutant for Urban Area Sources.** Mecânica Computacional. Vol. 24. p. 1389-1408. 2005

QUIRINO, W. F. et al. **Poder Calorífico da Madeira e de Resíduos Lignocelulósicos.** Biomassa & Energia. Vol. 1. p. 173-182. 2004

RADO, P. **An Introduction to the Technology of Pottery.** Pergamon Press. 1988

RAMACHANDRAN, J. & CONWAY, M. C. **MS6001FA – An Advanced-Technology, 70-MW Class 50/60 Hz Gas Turbine.** Technical Report. General Electric. 1996

RANGEL, L. P. & BÜCHLER, P. M. **Estudo do Nitrogênio na Combustão do Gás Natural.** Química Nova. Vol. 28. p. 957-963. 2005

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H. e CARDOSO, A. A. **Introdução à Química Ambiental.** Bookman. 2006

RODRIGUES, F. et.al. **Experimental and Theoretical Study of the Air Quality in a Suburban Industrial-Residential Area in Rio de Janeiro, Brazil.** Journal Brazilian Chemistry Society. Vol.18 p.342-351. 2007

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto.** Edufu. 2004

ROSA, L.P. & SCHAEFFER, R. **Global Warming Potentials – The case of emissions from dams.** Energy Policy. Vol. 23.p.149-158. 1995

ROSSWALL, T. **Greenhouse Gases and Global Change: International Collaboration.** Environmental Science and Technology. Vol. 25. p.567-573. 1991

RYERSON, T.B. et. al. **Observations of Ozone Formation in Power Plant Plumes and Implications for Ozone Control Strategies.** Science Magazine. Vol. 292. p.719-723. 2001

SALBY, M. L. **Fundamentals of Atmospheric Physics.** Academic Press. 1995

SALDIVA, P.H.N. et.al. **Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde.** Jornal Brasileiro de Pneumologia. Vol. 30. p.158-175. 2004

SAWYER, R. F. et. al. **Mobile Sources Critical Review: 1998 NARSTO Assessment.** Vol. 34. 2161-2181. 2000

SCHULZ, H. E. **O essencial em fenômenos de transportes.** Projeto Range. USP. 2003

- SEINFELD, J. H. & PANDIS, S. N. **Atmospheric Chemistry And Physics: From Air Pollution to Climate Change**. John Wiley & Sons. 1997
- SENAI. **Poder Calorífico dos Combustíveis**. Centro Nacional de Tecnologias Limpas. 2007
- SEPLANCT. **Indicadores Básicos de Mato Grosso do Sul**. Governo de MS. 2006
- _____. **Produto Interno Bruto (1997/2004) – Municípios**. Governo de MS. 2005
- SIKAR, E. et.al. **Greenhouse Gases and Initial Findings on the Carbon Circulation in two Reservoirs and their Watersheds**. Verh. Internat. Verein. Limnol. Vol. 29. p.573-576. 2005
- SIKAR, E. et. al. **Gross Greenhouse Gas Fluxes from Hydro-Power Reservoir compared to Thermo-Power Plants**. Energy Policy. Vol. 34. p. 481-488. 2006
- SILVA, L. C. , FERNANDES, A. L. V. & DE OLIVEIRA, W. **Análise do Uso e Ocupação do Solo na Microbacia Dom Tomaz no Município de Três Lagoas – MS**. I Anais Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico. 2007
- SILVA, V. P. **Impactos Ambientais da Expansão da Cerâmica Vermelha em Carnaúba dos Dantas – RN**. Holos. Vol. 96-112. 2007
- SILVA, V. P. & REIS, L. M. M. & DA SILVA, A. C. C. **Sustentabilidade Ambiental em Territórios de Cerâmica Vermelha: uma análise de Carnaúba dos Dantas-RN**. Mercator.p.83-96. 2005
- SILVA, M. B. & SIKAR, B. M. **Aspectos do Comportamento de Gás Metano Dissolvido na Água de Reservatórios Brasileiros**. EESC/USP. 2004
- SOUZA, M.C.H. et.al. **Variação da densidade a granel de cavacos de Eucalyptus saligna em função de suas dimensões e umidade**. 35º Congresso e Exposição Anual de Celulose e Papel. 2002
- SOUZA, S. G. & PASSARINI, L. C. **Um Estudo sobre a Evolução das Câmaras de Combustão dos Motores do Ciclo Otto à Gasolina e sua Aplicação ao Etanol Hidratado como Combustível Alternativo**. EESC/USP. 2004
- STEIL, L. & VAZOLLER, R. F. **Avaliação da Atividade Microbiana Anaeróbia Metanogênica na Lagoa de Estabilização Anaeróbia da Estação de Tratamento de Esgotos Sanitários do Município de Cajati, Vale do Ribeira de Iguape, Estado de São Paulo**. EESC/USP. 2007
- TAPIA, R. S. E. C. et. al. **Tipos de Fornos Utilizados**. Manual para a Indústria de Cerâmica Vermelha. Sebrae. 2005
- _____. **Queima e Operação dos Fornos**. Manual para a Indústria de Cerâmica Vermelha. Sebrae. 2005
- TEIXEIRA, E.C.; FELTES, S.; SANTANA, E. R. R. **Estudos das Emissões de Fontes Móveis na Região Metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul**. Química Nova.

Vol. 31.p. 244-248. 2008

TOMAZETTI, R. R. & SOARES, J. M. D. Análise da Produção de Cerâmica Vermelha da Região Central do Estado do Rio Grande do Sul. UFSM. 2003

TRINKS, W. Industrial Furnaces. John Wiley and Sons. 2004

TURDERA, E. M. V. et. al. Avaliação Ambiental Estratégica para o Gás Natural AAE/GN. Interciência. 2006

TURNER, D. B. A Diffusion Model for an Urban Area. Journal of Applied Meteorology. Vol. 3. p. 83-91. 1963

TURNER, D. B. Workbook of atmospheric dispersion estimates: an introduction to dispersion modeling. Boca Raton.1994

VALE, A. T., BRASIL, A. A. M. & LEÃO, A. L. Quantificação e Caracterização da Madeira e Casca de Espécies do Cerrado. Ciência Florestal. Vol. 12. p.71-80. 2002

VIVANCO, M.G. & ANDRADE, M.F. Validation of the inventory in the Sao Paulo Metropolitan Area of Brazil, based on ambient concentrations ratios of CO, NMOG and NOx and on a photochemical model. Atmospheric Environment. Vol.40.p.1189-1198. 2006.

WALLACE, J. M. & HOBBS, P. V. Atmospheric Science: An Introductory Survey. Academic Press. 2006.

WARK, K. & WARNER, C. F. & DAVIS, W.T. Air Pollution : its origin and control. Assison Wesley. 1998

WARNECK, P. Chemistry of the Natural Atmosphere. Academic Press. 1988

WEISMAN, B.; MATHESON, D. H.; HIRT, M. Air Pollution Survey for Hamilton, Ontario. Atmospheric Environment. Vol. 3. p.11-23. 1969

WCD - WORLD COMMISSION ON DAMS. Certainty and Uncertainty in the Science of Greenhouse Gas Emissions from Hydroelectric Reservoirs – Part II. 2000

WORLD DEVELOPMENT REPORT. Development and Invironment. 1992

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Air Quality Guidelines, Global Update 2005. 2005

WORLD URBANISATION PROSPECT. United Nations. 2007

ZANETTI, P. Air Pollution Modelling. Van Nostrand Reinhold. 1990

ZÁRATE, E. et. al. Air Quality Modeling over Bogota, Colombia: Combined Techniques to Estimate and Evaluate Emission Inventories. Vol. 41. p. 6302-6318. 2007

ZHANG, X. et.al. Near real time monitoring of biomass burning particulate emissions (PM2.5) across contiguous United States using multiple satellite instruments. Atmospheric Environment. Vol.42. p.6959-6972. 2008

ABRACICLO (2008)

<http://www.abraciclo.com.br> Acessado a partir de Janeiro de 2007.

AES (2008)

<http://www.aestiete.com.br/artigo225.asp> Acessado em 11 de Setembro de 2008.

ANFAVEA (2008)

<http://www.anfavea.com.br> Acessado a partir de Janeiro de 2007.

ANICER (2008)

<http://www.anicer.com.br/anicer2008/> Acessado entre de fevereiro de 2007 e agosto de 2008.

AIR QUALITY MANAGEMENT DISTRICT (2008)

http://www.aqmd.gov/complain/reporting_aq_problems.html Acessado em 10 de Setembro de 2008.

BBC (2008)

<http://news.bbc.co.uk/2/hi/americas/7386050.stm> Acessado em 11 de Setembro de 2008.

CLARIN (2008)

<http://www.clarin.com/diario/2008/05/07/um/m-01666566.htm> Acessado em 11 de Setembro de 2008.

DENATRAN (2006)

<http://www.denatran.gov.br/> Acessado entre fevereiro de 2006 e setembro de 2008.

DETRAN-SP (2008)

<http://www.detran.sp.gov.br/> Acessado a partir de março de 2008.

FAPESP (2008)

<http://www.agencia.fapesp.br/materia/9405/especiais/eucalipto-no-pareo.htm> Acessado em 23 de Outubro de 2008.

FIEMS (2008)

http://www.fiems.org.br/ind_not/index.php?m=noticias&pag=1 Acessado a partir de setembro de 2008.

GLOBO (2008)

http://oglobo.globo.com/mundo/mat/2008/05/06/chile_retira_moradores_apos_erupcao_de_vulcao_chaiten-427246811.asp Acessado em 11 de Setembro de 2008.

GENERAL ELECTRIC (2008)

http://gepower.com/prod_serv/products/gas_turbines_cc/en/index.htm Acessado em setembro de 2008.

IBAMA (2008)

<http://www.ibama.gov.br/proconve/login.php> Acessado a partir de Fevereiro de 2006.

IBGE (2008)

<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1> Acessado entre fevereiro de 2006 e setembro de 2008.

IPCC (2008)

<http://www.ipcc.ch/ipccreports/index.htm> Acessado a partir de janeiro de 2008.

LAKES ENVIRONMENT (2008)

<http://www.weblakes.com/ISCAERMOD/ISCAERFeatures.html> Acessado a partir de fevereiro de 2008.

MMA (2008) – Ministério do Meio Ambiente

<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano.cfm?codlegitipo=3> Acessado a partir de fevereiro de 2008.

NASA (2008)

<http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/view.php?id=19887&oldid=14815> Acessado em 11 de Setembro de 2008.

PENNSYLVANIA STATE ARCHIVES (2008)

<http://www.doheritage.state.pa.us/documents/donora.asp> Acessado em 10 de Setembro de 2008.

PMTL (2008) – Prefeitura Municipal de Três Lagoas

<http://www.treslagoas.ms.gov.br/> Acessado a partir de Janeiro de 2008

SEMPLA (2008) – Secretaria Municipal de Planejamento de São Paulo

<http://sempla.prefeitura.sp.gov.br/> Acessado a partir de março de 2008.

VCP (2008) – Votorantim Celulose e Papel

<http://www.vcp.com.br/Pages/Default.aspx> Acessado em setembro de 2008.

WYONMING (2008) - Universidade do Wyoming

<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html> Acessado a partir de Janeiro de 2008.

Anexos



ANEXO 1: FROTA ESTIMADA DE VEÍCULOS PARA TRÊS LAGOAS

Inventário - 2005				Inventário - 2006			
	Gasolina	Álcool	Diesel		Gasolina	Álcool	Diesel
2005	11835	2554	1958	2006	12436	2535	1963
2004	11329	1914	1780	2005	12189	1746	1781
2003	10551	1628	1630	2004	11646	1282	1612
2002	9724	1565	1507	2003	10812	1076	1469
2001	8813	1524	1365	2002	9930	1030	1353
2000	7827	1510	1191	2001	8963	1000	1220
1999	6932	1503	1018	2000	7923	991	1059
1998	6187	1495	893	1999	6985	986	900
1997	5300	1495	746	1998	6211	980	785
1996	4199	1494	618	1997	5295	980	653
1995	3258	1489	544	1996	4167	979	538
1994	2404	1466	459	1995	3211	976	472
1993	1826	1391	370	1994	2351	961	396
1992	1462	1260	299	1993	1771	910	317
1991	1243	1170	262	1992	1409	822	256
1990	1024	1107	223	1991	1192	762	223
1989	825	1076	186	1990	977	720	190
1988	739	937	147	1989	782	699	158
1987	716	759	118	1988	698	608	124
1986	707	630	101	1987	676	492	100
1985	692	453	83	1986	668	408	85
1984	686	307	69	1985	653	293	70
1983	680	192	54	1984	648	198	58
1982	666	87	41	1983	641	124	45
1981	610	50	24	1982	628	56	35
1980	563	31	12	1981	575	32	20
1979	488	0	7	1980	530	20	10
1978	393	0	2	1979	459	0	5
1977	311	0	1	1978	368	0	2
1976	250	0	1	1977	291	0	1
1975	193	0	1	1976	233	0	1
1974	145	0	0	1975	179	0	0
1973	104	0	0	1974	134	0	0
1972	72	0	0	1973	95	0	0
1971	50	0	0	1972	65	0	0
1970	33	0	0	1971	44	0	0
1969	21	0	0	1970	28	0	0
1968	13	0	0	1969	17	0	0
1967	7	0	0	1968	9	0	0
1966	3	0	0	1967	4	0	0

**ANEXO 2: APLICAÇÃO DA CURVA DE GOMPERTZ AOS DADOS DE VENDA DE
VEÍCULOS LICENCIADOS –GASOLINA - PASSAGEIROS / 2005**

ANO INVENTÁRIO	ANO FABRICAÇÃO	IDADE	FRAÇÃO SUCATEADA	FATOR REDUDOR SOBRE VENDAS	VENDAS	CIRCULAÇÃO ANO	FROTA EM CIRCULAÇÃO
2005	2005	0,5	0,003561	0,996439	609903	607.731	14.534.843
2005	2004	1,5	0,007328	0,992672	967235	960.147	13.927.112
2005	2003	2,5	0,013751	0,986249	1046474	1.032.084	12.966.965
2005	2002	3,5	0,023806	0,976194	1181780	1.153.646	11.934.881
2005	2001	4,5	0,038417	0,961583	1280117	1.230.939	10.781.235
2005	2000	5,5	0,05831	0,94169	1167164	1.099.106	9.550.296
2005	1999	6,5	0,083901	0,916099	1001996	917.928	8.451.189
2005	1998	7,5	0,115228	0,884772	1210904	1.071.374	7.533.262
2005	1997	8,5	0,151952	0,848048	1568803	1.330.421	6.461.887
2005	1996	9,5	0,193407	0,806593	1399212	1.128.595	5.131.466
2005	1995	10,5	0,238684	0,761316	1374265	1.046.249	4.002.871
2005	1994	11,5	0,286735	0,713265	1007462	718.587	2.956.622
2005	1993	12,5	0,336465	0,663535	675403	448.154	2.238.035
2005	1992	13,5	0,386817	0,613183	431635	264.671	1.789.881
2005	1991	14,5	0,436835	0,563165	468462	263.822	1.525.210
2005	1990	15,5	0,485699	0,514301	462585	237.908	1.261.388
2005	1989	16,5	0,532748	0,467252	220984	103.255	1.023.480
2005	1988	17,5	0,577477	0,422523	64734	27.352	920.225
2005	1987	18,5	0,619535	0,380465	23084	8.783	892.873
2005	1986	19,5	0,6587	0,3413	53094	18.121	884.091
2005	1985	20,5	0,694866	0,305134	23892	7.290	865.970
2005	1984	21,5	0,728018	0,271982	28670	7.798	858.679
2005	1983	22,5	0,758215	0,241785	70098	16.949	850.882
2005	1982	23,5	0,785565	0,214435	344468	73.866	833.933
2005	1981	24,5	0,810218	0,189782	318929	60.527	760.067
2005	1980	25,5	0,832346	0,167654	566676	95.006	699.540
2005	1979	26,5	0,852133	0,147867	826462	122.207	604.534
2005	1978	27,5	0,86977	0,13023	797942	103.916	482.328
2005	1977	28,5	0,885447	0,114553	678824	77.762	378.412
2005	1976	29,5	0,899347	0,100653	695207	69.975	300.650
2005	1975	30,5	0,911645	0,088355	661332	58.432	230.675
2005	1974	31,5	0,922506	0,077494	639668	49.570	172.244
2005	1973	32,5	0,932082	0,067918	557692	37.877	122.673
2005	1972	33,5	0,940514	0,059486	457124	27.193	84.796
2005	1971	34,5	0,947928	0,052072	395266	20.582	57.604
2005	1970	35,5	0,95444	0,04556	308024	14.034	37.021
2005	1969	36,5	0,960155	0,039845	241542	9.624	22.988
2005	1968	37,5	0,965166	0,034834	164341	5.725	13.363
2005	1967	38,5	0,969558	0,030442	139211	4.238	7.639
2005	1966	39,5	0,973403	0,026597	127865	3.401	3.401

**ANEXO 3: APLICAÇÃO DA CURVA DE GOMPERTZ AOS DADOS DE VENDA DE
VEÍCULOS LICENCIADOS – GASOLINA - COMERCIAL LEVE / 2005**

ANO INVENTÁRIO	ANO FABRICAÇÃO	IDADE	FRAÇÃO SUCATEADA	FATOR REDUTOR SOBRE VENDAS	VENDAS	CIRCULAÇÃO ANO	FROTA EM CIRCULAÇÃO
2.005	2.005	0,5	0,00909795	0,99090205	87.130	86.337	1.714.189
2005	2004	1,5	0,016879682	0,983120318	110710	108.841	1.627.851
2005	2003	2,5	0,028872528	0,971127472	105989	102.929	1.519.010
2005	2002	3,5	0,046020095	0,953979905	102183	97.481	1.416.081
2005	2001	4,5	0,068989692	0,931010308	132303	123.175	1.318.601
2005	2000	5,5	0,09806104	0,90193896	143315	129.261	1.195.425
2005	1999	6,5	0,133083889	0,866916111	120233	104.232	1.066.164
2005	1998	7,5	0,17350514	0,82649486	177830	146.976	961.932
2005	1997	8,5	0,218449423	0,781550577	232885	182.011	814.956
2005	1996	9,5	0,266829179	0,733170821	222756	163.318	632.945
2005	1995	10,5	0,317460555	0,682539445	183409	125.184	469.627
2005	1994	11,5	0,369167017	0,630832983	120023	75.714	344.443
2005	1993	12,5	0,420860055	0,579139945	89195	51.656	268.728
2005	1992	13,5	0,471593289	0,528406711	67292	35.558	217.072
2005	1991	14,5	0,520591369	0,479408631	77796	37.296	181.514
2005	1990	15,5	0,567258018	0,432741982	80270	34.736	144.218
2005	1989	16,5	0,611168722	0,388831278	39837	15.490	109.482
2005	1988	17,5	0,652053482	0,347946518	12578	4.376	93.992
2005	1987	18,5	0,689774222	0,310225778	8106	2.515	89.616
2005	1986	19,5	0,72430039	0,27569961	8822	2.432	87.101
2005	1985	20,5	0,755685179	0,244314821	4763	1.164	84.669
2005	1984	21,5	0,784043892	0,215956108	4812	1.039	83.505
2005	1983	22,5	0,809535216	0,190464784	8520	1.623	82.466
2005	1982	23,5	0,832345673	0,167654327	20966	3.515	80.843
2005	1981	24,5	0,852677175	0,147322825	25538	3.762	77.328
2005	1980	25,5	0,870737398	0,129262602	59791	7.729	73.566
2005	1979	26,5	0,886732597	0,113267403	79244	8.976	65.837
2005	1978	27,5	0,900862471	0,099137529	79353	7.867	56.861
2005	1977	28,5	0,913316677	0,086683323	69247	6.003	48.995
2005	1976	29,5	0,924272637	0,075727363	113522	8.597	42.992
2005	1975	30,5	0,933894352	0,066105648	117588	7.773	34.395
2005	1974	31,5	0,942331942	0,057668058	116280	6.706	26.622
2005	1973	32,5	0,949721727	0,050278273	105745	5.317	19.916
2005	1972	33,5	0,956186681	0,043813319	89143	3.906	14.600
2005	1971	34,5	0,961837121	0,038162879	71874	2.743	10.694
2005	1970	35,5	0,966771553	0,033228447	65801	2.186	7.951
2005	1969	36,5	0,97107759	0,02892241	61977	1.793	5.765
2005	1968	37,5	0,974832896	0,025167104	65893	1.658	3.972
2005	1967	38,5	0,97810612	0,02189388	54656	1.197	2.314
2005	1966	39,5	0,980957796	0,019042204	58673	1.117	1.117

**ANEXO 4: APLICAÇÃO DA CURVA DE GOMPERTZ AOS DADOS DE VENDA DE
VEÍCULOS LICENCIADOS –ÁLCOOL - PASSAGEIROS / 2005**

ANO INVENTÁRIO	ANO FABRICAÇÃO	IDADE	FRAÇÃO SUCATEADA	FATOR REDUDOR SOBRE VENDAS	VENDAS	CIRCULAÇÃO ANO	FROTA EM CIRCULAÇÃO
2005	2005	0,5	0,003561	0,996439	759279	756.576	2.989.806
2005	2004	1,5	0,007328	0,992672	328565	326.157	2.233.231
2005	2003	2,5	0,013751	0,986249	72129	71.137	1.907.073
2005	2002	3,5	0,023806	0,976194	47366	46.238	1.835.936
2005	2001	4,5	0,038417	0,961583	14979	14.404	1.789.698
2005	2000	5,5	0,05831	0,94169	9610	9.050	1.775.294
2005	1999	6,5	0,083901	0,916099	9851	9.024	1.766.245
2005	1998	7,5	0,115228	0,884772	981	868	1.757.220
2005	1997	8,5	0,151952	0,848048	924	784	1.756.352
2005	1996	9,5	0,193407	0,806593	6333	5.108	1.755.569
2005	1995	10,5	0,238684	0,761316	32808	24.977	1.750.460
2005	1994	11,5	0,286735	0,713265	119203	85.023	1.725.483
2005	1993	12,5	0,336465	0,663535	227289	150.814	1.640.460
2005	1992	13,5	0,386817	0,613183	164840	101.077	1.489.646
2005	1991	14,5	0,436835	0,563165	129139	72.727	1.388.569
2005	1990	15,5	0,485699	0,514301	70250	36.130	1.315.842
2005	1989	16,5	0,532748	0,467252	345598	161.481	1.279.712
2005	1988	17,5	0,577477	0,422523	492010	207.885	1.118.231
2005	1987	18,5	0,619535	0,380465	387176	147.307	910.345
2005	1986	19,5	0,6587	0,3413	619290	211.364	763.038
2005	1985	20,5	0,694866	0,305134	578177	176.422	551.674
2005	1984	21,5	0,728018	0,271982	503565	136.961	375.253
2005	1983	22,5	0,758215	0,241785	538401	130.178	238.292
2005	1982	23,5	0,785565	0,214435	211761	45.409	108.115
2005	1981	24,5	0,810218	0,189782	128679	24.421	62.706
2005	1980	25,5	0,832346	0,167654	226352	37.949	38.285
2005	1979	26,5	0,852133	0,147867	2271	336	336
2005	1978	27,5	0,86977	0,13023	0	0	0
2005	1977	28,5	0,885447	0,114553	0	0	0
2005	1976	29,5	0,899347	0,100653	0	0	0
2005	1975	30,5	0,911645	0,088355	0	0	0
2005	1974	31,5	0,922506	0,077494	0	0	0
2005	1973	32,5	0,932082	0,067918	0	0	0
2005	1972	33,5	0,940514	0,059486	0	0	0
2005	1971	34,5	0,947928	0,052072	0	0	0
2005	1970	35,5	0,95444	0,04556	0	0	0
2005	1969	36,5	0,960155	0,039845	0	0	0
2005	1968	37,5	0,965166	0,034834	0	0	0
2005	1967	38,5	0,969558	0,030442	0	0	0
2005	1966	39,5	0,973403	0,026597	0	0	0

**ANEXO 5: APLICAÇÃO DA CURVA DE GOMPERTZ AOS DADOS DE VENDA DE
VEÍCULOS LICENCIADOS – ÁLCOOL - COMERCIAL LEVE / 2005**

ANO INVENTÁRIO	ANO FABRICAÇÃO	IDADE	FRAÇÃO SUCATEADA	FATOR REDUDOR SOBRE VENDAS	VENDAS	CIRCULAÇÃO ANO	FROTA EM CIRCULAÇÃO
2005	2005	0,5	0,009098	0,990902	85182	84.407	368.101
2005	2004	1,5	0,01688	0,98312	50764	49.907	283.694
2005	2003	2,5	0,028873	0,971127	12429	12.070	233.787
2005	2002	3,5	0,04602	0,95398	8595	8.199	221.717
2005	2001	4,5	0,06899	0,93101	3356	3.124	213.517
2005	2000	5,5	0,098061	0,901939	682	615	210.393
2005	1999	6,5	0,133084	0,866916	1096	950	209.778
2005	1998	7,5	0,173505	0,826495	243	201	208.828
2005	1997	8,5	0,218449	0,781551	196	153	208.627
2005	1996	9,5	0,266829	0,733171	1314	963	208.474
2005	1995	10,5	0,317461	0,682539	7898	5.391	207.510
2005	1994	11,5	0,369167	0,630833	22631	14.276	202.119
2005	1993	12,5	0,42086	0,57914	36946	21.397	187.843
2005	1992	13,5	0,471593	0,528407	30663	16.203	166.446
2005	1991	14,5	0,520591	0,479409	21843	10.472	150.244
2005	1990	15,5	0,567258	0,432742	11746	5.083	139.772
2005	1989	16,5	0,611169	0,388831	53931	20.970	134.689
2005	1988	17,5	0,652053	0,347947	74472	25.912	113.719
2005	1987	18,5	0,689774	0,310226	71507	22.183	87.807
2005	1986	19,5	0,7243	0,2757	77759	21.438	65.623
2005	1985	20,5	0,755685	0,244315	67374	16.460	44.185
2005	1984	21,5	0,784044	0,215956	61971	13.383	27.725
2005	1983	22,5	0,809535	0,190465	40927	7.795	14.342
2005	1982	23,5	0,832346	0,167654	20814	3.490	6.547
2005	1981	24,5	0,852677	0,147323	7563	1.114	3.057
2005	1980	25,5	0,870737	0,129263	14291	1.847	1.943
2005	1979	26,5	0,886733	0,113267	843	95	95
2005	1978	27,5	0,900862	0,099138	0	0	0
2005	1977	28,5	0,913317	0,086683	0	0	0
2005	1976	29,5	0,924273	0,075727	0	0	0
2005	1975	30,5	0,933894	0,066106	0	0	0
2005	1974	31,5	0,942332	0,057668	0	0	0
2005	1973	32,5	0,949722	0,050278	0	0	0
2005	1972	33,5	0,956187	0,043813	0	0	0
2005	1971	34,5	0,961837	0,038163	0	0	0
2005	1970	35,5	0,966772	0,033228	0	0	0
2005	1969	36,5	0,971078	0,028922	0	0	0
2005	1968	37,5	0,974833	0,025167	0	0	0
2005	1967	38,5	0,978106	0,021894	0	0	0
2005	1966	39,5	0,980958	0,019042	0	0	0

**ANEXO 6: APLICAÇÃO DA CURVA DE GOMPERTZ AOS DADOS DE VENDA DE
VEÍCULOS LICENCIADOS –DIESEL - PASSAGEIROS / 2005**

ANO INVENTÁRIO	ANO FABRICAÇÃO	IDADE	FRAÇÃO SUCATEADA	FATOR REDUDOR SOBRE VENDAS	VENDAS	CIRCULAÇÃO ANO	FROTA EM CIRCULAÇÃO
2005	2005	0,5	0,003561	0,996439	0	0	1.973
2005	2004	1,5	0,007328	0,992672	0	0	1.973
2005	2003	2,5	0,013751	0,986249	0	0	1.973
2005	2002	3,5	0,023806	0,976194	0	0	1.973
2005	2001	4,5	0,038417	0,961583	0	0	1.973
2005	2000	5,5	0,05831	0,94169	0	0	1.973
2005	1999	6,5	0,083901	0,916099	0	0	1.973
2005	1998	7,5	0,115228	0,884772	0	0	1.973
2005	1997	8,5	0,151952	0,848048	0	0	1.973
2005	1996	9,5	0,193407	0,806593	0	0	1.973
2005	1995	10,5	0,238684	0,761316	0	0	1.973
2005	1994	11,5	0,286735	0,713265	1008	719	1.973
2005	1993	12,5	0,336465	0,663535	1136	754	1.254
2005	1992	13,5	0,386817	0,613183	489	300	500
2005	1991	14,5	0,436835	0,563165	291	164	200
2005	1990	15,5	0,485699	0,514301	71	37	37
2005	1989	16,5	0,532748	0,467252	0	0	0
2005	1988	17,5	0,577477	0,422523	0	0	0
2005	1987	18,5	0,619535	0,380465	0	0	0
2005	1986	19,5	0,6587	0,3413	0	0	0
2005	1985	20,5	0,694866	0,305134	0	0	0
2005	1984	21,5	0,728018	0,271982	0	0	0
2005	1983	22,5	0,758215	0,241785	0	0	0
2005	1982	23,5	0,785565	0,214435	0	0	0
2005	1981	24,5	0,810218	0,189782	0	0	0
2005	1980	25,5	0,832346	0,167654	0	0	0
2005	1979	26,5	0,852133	0,147867	0	0	0
2005	1978	27,5	0,86977	0,13023	0	0	0
2005	1977	28,5	0,885447	0,114553	0	0	0
2005	1976	29,5	0,899347	0,100653	0	0	0
2005	1975	30,5	0,911645	0,088355	0	0	0
2005	1974	31,5	0,922506	0,077494	0	0	0
2005	1973	32,5	0,932082	0,067918	0	0	0
2005	1972	33,5	0,940514	0,059486	0	0	0
2005	1971	34,5	0,947928	0,052072	0	0	0
2005	1970	35,5	0,95444	0,04556	0	0	0
2005	1969	36,5	0,960155	0,039845	0	0	0
2005	1968	37,5	0,965166	0,034834	0	0	0
2005	1967	38,5	0,969558	0,030442	0	0	0
2005	1966	39,5	0,973403	0,026597	0	0	0

**ANEXO 7: APLICAÇÃO DA CURVA DE GOMPERTZ AOS DADOS DE VENDA DE
VEÍCULOS LICENCIADOS – DIESEL - COMERCIAL LEVE / 2005**

ANO INVENTÁRIO	ANO FABRICAÇÃO	IDADE	FRAÇÃO SUCATEADA	FATOR REDUTOR SOBRE VENDAS	VENDAS	CIRCULAÇÃO ANO	FROTA EM CIRCULAÇÃO
2005	2005	0,5	0,009098	0,990902	77446	76.741	843.966
2005	2004	1,5	0,01688	0,98312	66247	65.129	767.225
2005	2003	2,5	0,028873	0,971127	54729	53.149	702.096
2005	2002	3,5	0,04602	0,95398	64341	61.380	648.947
2005	2001	4,5	0,06899	0,93101	80432	74.883	587.567
2005	2000	5,5	0,098061	0,901939	83062	74.917	512.684
2005	1999	6,5	0,133084	0,866916	62433	54.124	437.768
2005	1998	7,5	0,173505	0,826495	76465	63.198	383.643
2005	1997	8,5	0,218449	0,781551	70857	55.378	320.445
2005	1996	9,5	0,266829	0,733171	43521	31.908	265.067
2005	1995	10,5	0,317461	0,682539	53898	36.788	233.159
2005	1994	11,5	0,369167	0,630833	60132	37.933	196.371
2005	1993	12,5	0,42086	0,57914	51417	29.778	158.438
2005	1992	13,5	0,471593	0,528407	29732	15.711	128.660
2005	1991	14,5	0,520591	0,479409	34913	16.738	112.950
2005	1990	15,5	0,567258	0,432742	36415	15.758	96.212
2005	1989	16,5	0,611169	0,388831	43612	16.958	80.454
2005	1988	17,5	0,652053	0,347947	36042	12.541	63.496
2005	1987	18,5	0,689774	0,310226	23759	7.371	50.956
2005	1986	19,5	0,7243	0,2757	27421	7.560	43.585
2005	1985	20,5	0,755685	0,244315	26169	6.393	36.025
2005	1984	21,5	0,784044	0,215956	29183	6.302	29.631
2005	1983	22,5	0,809535	0,190465	28638	5.455	23.329
2005	1982	23,5	0,832346	0,167654	43983	7.374	17.875
2005	1981	24,5	0,852677	0,147323	34899	5.141	10.501
2005	1980	25,5	0,870737	0,129263	19686	2.545	5.359
2005	1979	26,5	0,886733	0,113267	15870	1.798	2.815
2005	1978	27,5	0,900862	0,099138	4315	428	1.017
2005	1977	28,5	0,913317	0,086683	2614	227	589
2005	1976	29,5	0,924273	0,075727	1449	110	363
2005	1975	30,5	0,933894	0,066106	726	48	253
2005	1974	31,5	0,942332	0,057668	545	31	205
2005	1973	32,5	0,949722	0,050278	573	29	174
2005	1972	33,5	0,956187	0,043813	589	26	145
2005	1971	34,5	0,961837	0,038163	504	19	119
2005	1970	35,5	0,966772	0,033228	589	20	100
2005	1969	36,5	0,971078	0,028922	914	26	80
2005	1968	37,5	0,974833	0,025167	921	23	54
2005	1967	38,5	0,978106	0,021894	648	14	31
2005	1966	39,5	0,980958	0,019042	859	16	16

**ANEXO 8: APLICAÇÃO DA CURVA DE GOMPERTZ AOS DADOS DE VENDA DE
VEÍCULOS LICENCIADOS –GASOLINA - PASSAGEIROS / 2006**

ANO INVENTÁRIO	ANO FABRICAÇÃO	IDADE	FRAÇÃO SUCATEADA	FATOR REDUTOR SOBRE VENDAS	VENDAS	CIRCULAÇÃO ANO	FROTA EM CIRCULAÇÃO
2.006	2.006	0,5	0,003561	0,996439	260.824	259.895	14.160.028
2006	2005	1,5	0,007328	0,992672	609903	605.434	13.900.133
2006	2004	2,5	0,013751	0,986249	967235	953.934	13.294.700
2006	2003	3,5	0,023806	0,976194	1046474	1.021.561	12.340.765
2006	2002	4,5	0,038417	0,961583	1181780	1.136.380	11.319.204
2006	2001	5,5	0,05831	0,94169	1280117	1.205.473	10.182.824
2006	2000	6,5	0,083901	0,916099	1167164	1.069.238	8.977.351
2006	1999	7,5	0,115228	0,884772	1001996	886.538	7.908.113
2006	1998	8,5	0,151952	0,848048	1210904	1.026.905	7.021.575
2006	1997	9,5	0,193407	0,806593	1568803	1.265.386	5.994.669
2006	1996	10,5	0,238684	0,761316	1399212	1.065.242	4.729.283
2006	1995	11,5	0,286735	0,713265	1374265	980.215	3.664.041
2006	1994	12,5	0,336465	0,663535	1007462	668.486	2.683.827
2006	1993	13,5	0,386817	0,613183	675403	414.146	2.015.340
2006	1992	14,5	0,436835	0,563165	431635	243.082	1.601.194
2006	1991	15,5	0,485699	0,514301	468462	240.930	1.358.113
2006	1990	16,5	0,532748	0,467252	462585	216.144	1.117.182
2006	1989	17,5	0,577477	0,422523	220984	93.371	901.038
2006	1988	18,5	0,619535	0,380465	64734	24.629	807.667
2006	1987	19,5	0,6587	0,3413	23084	7.879	783.038
2006	1986	20,5	0,694866	0,305134	53094	16.201	775.160
2006	1985	21,5	0,728018	0,271982	23892	6.498	758.959
2006	1984	22,5	0,758215	0,241785	28670	6.932	752.461
2006	1983	23,5	0,785565	0,214435	70098	15.031	745.529
2006	1982	24,5	0,810218	0,189782	344468	65.374	730.497
2006	1981	25,5	0,832346	0,167654	318929	53.470	665.124
2006	1980	26,5	0,852133	0,147867	566676	83.793	611.654
2006	1979	27,5	0,86977	0,13023	826462	107.630	527.861
2006	1978	28,5	0,885447	0,114553	797942	91.407	420.231
2006	1977	29,5	0,899347	0,100653	678824	68.326	328.824
2006	1976	30,5	0,911645	0,088355	695207	61.425	260.498
2006	1975	31,5	0,922506	0,077494	661332	51.249	199.073
2006	1974	32,5	0,932082	0,067918	639668	43.445	147.824
2006	1973	33,5	0,940514	0,059486	557692	33.175	104.379
2006	1972	34,5	0,947928	0,052072	457124	23.804	71.204
2006	1971	35,5	0,95444	0,04556	395266	18.008	47.401
2006	1970	36,5	0,960155	0,039845	308024	12.273	29.393
2006	1969	37,5	0,965166	0,034834	241542	8.414	17.119
2006	1968	38,5	0,969558	0,030442	164341	5.003	8.706
2006	1967	39,5	0,973403	0,026597	139211	3.703	3.703

**ANEXO 9: APLICAÇÃO DA CURVA DE GOMPERTZ AOS DADOS DE VENDA DE
VEÍCULOS LICENCIADOS – GASOLINA - COMERCIAL LEVE / 2006**

ANO INVENTÁRIO	ANO FABRICAÇÃO	IDADE	FRAÇÃO SUCATEADA	FATOR REDUTOR SOBRE VENDAS	VENDAS	CIRCULAÇÃO ANO	FROTA EM CIRCULAÇÃO
2.006	2.006	0,5	0,009098	0,990902	55.737	55.230	1.674.007
2006	2005	1,5	0,01688	0,98312	87130	85.659	1.618.777
2006	2004	2,5	0,028873	0,971127	110710	107.514	1.533.117
2006	2003	3,5	0,04602	0,95398	105989	101.111	1.425.604
2006	2002	4,5	0,06899	0,93101	102183	95.133	1.324.492
2006	2001	5,5	0,098061	0,901939	132303	119.329	1.229.359
2006	2000	6,5	0,133084	0,866916	143315	124.242	1.110.030
2006	1999	7,5	0,173505	0,826495	120233	99.372	985.788
2006	1998	8,5	0,218449	0,781551	177830	138.983	886.416
2006	1997	9,5	0,266829	0,733171	232885	170.744	747.433
2006	1996	10,5	0,317461	0,682539	222756	152.040	576.688
2006	1995	11,5	0,369167	0,630833	183409	115.700	424.648
2006	1994	12,5	0,42086	0,57914	120023	69.510	308.948
2006	1993	13,5	0,471593	0,528407	89195	47.131	239.438
2006	1992	14,5	0,520591	0,479409	67292	32.260	192.307
2006	1991	15,5	0,567258	0,432742	77796	33.666	160.046
2006	1990	16,5	0,611169	0,388831	80270	31.211	126.381
2006	1989	17,5	0,652053	0,347947	39837	13.861	95.169
2006	1988	18,5	0,689774	0,310226	12578	3.902	81.308
2006	1987	19,5	0,7243	0,2757	8106	2.235	77.406
2006	1986	20,5	0,755685	0,244315	8822	2.155	75.171
2006	1985	21,5	0,784044	0,215956	4763	1.029	73.016
2006	1984	22,5	0,809535	0,190465	4812	917	71.987
2006	1983	23,5	0,832346	0,167654	8520	1.428	71.071
2006	1982	24,5	0,852677	0,147323	20966	3.089	69.642
2006	1981	25,5	0,870737	0,129263	25538	3.301	66.553
2006	1980	26,5	0,886733	0,113267	59791	6.772	63.252
2006	1979	27,5	0,900862	0,099138	79244	7.856	56.480
2006	1978	28,5	0,913317	0,086683	79353	6.879	48.624
2006	1977	29,5	0,924273	0,075727	69247	5.244	41.745
2006	1976	30,5	0,933894	0,066106	113522	7.504	36.501
2006	1975	31,5	0,942332	0,057668	117588	6.781	28.997
2006	1974	32,5	0,949722	0,050278	116280	5.846	22.216
2006	1973	33,5	0,956187	0,043813	105745	4.633	16.370
2006	1972	34,5	0,961837	0,038163	89143	3.402	11.737
2006	1971	35,5	0,966772	0,033228	71874	2.388	8.335
2006	1970	36,5	0,971078	0,028922	65801	1.903	5.946
2006	1969	37,5	0,974833	0,025167	61977	1.560	4.043
2006	1968	38,5	0,978106	0,021894	65893	1.443	2.483
2006	1967	39,5	0,980958	0,019042	54656	1.041	1.041

**ANEXO 10: APLICAÇÃO DA CURVA DE GOMPERTZ AOS DADOS DE VENDA DE
VEÍCULOS LICENCIADOS –ÁLCOOL - PASSAGEIROS / 2006**

ANO INVENTÁRIO	ANO FABRICAÇÃO	IDADE	FRAÇÃO SUCATEADA	FATOR REDUDOR SOBRE VENDAS	VENDAS	CIRCULAÇÃO ANO	FROTA EM CIRCULAÇÃO
2.006	2.006	0,5	0,003561	0,996439	1.295.396	1.290.784	4.100.780
2006	2005	1,5	0,007328	0,992672	759279	753.715	2.809.996
2006	2004	2,5	0,013751	0,986249	328565	324.047	2.056.282
2006	2003	3,5	0,023806	0,976194	72129	70.412	1.732.235
2006	2002	4,5	0,038417	0,961583	47366	45.546	1.661.823
2006	2001	5,5	0,05831	0,94169	14979	14.106	1.616.277
2006	2000	6,5	0,083901	0,916099	9610	8.804	1.602.171
2006	1999	7,5	0,115228	0,884772	9851	8.716	1.593.367
2006	1998	8,5	0,151952	0,848048	981	832	1.584.651
2006	1997	9,5	0,193407	0,806593	924	745	1.583.819
2006	1996	10,5	0,238684	0,761316	6333	4.821	1.583.074
2006	1995	11,5	0,286735	0,713265	32808	23.401	1.578.253
2006	1994	12,5	0,336465	0,663535	119203	79.095	1.554.852
2006	1993	13,5	0,386817	0,613183	227289	139.370	1.475.757
2006	1992	14,5	0,436835	0,563165	164840	92.832	1.336.387
2006	1991	15,5	0,485699	0,514301	129139	66.416	1.243.555
2006	1990	16,5	0,532748	0,467252	70250	32.824	1.177.138
2006	1989	17,5	0,577477	0,422523	345598	146.023	1.144.314
2006	1988	18,5	0,619535	0,380465	492010	187.193	998.291
2006	1987	19,5	0,6587	0,3413	387176	132.143	811.098
2006	1986	20,5	0,694866	0,305134	619290	188.967	678.955
2006	1985	21,5	0,728018	0,271982	578177	157.254	489.988
2006	1984	22,5	0,758215	0,241785	503565	121.755	332.734
2006	1983	23,5	0,785565	0,214435	538401	115.452	210.980
2006	1982	24,5	0,810218	0,189782	211761	40.188	95.528
2006	1981	25,5	0,832346	0,167654	128679	21.574	55.339
2006	1980	26,5	0,852133	0,147867	226352	33.470	33.766
2006	1979	27,5	0,86977	0,13023	2271	296	296
2006	1978	28,5	0,885447	0,114553	0	0	0
2006	1977	29,5	0,899347	0,100653	0	0	0
2006	1976	30,5	0,911645	0,088355	0	0	0
2006	1975	31,5	0,922506	0,077494	0	0	0
2006	1974	32,5	0,932082	0,067918	0	0	0
2006	1973	33,5	0,940514	0,059486	0	0	0
2006	1972	34,5	0,947928	0,052072	0	0	0
2006	1971	35,5	0,95444	0,04556	0	0	0
2006	1970	36,5	0,960155	0,039845	0	0	0
2006	1969	37,5	0,965166	0,034834	0	0	0
2006	1968	38,5	0,969558	0,030442	0	0	0
2006	1967	39,5	0,973403	0,026597	0	0	0

**ANEXO 11: APLICAÇÃO DA CURVA DE GOMPERTZ AOS DADOS DE VENDA DE
VEÍCULOS LICENCIADOS – ÁLCOOL - COMERCIAL LEVE / 2006**

ANO INVENTÁRIO	ANO FABRICAÇÃO	IDADE	FRAÇÃO SUCATEADA	FATOR REDUDOR SOBRE VENDAS	VENDAS	CIRCULAÇÃO ANO	FROTA EM CIRCULAÇÃO
2.006	2.006	0,5	0,009098	0,990902	136.801	135.556	480.085
2006	2005	1,5	0,01688	0,98312	85182	83.744	344.528
2006	2004	2,5	0,028873	0,971127	50764	49.298	260.784
2006	2003	3,5	0,04602	0,95398	12429	11.857	211.486
2006	2002	4,5	0,06899	0,93101	8595	8.002	199.629
2006	2001	5,5	0,098061	0,901939	3356	3.027	191.627
2006	2000	6,5	0,133084	0,866916	682	591	188.600
2006	1999	7,5	0,173505	0,826495	1096	906	188.009
2006	1998	8,5	0,218449	0,781551	243	190	187.103
2006	1997	9,5	0,266829	0,733171	196	144	186.913
2006	1996	10,5	0,317461	0,682539	1314	897	186.769
2006	1995	11,5	0,369167	0,630833	7898	4.982	185.872
2006	1994	12,5	0,42086	0,57914	22631	13.107	180.890
2006	1993	13,5	0,471593	0,528407	36946	19.523	167.784
2006	1992	14,5	0,520591	0,479409	30663	14.700	148.261
2006	1991	15,5	0,567258	0,432742	21843	9.452	133.561
2006	1990	16,5	0,611169	0,388831	11746	4.567	124.109
2006	1989	17,5	0,652053	0,347947	53931	18.765	119.541
2006	1988	18,5	0,689774	0,310226	74472	23.103	100.776
2006	1987	19,5	0,7243	0,2757	71507	19.714	77.673
2006	1986	20,5	0,755685	0,244315	77759	18.998	57.959
2006	1985	21,5	0,784044	0,215956	67374	14.550	38.961
2006	1984	22,5	0,809535	0,190465	61971	11.803	24.411
2006	1983	23,5	0,832346	0,167654	40927	6.862	12.608
2006	1982	24,5	0,852677	0,147323	20814	3.066	5.746
2006	1981	25,5	0,870737	0,129263	7563	978	2.680
2006	1980	26,5	0,886733	0,113267	14291	1.619	1.702
2006	1979	27,5	0,900862	0,099138	843	84	84
2006	1978	28,5	0,913317	0,086683	0	0	0
2006	1977	29,5	0,924273	0,075727	0	0	0
2006	1976	30,5	0,933894	0,066106	0	0	0
2006	1975	31,5	0,942332	0,057668	0	0	0
2006	1974	32,5	0,949722	0,050278	0	0	0
2006	1973	33,5	0,956187	0,043813	0	0	0
2006	1972	34,5	0,961837	0,038163	0	0	0
2006	1971	35,5	0,966772	0,033228	0	0	0
2006	1970	36,5	0,971078	0,028922	0	0	0
2006	1969	37,5	0,974833	0,025167	0	0	0
2006	1968	38,5	0,978106	0,021894	0	0	0
2006	1967	39,5	0,980958	0,019042	0	0	0

**ANEXO 12: APLICAÇÃO DA CURVA DE GOMPERTZ AOS DADOS DE VENDA DE
VEÍCULOS LICENCIADOS –DIESEL - PASSAGEIROS / 2006**

ANO INVENTÁRIO	ANO FABRICAÇÃO	IDADE	FRAÇÃO SUCATEADA	FATOR REDUDOR SOBRE VENDAS	VENDAS	CIRCULAÇÃO ANO	FROTA EM CIRCULAÇÃO
2.006	2.006	0,5	0,003561	0,996439	0	0	1.824
2006	2005	1,5	0,007328	0,992672	0	0	1.824
2006	2004	2,5	0,013751	0,986249	0	0	1.824
2006	2003	3,5	0,023806	0,976194	0	0	1.824
2006	2002	4,5	0,038417	0,961583	0	0	1.824
2006	2001	5,5	0,05831	0,94169	0	0	1.824
2006	2000	6,5	0,083901	0,916099	0	0	1.824
2006	1999	7,5	0,115228	0,884772	0	0	1.824
2006	1998	8,5	0,151952	0,848048	0	0	1.824
2006	1997	9,5	0,193407	0,806593	0	0	1.824
2006	1996	10,5	0,238684	0,761316	0	0	1.824
2006	1995	11,5	0,286735	0,713265	0	0	1.824
2006	1994	12,5	0,336465	0,663535	1008	669	1.824
2006	1993	13,5	0,386817	0,613183	1136	697	1.155
2006	1992	14,5	0,436835	0,563165	489	275	458
2006	1991	15,5	0,485699	0,514301	291	150	183
2006	1990	16,5	0,532748	0,467252	71	33	33
2006	1989	17,5	0,577477	0,422523	0	0	0
2006	1988	18,5	0,619535	0,380465	0	0	0
2006	1987	19,5	0,6587	0,3413	0	0	0
2006	1986	20,5	0,694866	0,305134	0	0	0
2006	1985	21,5	0,728018	0,271982	0	0	0
2006	1984	22,5	0,758215	0,241785	0	0	0
2006	1983	23,5	0,785565	0,214435	0	0	0
2006	1982	24,5	0,810218	0,189782	0	0	0
2006	1981	25,5	0,832346	0,167654	0	0	0
2006	1980	26,5	0,852133	0,147867	0	0	0
2006	1979	27,5	0,86977	0,13023	0	0	0
2006	1978	28,5	0,885447	0,114553	0	0	0
2006	1977	29,5	0,899347	0,100653	0	0	0
2006	1976	30,5	0,911645	0,088355	0	0	0
2006	1975	31,5	0,922506	0,077494	0	0	0
2006	1974	32,5	0,932082	0,067918	0	0	0
2006	1973	33,5	0,940514	0,059486	0	0	0
2006	1972	34,5	0,947928	0,052072	0	0	0
2006	1971	35,5	0,95444	0,04556	0	0	0
2006	1970	36,5	0,960155	0,039845	0	0	0
2006	1969	37,5	0,965166	0,034834	0	0	0
2006	1968	38,5	0,969558	0,030442	0	0	0
2006	1967	39,5	0,973403	0,026597	0	0	0

**ANEXO 13: APLICAÇÃO DA CURVA DE GOMPERTZ AOS DADOS DE VENDA DE
VEÍCULOS LICENCIADOS – DIESEL - COMERCIAL LEVE / 2006**

ANO INVENTÁRIO	ANO FABRICAÇÃO	IDADE	FRAÇÃO SUCATEADA	FATOR REDUTOR SOBRE VENDAS	VENDAS	CIRCULAÇÃO ANO	FROTA EM CIRCULAÇÃO
2.006	2.006	0,5	0,009098	0,990902	82.954	82.199	883.155
2006	2005	1,5	0,01688	0,98312	77446	76.139	800.955
2006	2004	2,5	0,028873	0,971127	66247	64.334	724.817
2006	2003	3,5	0,04602	0,95398	54729	52.210	660.482
2006	2002	4,5	0,06899	0,93101	64341	59.902	608.272
2006	2001	5,5	0,098061	0,901939	80432	72.545	548.370
2006	2000	6,5	0,133084	0,866916	83062	72.008	475.825
2006	1999	7,5	0,173505	0,826495	62433	51.601	403.817
2006	1998	8,5	0,218449	0,781551	76465	59.761	352.217
2006	1997	9,5	0,266829	0,733171	70857	51.950	292.455
2006	1996	10,5	0,317461	0,682539	43521	29.705	240.505
2006	1995	11,5	0,369167	0,630833	53898	34.001	210.800
2006	1994	12,5	0,42086	0,57914	60132	34.825	176.800
2006	1993	13,5	0,471593	0,528407	51417	27.169	141.975
2006	1992	14,5	0,520591	0,479409	29732	14.254	114.806
2006	1991	15,5	0,567258	0,432742	34913	15.108	100.552
2006	1990	16,5	0,611169	0,388831	36415	14.159	85.444
2006	1989	17,5	0,652053	0,347947	43612	15.175	71.284
2006	1988	18,5	0,689774	0,310226	36042	11.181	56.110
2006	1987	19,5	0,7243	0,2757	23759	6.550	44.929
2006	1986	20,5	0,755685	0,244315	27421	6.699	38.378
2006	1985	21,5	0,784044	0,215956	26169	5.651	31.679
2006	1984	22,5	0,809535	0,190465	29183	5.558	26.027
2006	1983	23,5	0,832346	0,167654	28638	4.801	20.469
2006	1982	24,5	0,852677	0,147323	43983	6.480	15.668
2006	1981	25,5	0,870737	0,129263	34899	4.511	9.188
2006	1980	26,5	0,886733	0,113267	19686	2.230	4.677
2006	1979	27,5	0,900862	0,099138	15870	1.573	2.447
2006	1978	28,5	0,913317	0,086683	4315	374	874
2006	1977	29,5	0,924273	0,075727	2614	198	500
2006	1976	30,5	0,933894	0,066106	1449	96	302
2006	1975	31,5	0,942332	0,057668	726	42	206
2006	1974	32,5	0,949722	0,050278	545	27	164
2006	1973	33,5	0,956187	0,043813	573	25	137
2006	1972	34,5	0,961837	0,038163	589	22	112
2006	1971	35,5	0,966772	0,033228	504	17	89
2006	1970	36,5	0,971078	0,028922	589	17	73
2006	1969	37,5	0,974833	0,025167	914	23	56
2006	1968	38,5	0,978106	0,021894	921	20	33
2006	1967	39,5	0,980958	0,019042	648	12	12

**ANEXO 15: CÁLCULO DO FATOR DE EMISSÃO MÉDIO PARA A FROTA DIESEL DE
TRÊS LAGOAS E CÁLCULO DE EMISSÕES / 2005**

DIESEL Ano- modelo	Km	Número de Veículos	%		FATOR DE EMIÇÃO (g/km)				
			Veículos	% km	CO	HC	NOx	NV*KM	%KM
2005	80000	178	0,091	0,091	0,56	0,17	0,43	14240000	0,091
2004	80000	150	0,077	0,077	0,56	0,17	0,43	12000000	0,077
2003	80000	123	0,063	0,063	0,56	0,17	0,43	9840000	0,063
2002	80000	142	0,073	0,073	0,56	0,17	0,43	11360000	0,073
2001	80000	174	0,089	0,089	0,56	0,17	0,43	13920000	0,089
2000	80000	173	0,088	0,088	0,56	0,17	0,43	13840000	0,088
1999	80000	125	0,064	0,064	0,56	0,17	0,43	10000000	0,064
1998	80000	147	0,075	0,075	0,56	0,17	0,43	11760000	0,075
1997	80000	128	0,065	0,065	0,56	0,17	0,43	10240000	0,065
1996	80000	74	0,038	0,038	0,56	0,17	0,43	5920000	0,038
1995	80000	85	0,043	0,043	0,56	0,17	0,43	6800000	0,043
PRÈ-1995	80000	459	0,234	0,234	0,56	0,17	0,43	36720000	0,234
		1958	1,000	1,000	0,56	0,17	0,43	1,57E+08	1,000

KM(médio) 80000

Emissão Total de Veículos a Diesel (t/ano)

[CO] 87,7
[HC] 26,6
[NOx] 67,4

DIESEL Ano- modelo	Km	Número de Veículos	%		FATOR DE EMIÇÃO (g/km)				
			Veículos	% km	CO	HC	NOx	NV*KM	%KM
2005	80000	178	0,091	0,091	0,70	0,20	0,70	14240000	0,091
2004	80000	150	0,077	0,077	0,70	0,20	0,70	12000000	0,077
2003	80000	123	0,063	0,063	0,70	0,20	0,70	9840000	0,063
2002	80000	142	0,073	0,073	0,70	0,20	0,70	11360000	0,073
2001	80000	174	0,089	0,089	0,70	0,20	0,70	13920000	0,089
2000	80000	173	0,088	0,088	0,70	0,20	0,70	13840000	0,088
1999	80000	125	0,064	0,064	0,70	0,20	0,70	10000000	0,064
1998	80000	147	0,075	0,075	0,70	0,20	0,70	11760000	0,075
1997	80000	128	0,065	0,065	0,70	0,20	0,70	10240000	0,065
1996	80000	74	0,038	0,038	0,70	0,20	0,70	5920000	0,038
1995	80000	85	0,043	0,043	0,70	0,20	0,70	6800000	0,043
PRÈ-1995	80000	459	0,234	0,234	0,70	0,20	0,70	36720000	0,234
		1958	1,000	1,000	0,70	0,20	0,70	1,57E+08	1,000

KM(médio) 80000

Emissão Total de Veículos a Diesel (t/ano)

[CO] 109,6
[HC] 31,3
[NOx] 109,6

ANEXO 16: CÁLCULO DO FATOR DE EMISSÃO MÉDIO PARA A FROTA DE MOTOS E SIMILARES DE TRÊS LAGOAS E CÁLCULO DE EMISSÕES /2005

Ano-modelo	Km	MOTOCICLETAS E SIMILARES			FATOR DE EMISSÃO (g/km)				
		Número de Veículos	% Veículos	% km	CO	HC	NOx	NV*KM	%KM
2005	12000	1096	0,114	0,114	2,98	0,62	0,14	13152000	0,114
2004	12000	976	0,102	0,102	7,36	1,05	0,15	11712000	0,102
2003	12000	907	0,094	0,094	7,36	1,05	0,37	10884000	0,094
2002	12000	848	0,088	0,088	15,57	2,39	0,37	10176000	0,088
2001	12000	741	0,077	0,077	15,57	2,39	0,37	8892000	0,077
2000	12000	614	0,064	0,064	15,57	2,39	0,37	7368000	0,064
1999	12000	472	0,049	0,049	15,57	2,39	0,37	5664000	0,049
1998	12000	493	0,051	0,051	15,57	2,39	0,37	5916000	0,051
1997	12000	435	0,045	0,045	15,57	2,39	0,37	5220000	0,045
1996	12000	295	0,031	0,031	15,57	2,39	0,37	3540000	0,031
1995	12000	215	0,022	0,022	22,30	6,16	0,19	2580000	0,022
PRÉ-1995	12000	2512	0,262	0,262	22,30	6,16	0,19	30144000	0,262
		9604	1,000	1,000	14,43	3,00	0,27	1,15E+08	1,000
								KM(médio)	12000
Emissão Total de Motocicletas e Similares (t/ano)									
					[CO]				1663,5
					[HC]				345,3
					[NOx]				31,1

**ANEXO 17: CÁLCULO DO FATOR DE EMISSÃO MÉDIO PARA A FROTA
GASOLINA E ÁLCOOL DE TRÊS LAGOAS E CÁLCULO DE EMISSÕES / 2006**

GASOLINA					FATOR DE EMISSÃO (g/km)					
Ano-modelo	Km	Número de Veículos	% Veículos	% km	CO	HC	NOx	NV*KM	%KM	
2006	22000	247	0,020	0,034	0,37	0,12	0,09	5434000	0,034	
2005	19000	543	0,044	0,065	0,38	0,12	0,09	10317000	0,065	
2004	17000	834	0,067	0,089	0,40	0,13	0,09	14178000	0,089	
2003	15000	882	0,071	0,083	0,47	0,13	0,12	13230000	0,083	
2002	14000	967	0,078	0,085	0,52	0,14	0,12	13538000	0,085	
2001	14000	1040	0,084	0,091	0,59	0,14	0,14	14560000	0,091	
2000	14000	938	0,075	0,082	0,94	0,18	0,21	13132000	0,082	
1999	13000	774	0,062	0,063	0,90	0,14	0,20	10062000	0,063	
1998	13000	916	0,074	0,075	1,03	0,14	0,20	11908000	0,075	
1997	13000	1128	0,091	0,092	1,54	0,27	0,30	14664000	0,092	
1996	10000	956	0,077	0,060	4,88	0,54	0,50	9560000	0,060	
pré-1996	9000	3211	0,258	0,181	19,21	1,93	0,87	28899000	0,181	
		12436	1,000	1,000	4,33	0,50	0,31	159482000	1,000	
Emissão Total de Veículos Leves à Gasolina								KM(médio)	12824	
			[CO]	691,2						
			[HC]	79,7						
			[NOx]	49,5						
					FATOR DE EMISSÃO (g/km)					
ÁLCOOL	Ano-modelo	Km	Número de Veículos	% Veículos	% km	CO	HC	NOx	NV*KM	%KM
	2006	22000	789	0,311	0,435	0,50	0,12	0,07	17358000	0,435
	2005	19000	464	0,183	0,221	0,46	0,16	0,10	8816000	0,221
	2004	17000	206	0,081	0,088	0,59	0,17	0,10	3502000	0,088
	2003	15000	46	0,018	0,017	0,76	0,20	0,12	690000	0,017
	2002	14000	30	0,012	0,011	0,89	0,20	0,08	420000	0,011
	2001	14000	9	0,004	0,003	0,81	0,23	0,21	126000	0,003
	2000	14000	5	0,002	0,002	0,81	0,24	0,21	70000	0,002
	1999	13000	6	0,002	0,002	0,77	0,27	0,20	78000	0,002
	1998	13000	0	0,000	0,000	0,90	0,27	0,20	0	0,000
	1997	13000	1	0,000	0,000	1,16	0,41	0,30	13000	0,000
	1996	10000	3	0,001	0,001	5,01	0,81	0,70	30000	0,001
pré-1996	9000	976	0,385	0,220	16,69	1,84	1,40	8784000	0,220	
		2535	1,000	1,000	4,08	0,51	0,37	39887000	1,000	
Emissão Total de Veículos Leves à Álcool								KM(médio)	15735	
			[CO]	162,6						
			[HC]	20,5						
			[NOx]	15,0						

ANEXO 19: CÁLCULO DO FATOR DE EMISSÃO MÉDIO PARA A FROTA DE MOTOS E SIMILARES DE TRÊS LAGOAS E CÁLCULO DE EMISSÕES /2006

MOTOCICLETAS E SIMILARES					FATOR DE EMISSÃO (g/km)				
Ano-modelo	Km	Número de Veículos	% Veículos	% km	CO	HC	NOx	NV*KM	%KM
2006	12000	1363	0,124	0,124	1,35	0,29	0,16	16356000	0,124
2005	12000	1102	0,100	0,100	2,98	0,62	0,14	13224000	0,100
2004	12000	981	0,089	0,089	7,36	1,05	0,15	11772000	0,089
2003	12000	912	0,083	0,083	7,36	1,05	0,37	10944000	0,083
2002	12000	852	0,077	0,077	15,57	2,39	0,37	10224000	0,077
2001	12000	744	0,068	0,068	15,57	2,39	0,37	8928000	0,068
2000	12000	617	0,056	0,056	15,57	2,39	0,37	7404000	0,056
1999	12000	475	0,043	0,043	15,57	2,39	0,37	5700000	0,043
1998	12000	495	0,045	0,045	15,57	2,39	0,37	5940000	0,045
1997	12000	438	0,040	0,040	15,57	2,39	0,37	5256000	0,040
1996	12000	296	0,027	0,027	15,57	2,39	0,37	3552000	0,027
pré-1996	12000	2740	0,249	0,249	19,57	5,41	0,17	32880000	0,249
		11015	1,000	1,000	12,13	2,47	0,25	1,32E+08	1,000

KM(médio) 12000

Emissão Total de Motos e Similares

[CO]	1604,0
[HC]	327,0
[NOx]	33,3

**ANEXO 20: CÁLCULO DE EMISSÃO DE ISOPRENO DA COBERTURA VEGETAL
PARA OS DIAS 04 E 05 DE SETEMBRO DE 2005**

t (h)	T (oC)	T (K)	R (umol/m2s)	T (K)	89 ton		53 ton	
					FOLHAS JOVENS		FOLHAS VELHAS	
					(até 3 anos)		(acima de 3 anos)	
					I (ug/m2.h)	E(kg)	I (ug/m2.h)	E(kg)
0	21,8	294,8	-1,7	294,8	0	0,0	0	0,0
1	22,5	295,5	-2,1	295,5	0	0,0	0	0,0
2	22,1	295,1	-2,1	295,1	0	0,0	0	0,0
3	21,6	294,6	-2,1	294,6	0	0,0	0	0,0
4	21,9	294,9	-2,1	294,9	0	0,0	0	0,0
5	22,1	295,1	-2,1	295,1	0	0,0	0	0,0
6	22,8	295,8	10,3	295,8	300	97,5	0	0,0
7	22,9	295,9	145,4	295,9	2400	779,7	1500	437,9
8	24,7	297,7	616,6	297,7	6600	2144,2	4500	1313,8
9	25,1	298,1	519,2	298,1	6600	2144,2	4500	1313,8
10	27,9	300,9	1184,4	300,9	11100	3606,2	7500	2189,6
11	29,1	302,1	1627,6	302,1	12900	4191,0	8700	2540,0
12	29,9	302,9	1709,3	302,9	14400	4678,3	9600	2802,7
13	31,5	304,5	1638,1	304,5	17100	5555,4	11400	3328,2
14	32,6	305,6	1432,4	305,6	18900	6140,2	12600	3678,6
15	33,6	306,6	1121,5	306,6	20400	6627,6	13500	3941,3
16	33,6	306,6	666,0	306,6	18900	6140,2	12600	3678,6
17	32,3	305,3	186,9	305,3	8700	2826,5	5700	1664,1
18	29,7	302,7	0,0	302,7	0	0,0	0	0,0
19	28,4	301,4	-2,1	301,4	0	0,0	0	0,0
20	28,8	301,8	-2,0	301,8	0	0,0	0	0,0
21	28,2	301,2	-2,1	301,2	0	0,0	0	0,0
22	25,5	298,5	-2,1	298,5	0	0,0	0	0,0
23	24	297	-2,1	297	0	0,0	0	0,0
0	25,2	298,2	-1,9	298,2	0	0,0	0	0,0
1	24	297	-2,1	297	0	0,0	0	0,0
2	22,6	295,6	-2,1	295,6	0	0,0	0	0,0
3	21,8	294,8	-2,1	294,8	0	0,0	0	0,0
4	21,6	294,6	-2,1	294,6	0	0,0	0	0,0
5	21,3	294,3	-2,1	294,3	0	0,0	0	0,0
6	20,6	293,6	0,0	293,6	0	0,0	0	0,0
7	21,9	294,9	139,1	294,9	1800	584,8	1200	350,3
8	24,7	297,7	545,5	297,7	6300	2046,7	4200	1226,2
9	26,7	299,7	942,2	299,7	9300	3021,4	6300	1839,3
10	28,2	301,2	1287,8	301,2	11400	3703,6	7800	2277,2
11	29,8	302,8	1468,3	302,8	14100	4580,8	9300	2715,1
12	30,6	303,6	1546,4	303,6	15300	4970,7	10200	2977,9
13	31,7	304,7	1501,8	304,7	17400	5652,9	11700	3415,8
14	32,2	305,2	1297,2	305,2	18000	5847,8	12000	3503,4
15	32,4	305,4	972,8	305,4	18000	5847,8	12000	3503,4
16	31,9	304,9	564,2	304,9	15300	4970,7	10200	2977,9
17	30,2	303,2	205,1	303,2	7200	2339,1	4800	1401,4
18	28,2	301,2	9,2	301,2	300	97,5	300	87,6
19	26,5	299,5	-2,1	299,5	0	0,0	0	0,0
20	25,1	298,1	-2,1	298,1	0	0,0	0	0,0
21	24,2	297,2	-2,1	297,2	0	0,0	0	0,0
22	23,9	296,9	-2,1	296,9	0	0,0	0	0,0
23	23,2	296,2	-2,1	296,2	0	0,0	0	0,0

**ANEXO 21: CÁLCULO DE EMISSÃO DE MONOTERPENOS DA COBERTURA
VEGETAL PARA OS DIAS 04 E 05 DE SETEMBRO DE 2005**

21	ton		
t (h)	T (K)	I (ug/m ² .h)	E(kg)
0	294,8	430	265,2369
1	295,5	458	282,5081
2	295,1	442	272,6389
3	294,6	423	260,9191
4	294,9	434	267,7042
5	295,1	442	272,6389
6	295,8	471	290,5269
7	295,9	475	292,9943
8	297,7	559	344,808
9	298,1	579	357,1446
10	300,9	745	459,5384
11	302,1	830	511,9689
12	302,9	892	550,2124
13	304,5	1030	635,3349
14	305,6	1137	701,3357
15	306,6	1244	767,3365
16	306,6	1244	767,3365
17	305,3	1107	682,8308
18	302,7	876	540,3431
19	301,4	779	480,5106
20	301,8	808	498,3986
21	301,2	765	471,875
22	298,5	600	370,098
23	297	524	323,2189
0	298,2	584	360,2287
1	297	524	323,2189
2	295,6	462	284,9755
3	294,8	430	265,2369
4	294,6	423	260,9191
5	294,3	411	253,5171
6	293,6	386	238,0964
7	294,9	434	267,7042
8	297,7	559	344,808
9	299,7	669	412,6593
10	301,2	765	471,875
11	302,8	884	545,2777
12	303,6	950	585,9885
13	304,7	1049	647,0547
14	305,2	1097	676,6625
15	305,4	1117	688,9991
16	304,9	1068	658,7744
17	303,2	916	565,0163
18	301,2	765	471,875
19	299,5	657	405,2573
20	298,1	579	357,1446
21	297,2	534	329,3872
22	296,9	520	320,7516
23	296,3	492	303,4804

**ANEXO 22: CÁLCULO ESTIMATIVO DA EMISSÃO DE CO, NOX E HC DA
UNIDADE INDUSTRIAL 1 DE CERÂMICA VERMELHA 2005/2006.**

INDUSTRIA 1

		unidade
Consumo Médio Mensal de Madeira	600	m3 st
Fator de Correção (m3st para m3) ¹	400	m3
40% lenha de cerrado	160	m3
40% lenha de eucalipto	160	m3
20% cavaco de eucalipto	80	m3
Densidade da lenha de cerrado ^{1,2,3,4,5}	590	kg/m3
Densidade da lenha de eucalipto ^{1,2,3,4}	482	kg/m3
Densidade do cavaco de eucalipto ^{1,2,3,4}	482	kg/m3
Massa Total de lenha de cerrado (mês)	94400	kg
Massa Total de lenha de eucalipto (mês)	77120	kg
Massa Total de cavaco de eucalipto (mês)	38560	kg
Poder calorífico inferior da lenha de cerrado ^{1,2,3,4,5}	12719	kJ/kg
Poder calorífico inferior da lenha de eucalipto ^{1,2,3,4}	16067	kJ/kg
Poder calorífico inferior do cavaco de eucalipto ^{1,2,3,4}	17991	kJ/kg
Energia Consumida na Atividade	3133493600	kJ
Fator de Emissão de CO	260	kg/TJ
Fator de Emissão de NOX	95	kg/TJ
Fator de Emissão de HC	26	kg/TJ
Emissão de CO	815	kg
Emissão de NOX	298	kg
Emissão de HC	81	kg

¹ QUIRINO, W. F. et al. **Poder Calorífico da Madeira e de Resíduos Lignocelulósicos**. Biomassa & Energia. Vol. 1. p. 173-182. 2004

² SOUZA, M.C.H. et.al. **Varição da densidade a granel de cavacos de Eucalyptus saligna em função de suas dimensões e umidade**. 35º Congresso e Exposição Anual de Celulose e Papel. 2002

³ SENAI. **Poder Calorífico dos Combustíveis**. Centro Nacional de Tecnologias Limpas. 2007

⁴ VALE, A. T., BRASIL, A. A. M. & LEÃO, A. L. **Quantificação e Caracterização da Madeira e Casca de Espécies do Cerrado**. Ciência Florestal. Vol. 12. p.71-80. 2002

⁵ BEN. **Balanco Energético Nacional 2008**. Empresa de Pesquisa Energética. 2008

**ANEXO 23: CÁLCULO ESTIMATIVO DA EMISSÃO DE CO, NOx E HC DA
UNIDADE INDUSTRIAL 2 DE CERÂMICA VERMELHA 2005/2006.**

INDÚSTRIA 2

		Unidade
Consumo de Total de Madeira (mês)	320	m3 st
Fator de Correção (m3st para m3)	213,3	m3
50% lenha de cerrado	106,7	m3
50% lenha de eucalipto	106,7	m3
Densidade da lenha de cerrado ^{1,2,3,4,5}	590	kg/m3
Densidade da lenha de eucalipto ^{1,2,3,4}	482	kg/m3
Massa Total de lenha de cerrado (mês)	62953	kg
Massa Total de lenha de eucalipto (mês)	51429,4	kg
Poder calorífico inferior da lenha de cerrado ^{1,2,3,4,5}	12719	kJ/kg
Poder calorífico inferior da lenha de eucalipto ^{1,2,3,4}	16067	kJ/kg
Energia Consumida na Atividade	1627015377	kJ
Fator de Emissão de CO	260	kg/TJ
Fator de Emissão de NOX	95	kg/TJ
Fator de Emissão de VOC	26	kg/TJ
Emissão de CO	423	kg
Emissão de NOX	155	kg
Emissão de VOC	42	kg

¹ QUIRINO, W. F. et al. **Poder Calorífico da Madeira e de Resíduos Lignocelulósicos**. Biomassa & Energia. Vol. 1. p. 173-182. 2004

² SOUZA, M.C.H. et.al. **Variação da densidade a granel de cavacos de Eucalyptus saligna em função de suas dimensões e umidade**. 35º Congresso e Exposição Anual de Celulose e Papel. 2002

³ SENAI. **Poder Calorífico dos Combustíveis**. Centro Nacional de Tecnologias Limpas. 2007

⁴ VALE, A. T., BRASIL, A. A. M. & LEÃO, A. L. **Quantificação e Caracterização da Madeira e Casca de Espécies do Cerrado**. Ciência Florestal. Vol. 12. p.71-80. 2002

⁵ BEN. **Balanco Energético Nacional 2008**. Empresa de Pesquisa Energética. 2008

**ANEXO 24: CÁLCULO ESTIMATIVO DA EMISSÃO DE CO, NOX E HC DA
UNIDADE INDUSTRIAL 3 DE CERÂMICA VERMELHA 2005/2006.**

INDÚSTRIA 3		
		Unidade
Consumo de Lenha (mês)	650	m3
Conversão (m3st para m3)	433,3	m3
Densidade da Lenha ^{1,2,3,4,5}	590	kg/m3
Massa de Lenha Total (mês)	383500	kg
Poder Calorífico Inferior ^{1,2,3,4,5}	12719	kJ/kg
Energia Consumida na Atividade	4877736500	kJ
Fator de Emissão de CO	260	kg/TJ
Fator de Emissão de NOX	95	kg/TJ
Fator de Emissão de HC	26	kg/TJ
Emissão de CO	1268	kg
Emissão de NOX	463	kg
Emissão de HC	127	kg

¹ QUIRINO, W. F. et al. **Poder Calorífico da Madeira e de Resíduos Lignocelulósicos**. Biomassa & Energia. Vol. 1. p. 173-182. 2004

² SOUZA, M.C.H. et.al. **Variação da densidade a granel de cavacos de Eucalyptus saligna em função de suas dimensões e umidade**. 35º Congresso e Exposição Anual de Celulose e Papel. 2002

³ SENAI. **Poder Calorífico dos Combustíveis**. Centro Nacional de Tecnologias Limpas. 2007

⁴ VALE, A. T., BRASIL, A. A. M. & LEÃO, A. L. **Quantificação e Caracterização da Madeira e Casca de Espécies do Cerrado**. Ciência Florestal. Vol. 12. p.71-80. 2002

⁵ BEN. **Balanco Energético Nacional 2008**. Empresa de Pesquisa Energética. 2008

**ANEXO 25: CÁLCULO ESTIMATIVO DA EMISSÃO DE CO, NO_x E HC DA
UNIDADE INDUSTRIAL 4 DE CERÂMICA VERMELHA 2005/2006.**

INDÚSTRIA 4		
Consumo Médio de Serragem (mês)	2600	unidade m ³
Densidade da Serragem ^{1,2,3,4,5}	200	kg/m ³
Massa de Serragem Total (mês)	520000	kg
Poder Calorífico Inferior ^{1,2,3,4,5}	14664	kJ/kg
Energia Consumida na Atividade	7625280000	kJ
Fator de Emissão de CO	260	kg/TJ
Fator de Emissão de NO _x	95	kg/TJ
Fator de Emissão de VOC	26	kg/TJ
Emissão de CO	1983	kg
Emissão de NO _x	724	kg
Emissão de VOC	198	kg

¹ PEREIRA, S. W. **Balço de Massa da Produção de Tijolos: Introdução à Análise do Ciclo de Vida**. 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2003

² DANDAM, A. P. et. al. **Análise Numérica Comparativa de Combustíveis Utilizados em Fornos Túneis**. Cerâmica Industrial. Vol. 11. p.40-46. 2006

³ QUIRINO, W. F. et al. **Poder Calorífico da Madeira e de Resíduos Lignocelulósicos**. Biomassa & Energia. Vol. 1. p. 173-182. 2004

⁴ SENAI. **Poder Calorífico dos Combustíveis**. Centro Nacional de Tecnologias Limpas. 2007

⁵ VALE, A. T., BRASIL, A. A. M. & LEÃO, A. L. **Quantificação e Caracterização da Madeira e Casca de Espécies do Cerrado**. Ciência Florestal. Vol. 12. p.71-80. 2002

**ANEXO 26: CÁLCULO ESTIMATIVO DA EMISSÃO DE CO, NOX E HC DA
UNIDADE INDUSTRIAL 5 DE CERÂMICA VERMELHA 2005/2006.**

INDÚSTRIA 5

		unidade
Consumo de Serragem (mês)	600	m3
Densidade da Serragem ^{1,2,3,4,5}	200	kg/m3
Massa de Serragem Total (mês)	120000	kg
Poder Calorífico Inferior ^{1,2,3,4,5}	14664	kJ/kg
Energia Consumida na Atividade	1759680000	kJ
Fator de Emissão de CO	260	kg/TJ
Fator de Emissão de NOX	95	kg/TJ
Fator de Emissão de VOC	26	kg/TJ
Emissão de CO	458	kg
Emissão de NOX	167	kg
Emissão de VOC	46	kg

¹ PEREIRA, S. W. **Balanco de Massa da Produção de Tijolos: Introdução à Análise do Ciclo de Vida.** 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2003

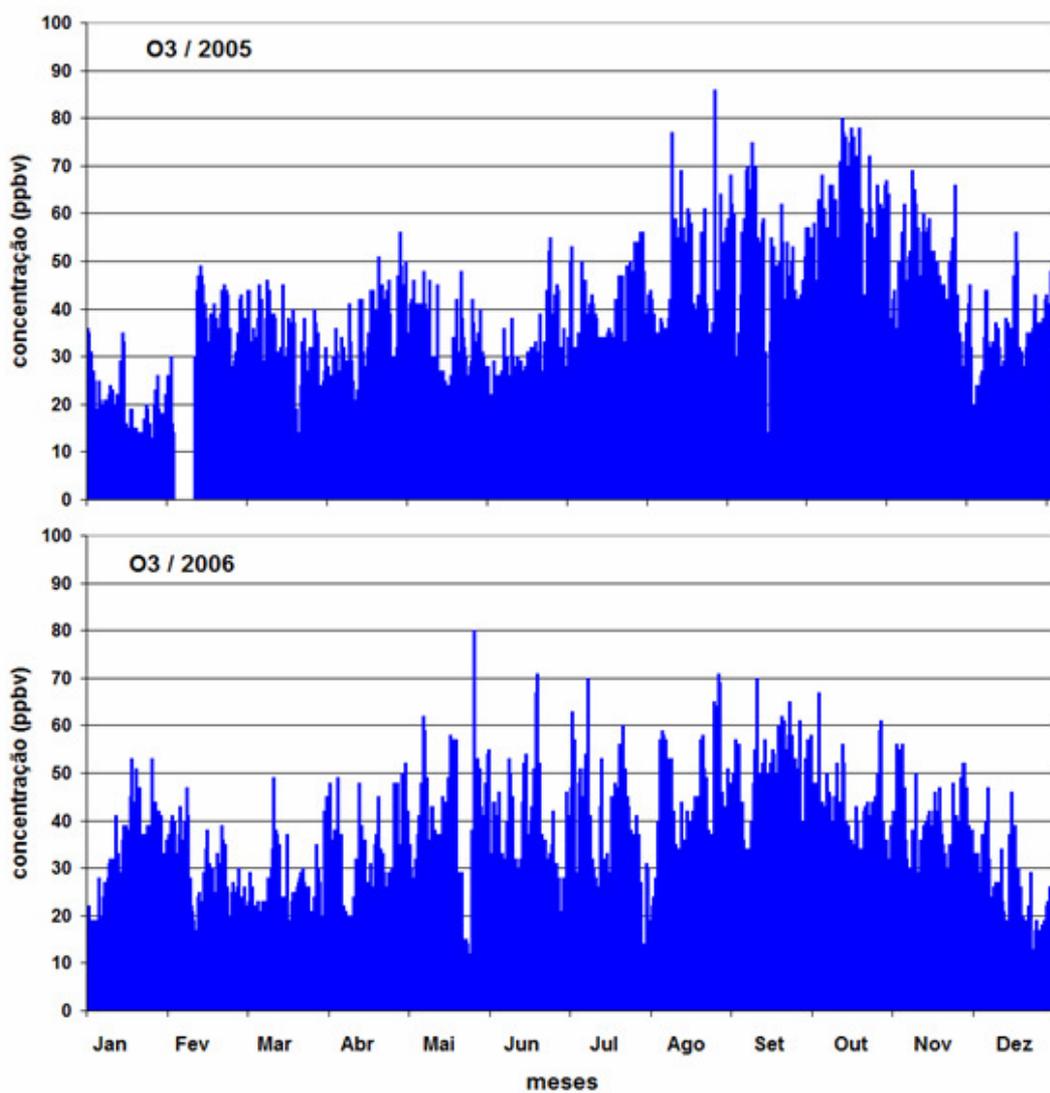
² DANDAM, A. P. et. al. **Análise Numérica Comparativa de Combustíveis Utilizados em Fornos Túneis.** Cerâmica Industrial. Vol. 11. p.40-46. 2006

³ QUIRINO, W. F. et al. **Poder Calorífico da Madeira e de Resíduos Lignocelulósicos.** Biomassa & Energia. Vol. 1. p. 173-182. 2004

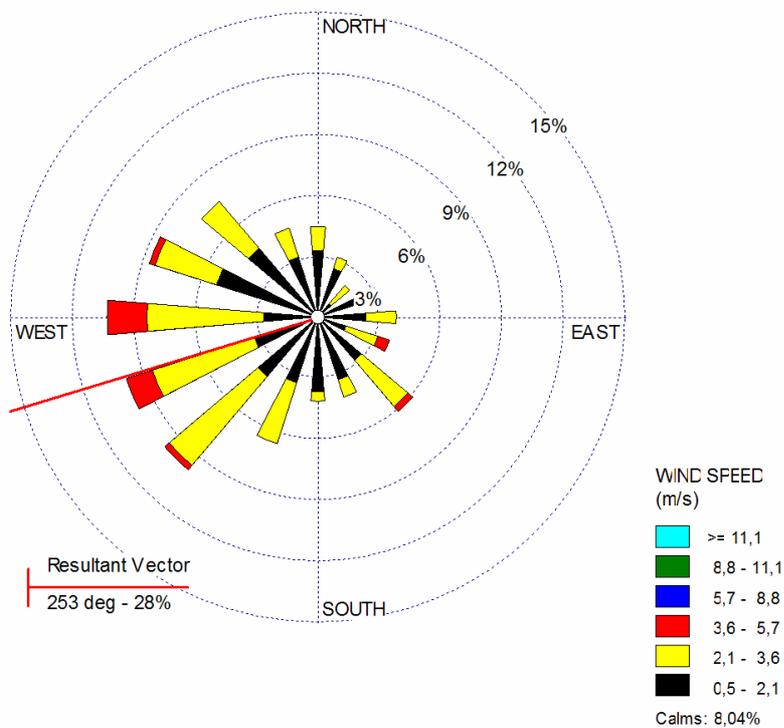
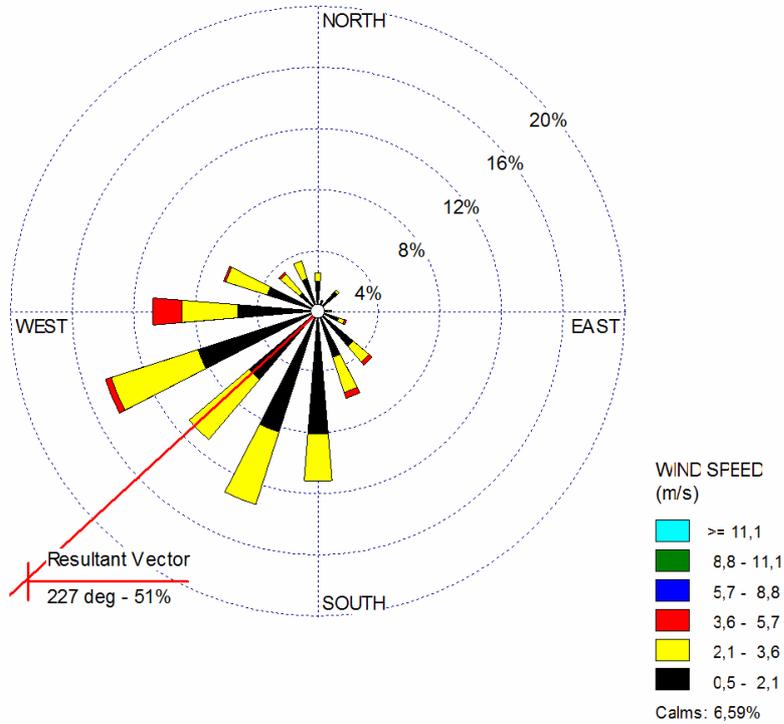
⁴ SENAI. **Poder Calorífico dos Combustíveis.** Centro Nacional de Tecnologias Limpas. 2007

⁵ VALE, A. T., BRASIL, A. A. M. & LEÃO, A. L. **Quantificação e Caracterização da Madeira e Casca de Espécies do Cerrado.** Ciência Florestal. Vol. 12. p.71-80. 2002

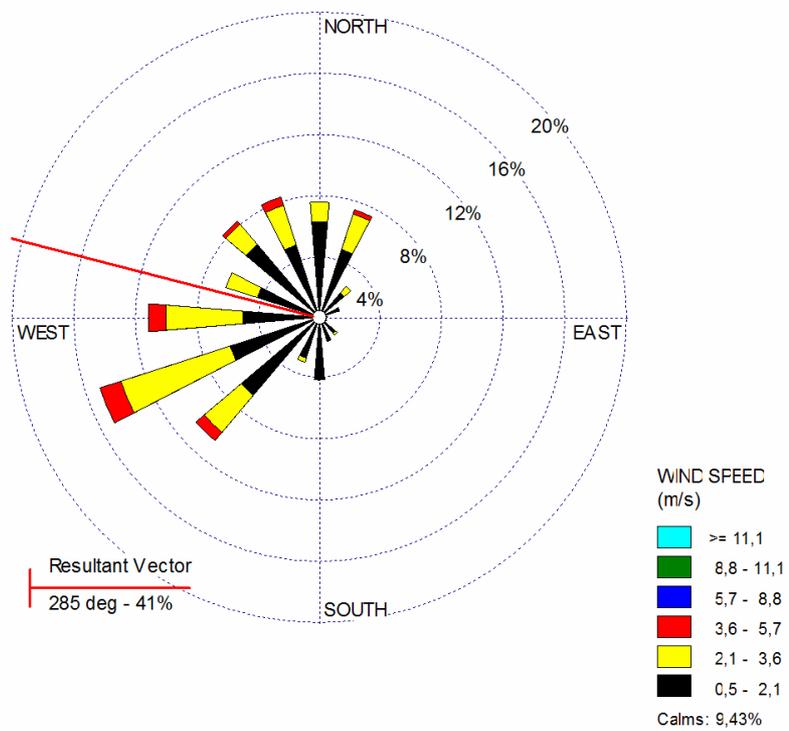
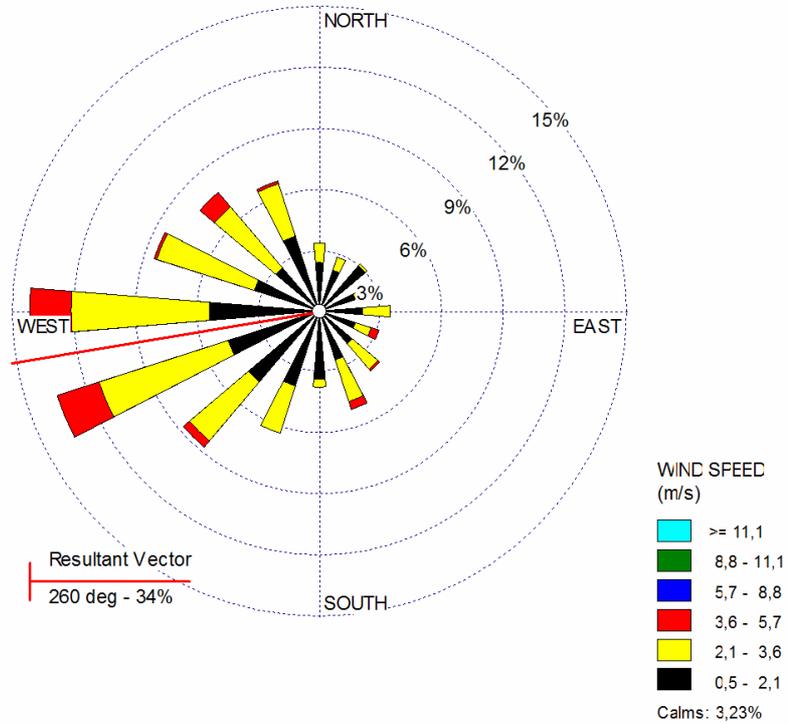
**ANEXO 27: PERFIL DE CONCENTRAÇÃO DO OZÔNIO EM TRÊS LAGOAS
2005/2006**



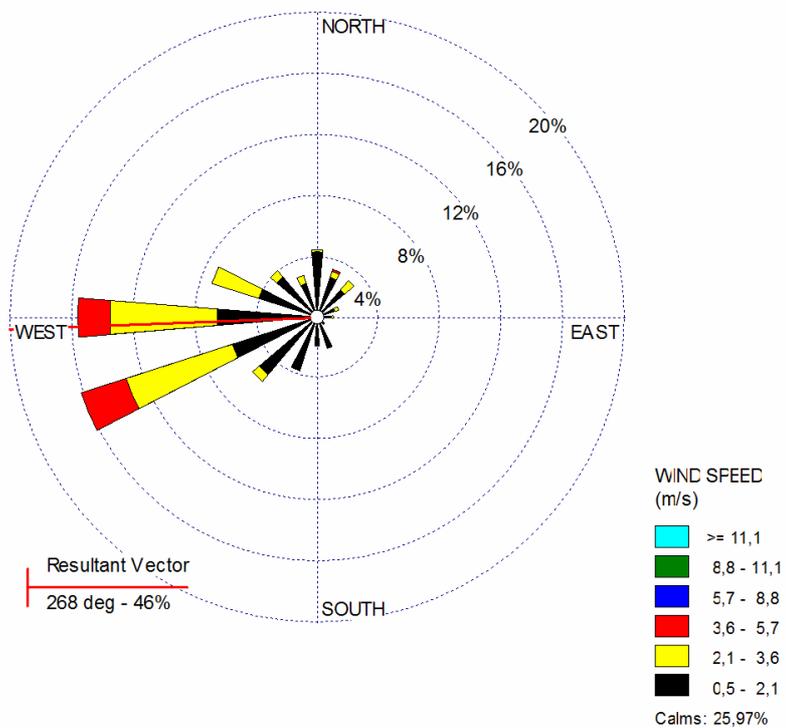
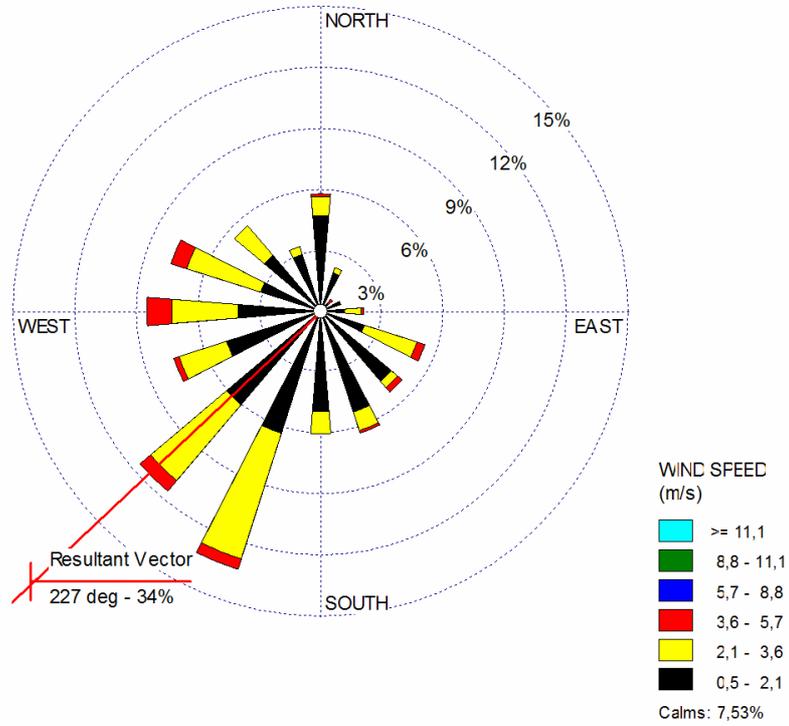
ANEXO 28: ROSA DOS VENTOS (2005) : JANEIRO E FEVEREIRO



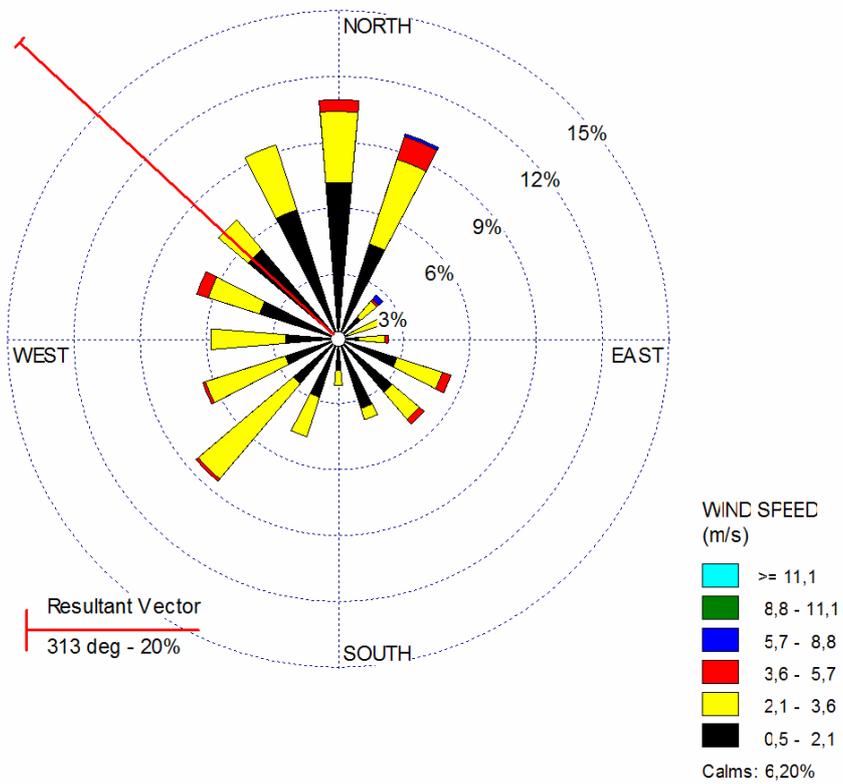
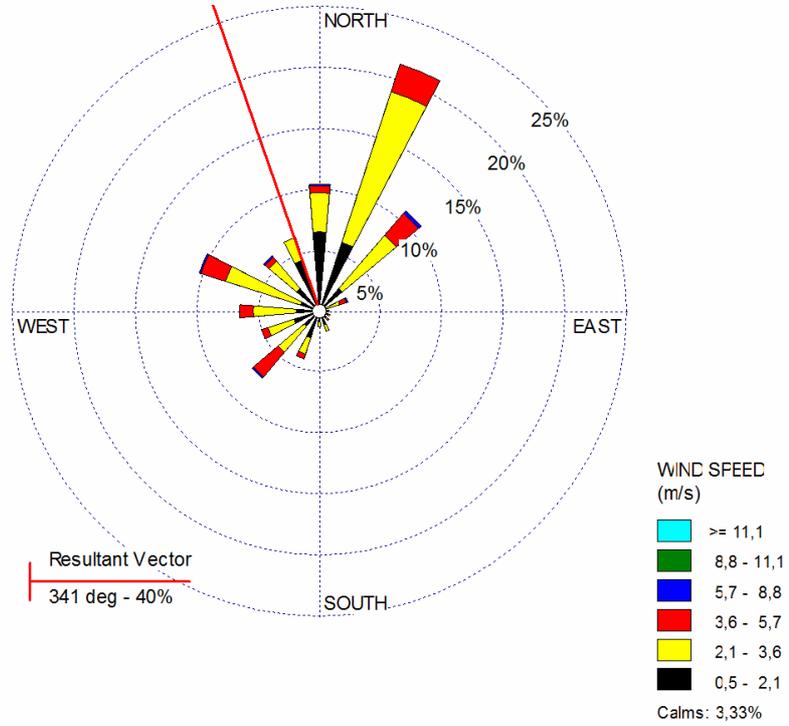
ANEXO 29: ROSA DOS VENTOS (2005) : MARÇO E ABRIL



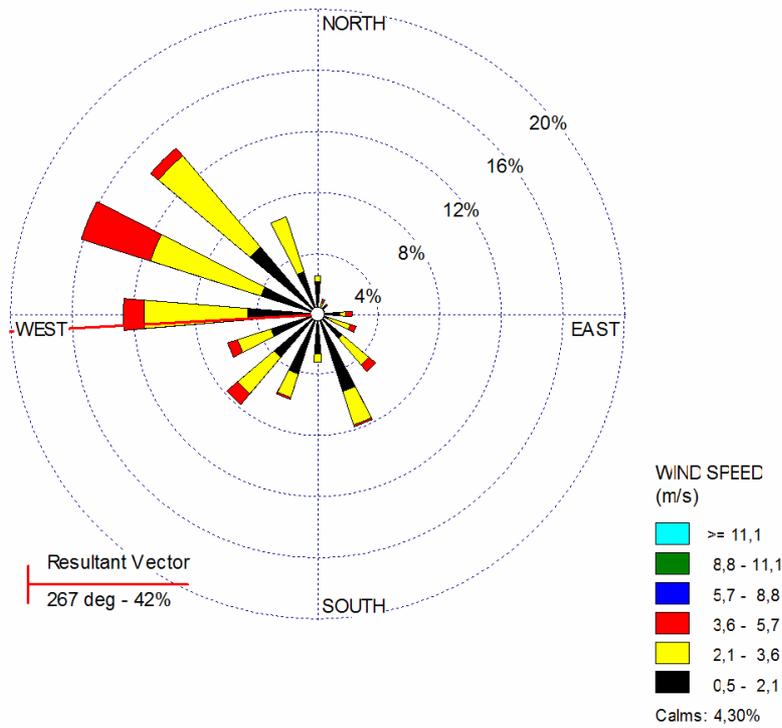
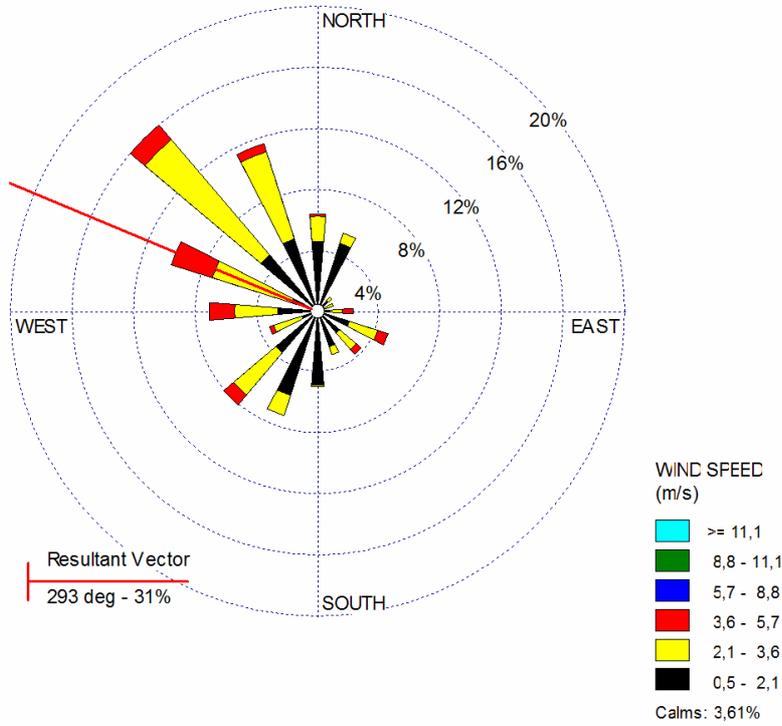
ANEXO 30: ROSA DOS VENTOS (2005) : MAIO E JUNHO



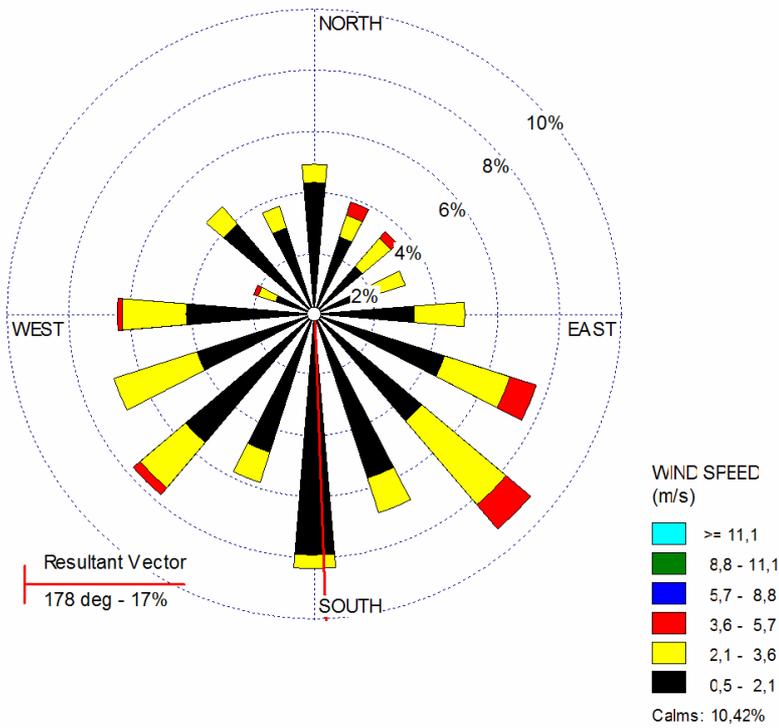
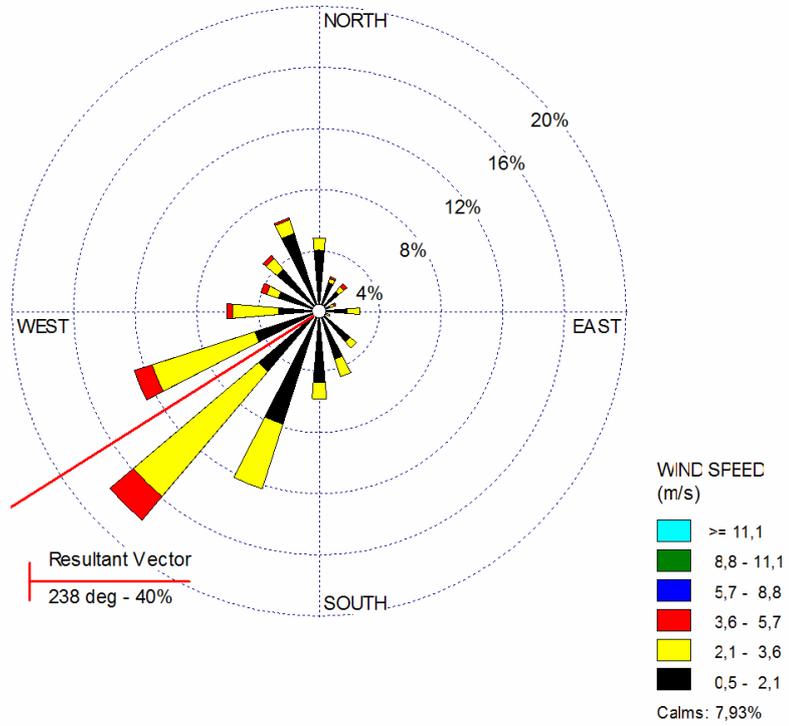
ANEXO 31: ROSA DOS VENTOS (2005) : JULHO E AGOSTO



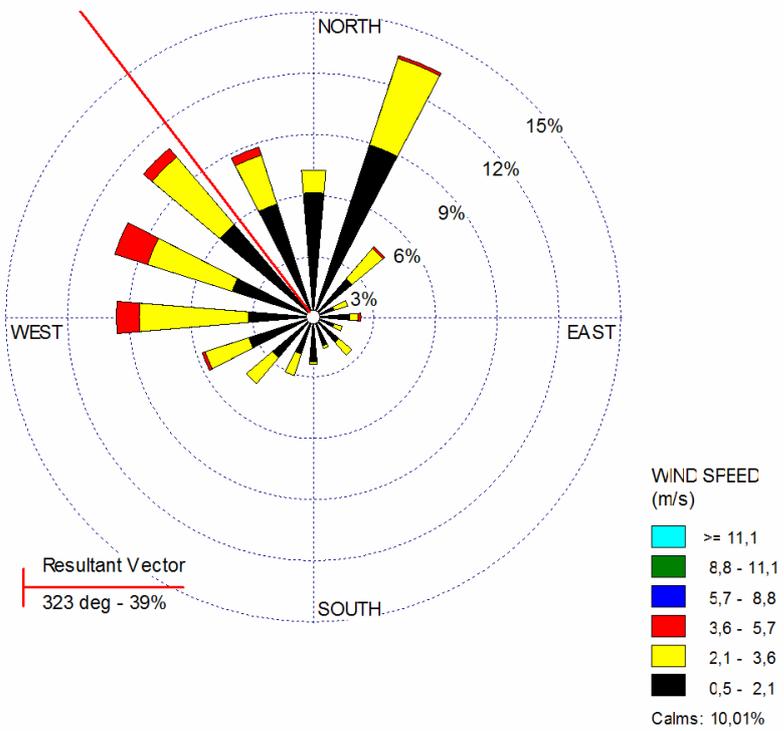
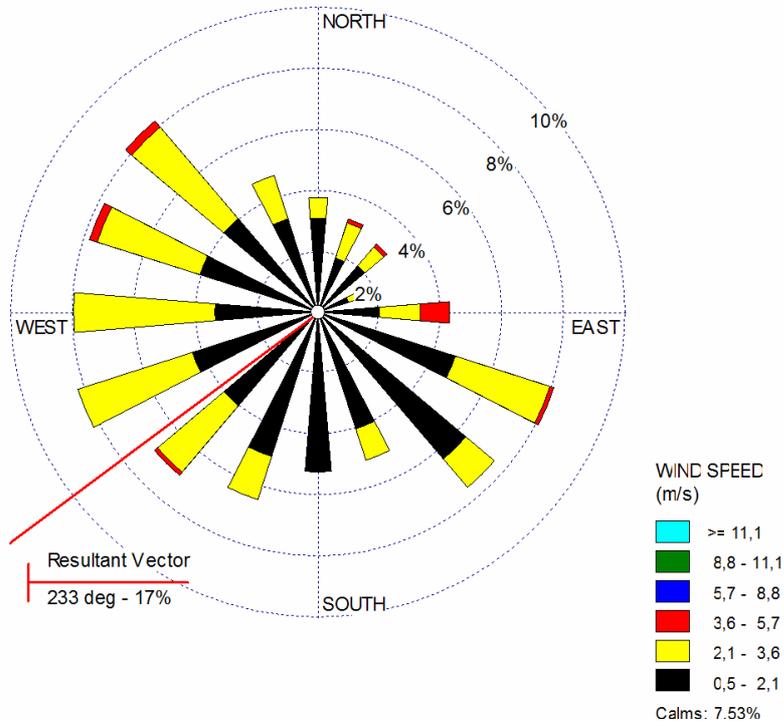
ANEXO 32: ROSA DOS VENTOS (2005) : NOVEMBRO E DEZEMBRO



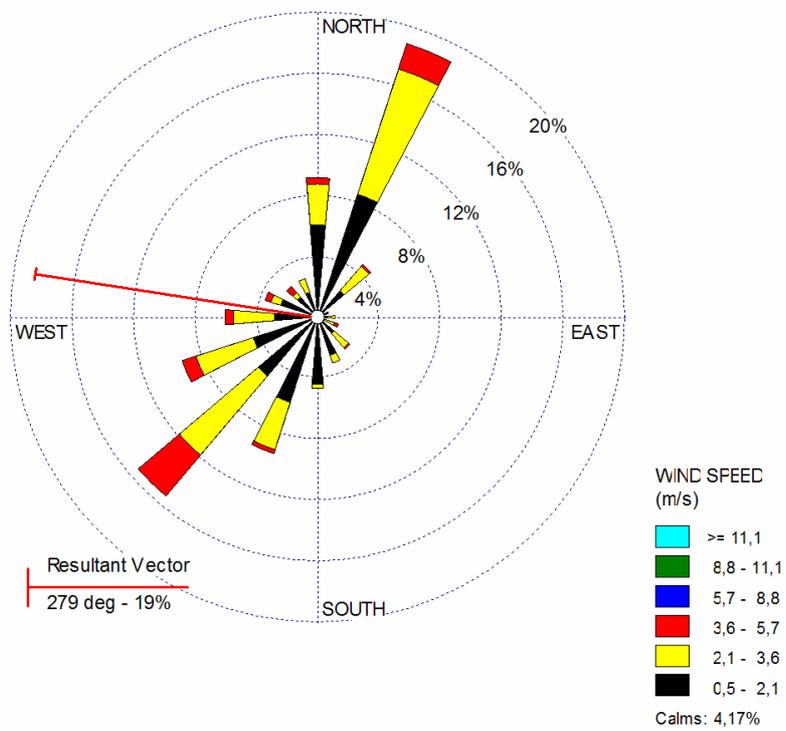
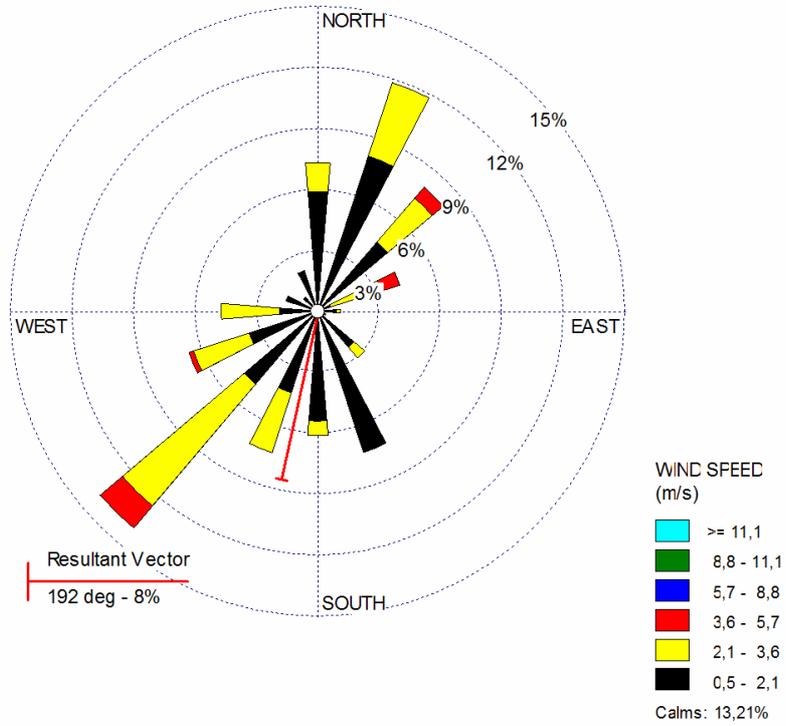
ANEXO 33: ROSA DOS VENTOS (2006) : JANEIRO E FEVEREIRO



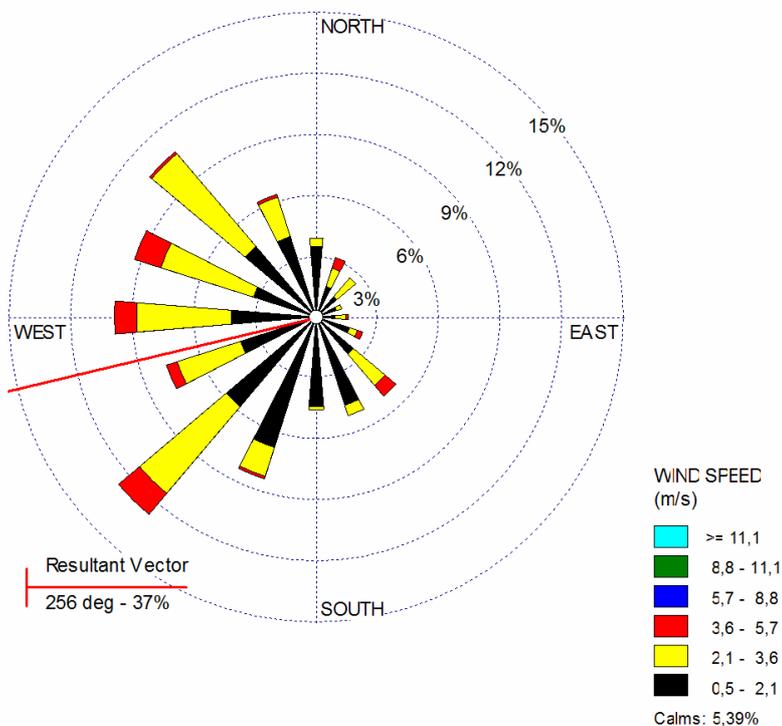
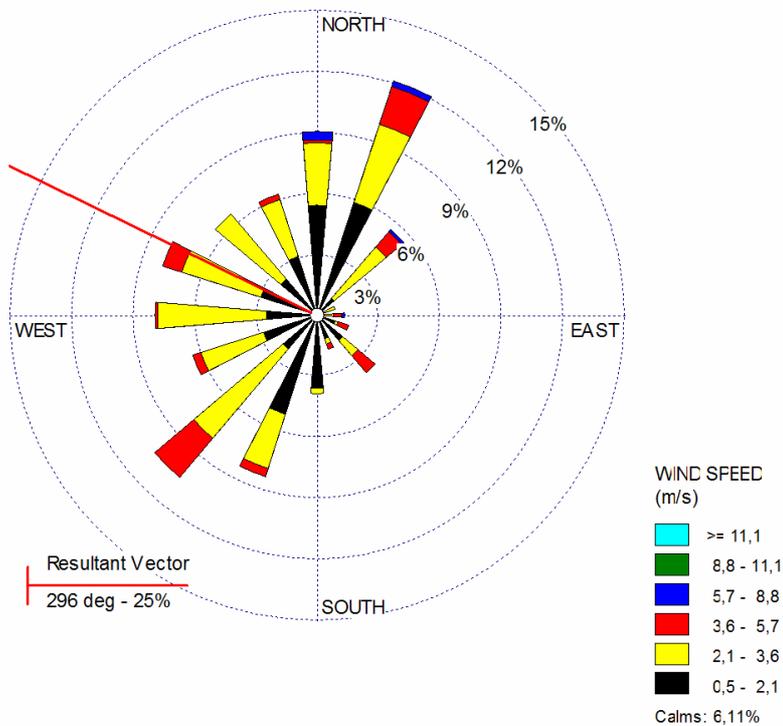
ANEXO 34: ROSA DOS VENTOS (2006) : MARÇO E ABRIL



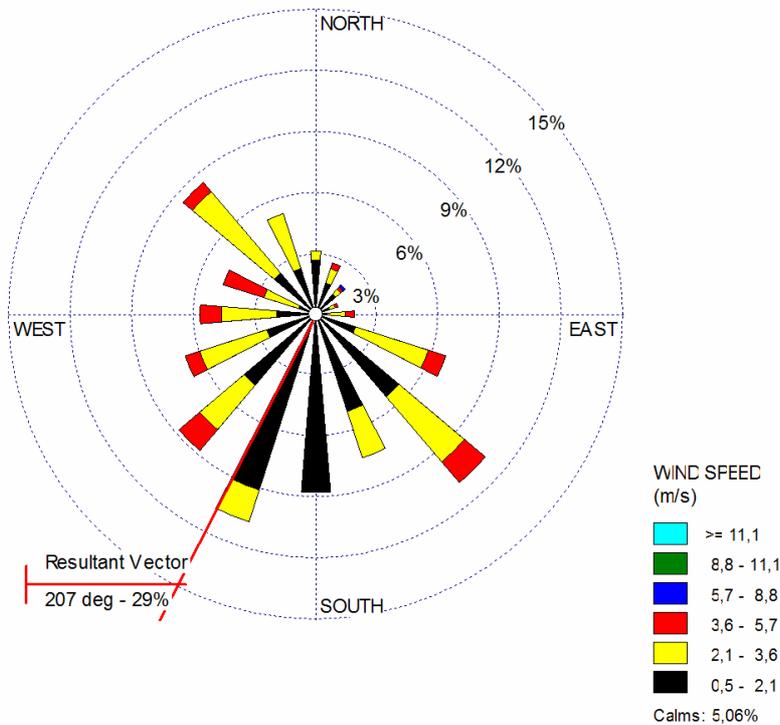
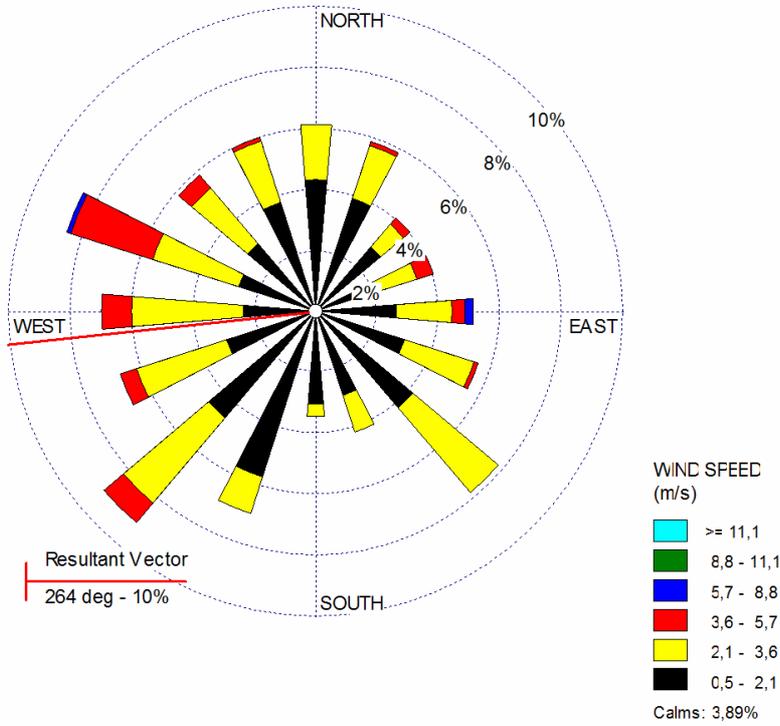
ANEXO 35: ROSA DOS VENTOS (2006) : MAIO E JUNHO



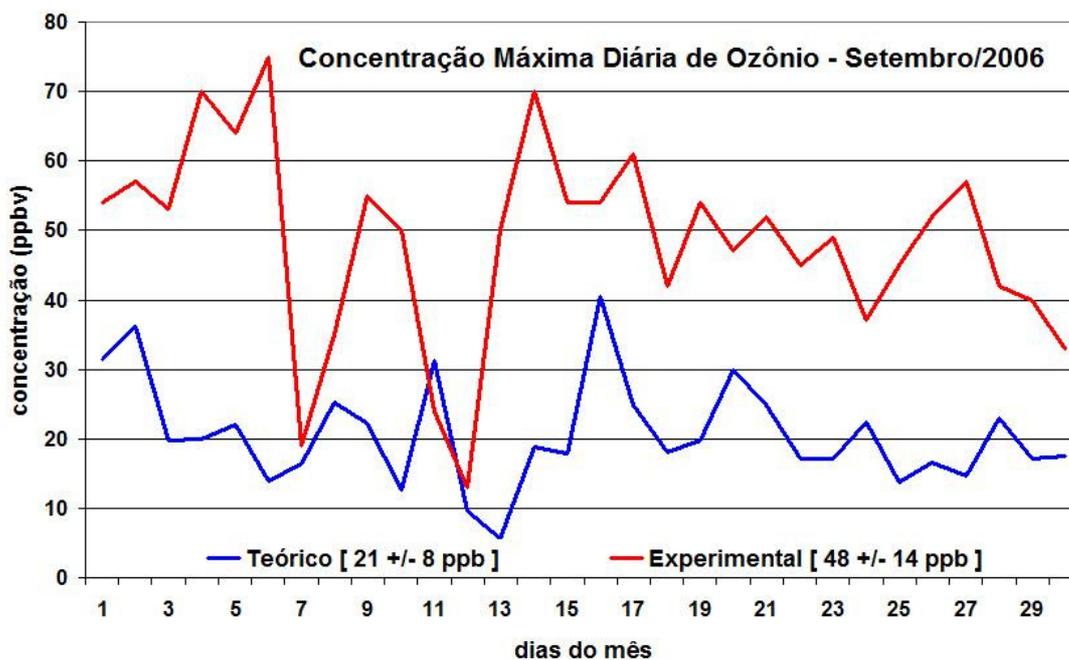
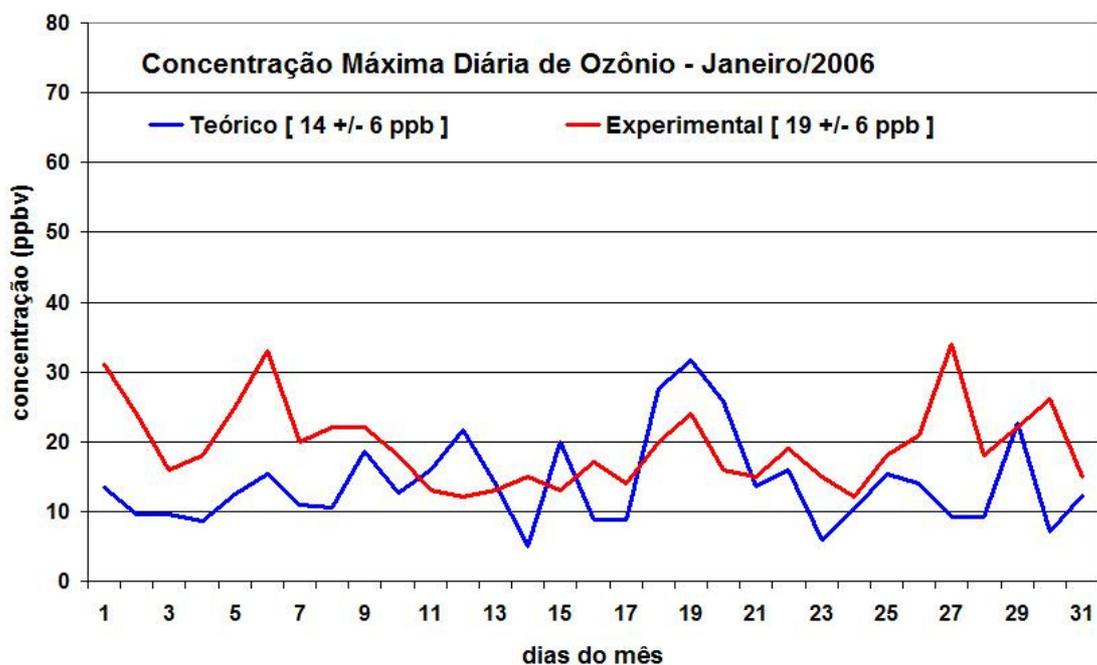
ANEXO 37: ROSA DOS VENTOS (2006) : SETEMBRO E OUTUBRO



ANEXO 38: ROSA DOS VENTOS (2006) : NOVEMBRO E DEZEMBRO



ANEXO 39: CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO 2006



ANEXO 40: ARQUIVO DE SAÍDA DO OZIPR

```

*****
*
* OZIP Program - Research Version *
*
* OZIPR *
*
* Release 1.1 *
*
* ARA/UNC *
* July, 1990 *
*
*****

```

SINGLE TRAJECTORY CALCULATION

Initial levels of emitted species subject to control:

VOC = .0500 ppmC

NOx = .0050 ppm

CO = .1250 ppm

The CHEMICAL MECHANISM file is: mecppm.cb4

Simulação da Concentração de Ozônio em Três Lagoas-MS

PHOTOLYTIC Rate Constants Calculated for

TRES LAGOAS

Latitude -20.751

Longitude 51.678

Time Zone 4

Date 9 4 2005

Time 800 TO 1800 Local Daylight Time

DILUTION Determined from the Following

Inversion Heights Initial 200. Final 1600.

Timing Start 800. Stop 1500.

MIXING Heights (at time =)

Hour 800 900 1000 1100 1200 1300 1400 1500

Height 351.5 629.0 936.4 1175.7 1336.5 1448.4 1532.7 1600.0

TEMPERATURE (at time =)

Hour	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
	1700	1800	1900	2000					
TEMP	296.0	297.0	298.0	300.0	301.0	302.0	303.0	305.0	306.0
	307.0	306.0	304.0	302.0					

PRESSURE .98 Atmosphere

WATER Concentrations (at time =)

Hour	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
	1700	1800	1900	2000					
ppm	18436.	19552.	19797.	19780.	20199.	20979.	20949.	20634.	18880.
	17880.	17428.	17798.	18648.					

RELATIVE HUMIDITY (at time =)

Hour	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
	1700	1800	1900	2000					
RH (%)	67.0	67.0	64.0	57.0	55.0	54.0	51.0	45.0	39.0
	35.0	36.0	41.0	48.0					

VOC REACTIVITY Fractions

	Initial	Transport	
VOC	Emitted	Aloft	Surface
PAR	.564	.498	.498
ETH	.037	.034	.034
OLE	.035	.020	.020
TOL	.089	.042	.042
XYL	.117	.026	.026
FORM	.021	.070	.070
ALD2	.052	.037	.037
ISOP	.000	.000	.000
NR	.085	.273	.273

NO2/NOx Ratios:

Initial emitted surface mix = .60
 Transported surface mixture = 1.00
 Transported aloft mixture = 1.00
 Hourly emissions = .05

TRANSPORTED CONCENTRATIONS

SURFACE O3 = .039 VOC = .000 NOX = .000 CO = .000 PPM

ALOFT O3 = .010 VOC = .050 NOX = .001 CO = .050 PPM

EMISSIONS Fractions

(Ratioed to initial concentrations for INITIAL MIXING HEIGHT and 298.15 K)

Hour	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Species M.W.

VOC	14.50	.101	.101	.101	.118	.101	.101	.101	.101	.118	.152
	.304										
NOX	46.00	.585	.585	.532	.585	.585	.691	.691	.638	.638	.691
	.904										
CO	28.00	.122	.112	.101	.126	.115	.108	.105	.105	.129	.161
	.360										

MASS EMISSIONS

(kg/km**2 at 298.15 K)

Hour	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	11									
Species										
VOC	1.1	1.1	1.1	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.6
	3.2									
NOX	1.9	1.9	1.8	1.9	1.9	2.3	2.3	2.1	2.1	2.3
	3.0									
CO	6.2	5.6	5.1	6.3	5.8	5.4	5.3	5.3	6.5	8.1
	18.1									

MASS Emissions Option Used. The concentrations used to convert mass emissions into emissions fractions were:

VOC = .050
 NOX = .005
 CO = .125

MECHANISM LISTING

Number of reactions = 83 Reference Temperature = 298.15 K
 Number of hv reactions = 11 Reference Pressure = .980 atm.
 Number of species = 35

RXN	Reactants	Products	Rate Constant (ppm-min units)
1	NO2	--hv--> NO + O	1.000E+00
2	O	-----> O3	4.315E+06
3	O3 + NO	-----> NO2	2.670E+01
4	O + NO2	-----> NO	1.375E+04
5	O + NO2	-----> NO3	2.307E+03
6	O + NO	-----> NO2	2.435E+03
7	O3 + NO2	-----> NO3	4.751E-02
8	O3	--hv--> O	5.300E-02
9	O3	--hv--> O1D	1.000E-03
10	O1D	-----> O	4.243E+05
11	H2O + O1D	-----> 2.000*OH	3.260E+00
12	O3 + OH	-----> HO2	1.002E+02
13	O3 + HO2	-----> OH	3.002E+00
14	NO3	--hv--> 0.890*NO2 + 0.890*O + 0.110*NO	3.390E+01
15	NO3 + NO	-----> 2.000*NO2	4.415E+04
16	NO3 + NO2	-----> NO + NO2	5.913E-01

17	NO3 + NO2	----->	N2O5	1.852E+03
18	N2O5 + H2O	----->	2.000*HNO3	1.900E-06
19	N2O5	----->	NO3 + NO2	2.827E+00
20	NO + NO	----->	2.000*NO2	1.538E-04
21	NO + NO2 + H2O	----->	2.000*HONO	1.600E-11
22	OH + NO	----->	HONO	9.785E+03
23	HONO	--hv-->	OH + NO	1.975E-01
24	OH + HONO	----->	NO2	9.770E+03
25	HONO + HONO	----->	NO + NO2	1.500E-05
26	OH + NO2	----->	HNO3	1.680E+04
27	OH + HNO3	----->	NO3	2.175E+02
28	HO2 + NO	----->	OH + NO2	1.226E+04
29	HO2 + NO2	----->	PNA	2.022E+03
30	PNA	----->	HO2 + NO2	5.203E+00
31	OH + PNA	----->	NO2	6.829E+03
32	HO2 + HO2	----->	H2O2	4.136E+03
33	HO2 + HO2 + H2O	----->	H2O2	2.160E-01
34	H2O2	--hv-->	2.000*OH	1.000E-03
35	OH + H2O2	----->	HO2	2.521E+03
36	OH + CO	----->	HO2	3.220E+02
37	FORM + OH	----->	HO2 + CO	1.500E+04
38	FORM	--hv-->	2.000*HO2 + CO	1.000E-03
39	FORM	--hv-->	CO	1.000E-03
40	FORM + O	----->	OH + HO2 + CO	2.376E+02
41	FORM + NO3	----->	HNO3 + HO2 + CO	9.300E-01
42	ALD2 + O	----->	C2O3 + OH	6.369E+02
43	ALD2 + OH	----->	C2O3	2.398E+04
44	ALD2 + NO3	----->	C2O3 + HNO3	3.700E+00
45	ALD2	--hv-->	XO2 + 2.000*HO2 + CO	
			+ FORM	1.000E-03
46	C2O3 + NO	----->	NO2 + XO2 + FORM	
			+ HO2	1.831E+04
47	C2O3 + NO2	----->	PAN	1.212E+04
48	PAN	----->	C2O3 + NO2	2.273E-02
49	C2O3 + C2O3	----->	2.000*XO2 + 2.000*FORM + 2.000*HO2	3.700E+03
50	C2O3 + HO2	----->	0.790*FORM + 0.790*XO2 + 0.790*HO2	
			+ 0.790*OH	9.600E+03
51	OH	----->	XO2 + FORM + HO2	2.106E+01
52	PAR + OH	----->	0.870*XO2 + 0.130*XO2N + 0.110*HO2	
			+ 0.110*ALD2 + 0.760*ROR - 0.110*PAR	1.203E+03
53	ROR	----->	1.100*ALD2 + 0.960*XO2 + 0.940*HO2	
			- 2.100*PAR + 0.040*XO2N + 0.020*ROR	1.389E+05
54	ROR	----->	HO2	9.545E+04
55	ROR + NO2	----->		2.200E+04
56	O + OLE	----->	0.630*ALD2 + 0.380*HO2 + 0.280*XO2	
			+ 0.300*CO + 0.200*FORM + 0.020*XO2N	
			+ 0.220*PAR + 0.200*OH	5.923E+03
57	OH + OLE	----->	FORM + ALD2 + XO2	
			+ HO2 - PAR	4.196E+04
58	O3 + OLE	----->	0.500*ALD2 + 0.740*FORM + 0.330*CO	
			+ 0.440*HO2 + 0.220*XO2 + 0.100*OH	
			- PAR	1.806E-02
59	NO3 + OLE	----->	0.910*XO2 + 0.090*XO2N + FORM	
			+ ALD2 - PAR + NO2	1.135E+01
60	O + ETH	----->	FORM + 0.700*XO2 + CO	
			+ 1.700*HO2 + 0.300*OH	1.081E+03
61	OH + ETH	----->	XO2 + 1.560*FORM + HO2	
			+ 0.220*ALD2	1.191E+04
62	O3 + ETH	----->	FORM + 0.420*CO + 0.120*HO2	2.712E-03
63	OH + TOL	----->	0.080*XO2 + 0.360*CRES + 0.440*HO2	

```

+ 0.560*TO2          9.146E+03
64 TO2 + NO    -----> 0.900*NO2 + 0.900*HO2 + 0.900*OPEN 1.200E+04
65 TO2          ----->  CRES +   HO2          2.500E+02
66 OH  + CRES   -----> 0.400*CRO + 0.600*XO2 + 0.600*HO2
+ 0.300*OPEN          6.100E+04
67 NO3 + CRES   ----->  CRO +   HNO3          3.250E+04
68 CRO + NO2    ----->          2.000E+04
69 OPEN         --hv-->  C2O3 +   HO2 +   CO 1.000E-03
70 OPEN + OH    ----->  XO2 + 2.000*CO + 2.000*HO2
+  C2O3 +   FORM          4.400E+04
71 OPEN + O3    -----> 0.030*ALD2 + 0.620*C2O3 + 0.700*FORM
+ 0.030*XO2 + 0.690*CO + 0.080*OH
+ 0.760*HO2 + 0.200*MGLY          1.501E-02
72 OH  + XYL    -----> 0.700*HO2 + 0.500*XO2 + 0.200*CRES
+ 0.800*MGLY + 1.100*PAR + 0.300*TO2 3.620E+04
73 OH  + MGLY   ----->  XO2 +   C2O3          2.600E+04
74 MGLY         --hv-->  C2O3 +   HO2 +   CO 1.000E-03
75 O  + ISOP    -----> 0.600*HO2 + 0.800*ALD2 + 0.550*OLE
+ 0.500*XO2 + 0.500*CO + 0.450*ETH
+ 0.900*PAR          2.700E+04
76 OH  + ISOP   ----->  XO2 +   FORM + 0.670*HO2
+ 0.130*XO2N +   ETH + 0.400*MGLY
+ 0.200*C2O3 + 0.200*ALD2          1.420E+05
77 O3  + ISOP   ----->  FORM + 0.400*ALD2 + 0.550*ETH
+ 0.200*MGLY + 0.100*PAR + 0.060*CO
+ 0.440*HO2 + 0.100*OH          1.800E-02
78 NO3 + ISOP   ----->  XO2N          4.700E+02
79 XO2 + NO     ----->  NO2          1.200E+04
80 XO2N + NO    ----->          1.000E+03
81 XO2 + XO2    ----->          1.996E+03
82 XO2 + XO2    ----->          8.876E+03
83 NR          ----->  NR          1.000E+00

```

KINETIC EXPRESSIONS

Units are: 1/(ppm-min)

Falloff units are always cm**3/(molec-sec)

Pressure used is .980 atmospheres.

This will affect rates for falloff and some special reactions.

$$k(1) = 1.000E+00$$

Reaction 1 uses ABSOLUTE light table L 1.

$$k(2) = 8.383E+04 * \exp(1175.0/T)$$

$$k(3) = 2.643E+03 * \exp(-1370.0/T)$$

$$k(4) = 1.375E+04$$

$$k(5) = 2.303E+02 * \exp(687.0/T)$$

$$k(6) = 3.233E+02 * \exp(602.0/T)$$

$$k(7) = 1.760E+02 * \exp(-2450.0/T)$$

$$k(8) = 5.300E-02$$

Reaction 8 uses ABSOLUTE light table L 1.

$$k(9) = 1.000E-03$$

Reaction 9 uses RELATIVE light table R 1.

$$k(10) = 1.147E+05 * \exp(390.0/T)$$

$$k(11) = 3.260E+00$$

$$k(12) = 2.344E+03 * \exp(-940.0/T)$$

$$k(13) = 2.100E+01 * \exp(-580.0/T)$$

$$k(14) = 3.390E+01$$

Reaction 14 uses ABSOLUTE light table L 1.

$$\begin{aligned}k(15) &= 1.909\text{E}+04 * \exp(250.0/T) \\k(16) &= 3.660\text{E}+01 * \exp(-1230.0/T) \\k(17) &= 7.849\text{E}+02 * \exp(256.0/T) \\k(18) &= 1.900\text{E}-06 \\k(19) &= 2.110\text{E}+16 * \exp(-10897.0/T) \\k(20) &= 2.600\text{E}-05 * \exp(530.0/T) \\k(21) &= 1.600\text{E}-11 \\k(22) &= 6.554\text{E}+02 * \exp(806.0/T) \\k(23) &= 1.975\text{E}-01\end{aligned}$$

Reaction 23 uses ABSOLUTE light table L 1.

$$\begin{aligned}k(24) &= 9.770\text{E}+03 \\k(25) &= 1.500\text{E}-05 \\k(26) &= 1.537\text{E}+03 * \exp(713.0/T) \\k(27) &= 7.600\text{E}+00 * \exp(1000.0/T) \\k(28) &= 5.482\text{E}+03 * \exp(240.0/T) \\k(29) &= 1.640\text{E}+02 * \exp(749.0/T) \\k(30) &= 2.876\text{E}+15 * \exp(-10121.0/T) \\k(31) &= 1.909\text{E}+03 * \exp(380.0/T) \\k(32) &= 8.739\text{E}+01 * \exp(1150.0/T) \\k(33) &= 7.690\text{E}-10 * \exp(5800.0/T) \\k(34) &= 1.000\text{E}-03\end{aligned}$$

Reaction 34 uses RELATIVE light table R 2.

$$\begin{aligned}k(35) &= 4.720\text{E}+03 * \exp(-187.0/T) \\k(36) &= 3.220\text{E}+02 \\k(37) &= 1.500\text{E}+04 \\k(38) &= 1.000\text{E}-03\end{aligned}$$

Reaction 38 uses RELATIVE light table R 3.

$$k(39) = 1.000\text{E}-03$$

Reaction 39 uses RELATIVE light table R 4.

$$\begin{aligned}k(40) &= 4.302\text{E}+04 * \exp(-1550.0/T) \\k(41) &= 9.300\text{E}-01 \\k(42) &= 1.739\text{E}+04 * \exp(-986.0/T) \\k(43) &= 1.037\text{E}+04 * \exp(250.0/T) \\k(44) &= 3.700\text{E}+00 \\k(45) &= 1.000\text{E}-03\end{aligned}$$

Reaction 45 uses RELATIVE light table R 5.

$$\begin{aligned}k(46) &= 7.915\text{E}+03 * \exp(250.0/T) \\k(47) &= 1.180\text{E}-04 * \exp(5500.0/T) \\k(48) &= 5.616\text{E}+18 * \exp(-14000.0/T) \\k(49) &= 3.700\text{E}+03 \\k(50) &= 9.600\text{E}+03 \\k(51) &= 6.521\text{E}+03 * \exp(-1710.0/T) \\k(52) &= 1.203\text{E}+03 \\k(53) &= 6.250\text{E}+16 * \exp(-8000.0/T) \\k(54) &= 9.545\text{E}+04 \\k(55) &= 2.200\text{E}+04 \\k(56) &= 1.756\text{E}+04 * \exp(-324.0/T) \\k(57) &= 7.740\text{E}+03 * \exp(504.0/T) \\k(58) &= 2.104\text{E}+01 * \exp(-2105.0/T) \\k(59) &= 1.135\text{E}+01 \\k(60) &= 1.540\text{E}+04 * \exp(-792.0/T) \\k(61) &= 3.000\text{E}+03 * \exp(411.0/T) \\k(62) &= 1.856\text{E}+01 * \exp(-2633.0/T) \\k(63) &= 3.106\text{E}+03 * \exp(322.0/T) \\k(64) &= 1.200\text{E}+04 \\k(65) &= 2.500\text{E}+02 \\k(66) &= 6.100\text{E}+04 \\k(67) &= 3.250\text{E}+04 \\k(68) &= 2.000\text{E}+04\end{aligned}$$

$$k(69) = 1.000E-03$$

Reaction 69 uses RELATIVE light table R 6.

$$k(70) = 4.400E+04$$

$$k(71) = 8.030E-02 * \exp(-500.0/T)$$

$$k(72) = 2.453E+04 * \exp(116.0/T)$$

$$k(73) = 2.600E+04$$

$$k(74) = 1.000E-03$$

Reaction 74 uses RELATIVE light table R 7.

$$k(75) = 2.700E+04$$

$$k(76) = 1.420E+05$$

$$k(77) = 1.800E-02$$

$$k(78) = 4.700E+02$$

$$k(79) = 1.200E+04$$

$$k(80) = 1.000E+03$$

$$k(81) = 2.550E+01 * \exp(1300.0/T)$$

$$k(82) = 1.134E+02 * \exp(1300.0/T)$$

$$k(83) = 1.000E+00$$

REFERENCE PHOTOLYSIS RATES

Temperature is: 298.15 K

Pressure is: 1.00 atm.

RXN NAME No.	Zenith Angle (deg.)					
	0	10	20	30	40	
	50	60	70	78	86	
1 NO2	5.89E-01	5.85E-01	5.71E-01	5.47E-01	5.09E-01	4.54E-01
8 O3	3.12E-02	3.10E-02	3.03E-02	2.90E-02	2.70E-02	2.40E-02
9 O3	2.71E-03	2.62E-03	2.36E-03	1.96E-03	1.46E-03	9.44E-04
14 NO3	2.00E+01	1.98E+01	1.94E+01	1.85E+01	1.73E+01	1.54E+01
23 HONO	1.16E-01	1.16E-01	1.13E-01	1.08E-01	1.01E-01	8.96E-02
34 H2O2	6.41E-04	6.35E-04	6.12E-04	5.73E-04	5.15E-04	4.36E-04
38 FORM	2.18E-03	2.14E-03	2.04E-03	1.86E-03	1.60E-03	1.27E-03
39 FORM	3.39E-03	3.35E-03	3.24E-03	3.03E-03	2.72E-03	2.30E-03
45 ALD2	3.47E-04	3.38E-04	3.14E-04	2.75E-04	2.21E-04	1.61E-04
69 OPEN	1.83E-02	1.80E-02	1.71E-02	1.56E-02	1.34E-02	1.07E-02

74 MGLY 1.95E-02 1.92E-02 1.82E-02 1.66E-02 1.43E-02
 1.14E-02 7.83E-03 4.01E-03 1.54E-03 3.83E-04

=====

The Initial TEMPERATURE is: 296.0 Degrees Kelvin
 The PRESSURE is: 1.0 Atmospheres
 The Initial MIXING HEIGHT is: 351.5
 The ERROR TOLERANCE is: 3.0E-03

 ***** 800. HOURS (LDT) *****

Total VOC (ppmC) = 5.000E-02
 Total NOx (ppm) = 5.000E-03
 Ozone (ppm) = 3.900E-02
 Last Time Step (min) = 1.000E-10

The SPECIES are:
 O3 NO CO

The CONCENTRATIONS (ppmV) at this Time are:
 3.900E-02 2.000E-03 1.250E-01

The CURRENT MIXING HEIGHT is 351.5
 The CURRENT ZENITH ANGLE is 57.8
 The CURRENT TEMPERATURE is 296.0 Degrees Kelvin

 ***** 900. HOURS (LDT) *****

Total VOC (ppmC) = 4.931E-02
 Total NOx (ppm) = 3.538E-03
 Ozone (ppm) = 2.848E-02
 Last Time Step (min) = 1.000E+01

The SPECIES are:
 O3 NO CO

The CONCENTRATIONS (ppmV) at this Time are:
 2.848E-02 1.307E-03 9.702E-02

The CURRENT MIXING HEIGHT is 629.0
 The CURRENT ZENITH ANGLE is 45.5
 The CURRENT TEMPERATURE is 296.0 Degrees Kelvin

 ***** 1000. HOURS (LDT) *****

Total VOC (ppmC) = 4.645E-02
 Total NOx (ppm) = 2.213E-03
 Ozone (ppm) = 2.882E-02
 Last Time Step (min) = 1.258E+01

The SPECIES are:

O3 NO CO

The CONCENTRATIONS (ppmV) at this Time are:

2.882E-02 7.733E-04 8.545E-02

The CURRENT MIXING HEIGHT is 936.4
 The CURRENT ZENITH ANGLE is 35.1
 The CURRENT TEMPERATURE is 298.0 Degrees Kelvin

 ***** 1100. HOURS (LDT) *****

Total VOC (ppmC) = 4.290E-02
 Total NOx (ppm) = 1.178E-03
 Ozone (ppm) = 3.426E-02
 Last Time Step (min) = 1.414E+01

The SPECIES are:

O3 NO CO

The CONCENTRATIONS (ppmV) at this Time are:

3.426E-02 3.137E-04 8.191E-02

The CURRENT MIXING HEIGHT is 1175.7
 The CURRENT ZENITH ANGLE is 28.7
 The CURRENT TEMPERATURE is 300.0 Degrees Kelvin

 ***** 1200. HOURS (LDT) *****

Total VOC (ppmC) = 4.022E-02
 Total NOx (ppm) = 8.011E-04
 Ozone (ppm) = 3.946E-02
 Last Time Step (min) = 1.414E+01

The SPECIES are:

O3 NO CO

The CONCENTRATIONS (ppmV) at this Time are:

3.946E-02 1.801E-04 8.195E-02

The CURRENT MIXING HEIGHT is 1336.5
 The CURRENT ZENITH ANGLE is 29.3
 The CURRENT TEMPERATURE is 301.0 Degrees Kelvin

 ***** 1300. HOURS (LDT) *****

Total VOC (ppmC) = 3.815E-02
 Total NOx (ppm) = 7.283E-04
 Ozone (ppm) = 4.364E-02
 Last Time Step (min) = 1.414E+01

The SPECIES are:

O3 NO CO

The CONCENTRATIONS (ppmV) at this Time are:

4.364E-02 1.482E-04 8.279E-02

The CURRENT MIXING HEIGHT is 1448.4
 The CURRENT ZENITH ANGLE is 36.4
 The CURRENT TEMPERATURE is 302.0 Degrees Kelvin

 ***** 1400. HOURS (LDT) *****

Total VOC (ppmC) = 3.662E-02
 Total NOx (ppm) = 8.086E-04
 Ozone (ppm) = 4.741E-02
 Last Time Step (min) = 1.414E+01

The SPECIES are:

O3 NO CO

The CONCENTRATIONS (ppmV) at this Time are:

4.741E-02 1.503E-04 8.383E-02

The CURRENT MIXING HEIGHT is 1532.7
 The CURRENT ZENITH ANGLE is 47.2
 The CURRENT TEMPERATURE is 303.0 Degrees Kelvin

 ***** 1500. HOURS (LDT) *****

Total VOC (ppmC) = 3.579E-02
 Total NOx (ppm) = 9.740E-04
 Ozone (ppm) = 5.058E-02
 Last Time Step (min) = 3.381E+00

The SPECIES are:

O3 NO CO

The CONCENTRATIONS (ppmV) at this Time are:

5.058E-02 1.531E-04 8.485E-02

The CURRENT MIXING HEIGHT is 1600.0
 The CURRENT ZENITH ANGLE is 59.6
 The CURRENT TEMPERATURE is 305.0 Degrees Kelvin

 ***** 1600. HOURS (LDT) *****

Total VOC (ppmC) = 3.534E-02
 Total NOx (ppm) = 1.227E-03
 Ozone (ppm) = 5.349E-02
 Last Time Step (min) = 8.391E+00

The SPECIES are:

O3 NO CO

The CONCENTRATIONS (ppmV) at this Time are:

5.349E-02 1.262E-04 8.699E-02

The CURRENT MIXING HEIGHT is 1600.0
 The CURRENT ZENITH ANGLE is 72.9
 The CURRENT TEMPERATURE is 306.0 Degrees Kelvin

 ***** 1700. HOURS (LDT) *****

Total VOC (ppmC) = 3.581E-02
 Total NOx (ppm) = 1.574E-03
 Ozone (ppm) = 5.387E-02
 Last Time Step (min) = 2.536E+00

The SPECIES are:

O3 NO CO

The CONCENTRATIONS (ppmV) at this Time are:

5.387E-02 1.693E-05 8.920E-02

The CURRENT MIXING HEIGHT is 1600.0
 The CURRENT ZENITH ANGLE is 86.7
 The CURRENT TEMPERATURE is 307.0 Degrees Kelvin

 ***** 1800. HOURS (LDT) *****

Total VOC (ppmC) = 3.676E-02
 Total NOx (ppm) = 1.841E-03
 Ozone (ppm) = 5.330E-02
 Last Time Step (min) = 4.488E+00

The SPECIES are:

O3 NO CO

The CONCENTRATIONS (ppmV) at this Time are:

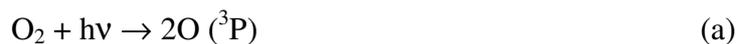
5.330E-02 2.018E-06 9.182E-02

The CURRENT MIXING HEIGHT is 1600.0
 The CURRENT ZENITH ANGLE is beyond 90.0
 The CURRENT TEMPERATURE is 306.0 Degrees Kelvin

Maximum AVERAGE Concentrations

Maximum 1 hour ave O3 = .0539 ppm centered at 1642. LDT
 Maximum 1 hour ave NO = .0014 ppm centered at 830. LDT
 Maximum 1 hour ave CO = .1092 ppm centered at 830. LDT

ANEXO 41: MECANISMOS DE FORMAÇÃO DE OZÔNIO NA ATMOSFERA

Formação de Ozônio sem a presença de NOx e HC**Formação de Ozônio com a presença de NOx****Formação de Ozônio com a presença de HC**

ANEXO 42: FORMULÁRIO DE PESQUISA APLICADO EM TRÊS LAGOAS

Formulário

1. Modelo do veículo: () Passeio () Comercial Leve () Ciclomotor

2. Ano de Fabricação: _____ Potência: _____

3. Combustível: () G () A () D () GNV () Outro

4. (Para veículo Zero-Km)

Qual a quilometragem média percorrida no primeiro ano da aquisição?

5. (Para demais veículos)

Qual a quilometragem inicial do veículo à época de sua aquisição?

6. Qual o ano da aquisição do veículo? Qual a quilometragem atual?

7. Que quilometragem média (estimada) o veículo percorre por ano (ou mês)?

8. Que tipo de pavimento e região costuma percorrer majoritariamente?

a) () Rodovia () Vias Urbanas () Vias Rurais

b) () Asfalto () Chão

9. Qual a frequência semanal (estimada) e período de uso do veículo?

a) Diário 3 dias ou menos 4 5 6

b) Dias da Semana Final de Semana

**ANEXO 43: ARQUIVO DE ENTRADA DE EMISSÃO PARA SIMULAÇÃO DE
DISPERSÃO DE POLUENTES DA PLANTA TERMOELÉTRICA – FIGURA 94**

Monóxido de Carbono

Código do Software - Data/Hora - Fonte - Emissão (g/s) - Temperatura (K) - Velocidade (m/s)

SO HOUREMIS 05 9 4 01 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 01 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 02 GT1 9.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 02 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 03 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 03 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 04 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 04 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 05 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 05 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 06 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 06 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 07 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 07 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 08 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 08 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 09 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 09 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 10 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 10 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 11 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 11 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 12 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 12 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 13 GT1 0.8 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 13 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 14 GT1 0.8 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 14 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 15 GT1 0.8 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 15 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 16 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 16 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 17 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 17 GT3 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 18 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 18 GT3 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 19 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 19 GT3 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 20 GT1 0.8 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 20 GT3 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 21 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 21 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 22 GT1 0.8 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 22 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 23 GT1 0.8 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 23 GT3 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 24 GT1 0.8 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 24 GT3 0.9 823.0 9.1

SO HOUREMIS 05 9 5 01 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 01 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 02 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 02 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 03 GT1 9.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 03 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 04 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 04 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 05 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 05 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 06 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 06 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 07 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 07 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 08 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 08 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 09 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 09 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 10 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 10 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 11 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 11 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 12 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 12 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 13 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 13 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 14 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 14 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 15 GT1 9.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 15 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 16 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 16 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 17 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 17 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 18 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 18 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 19 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 19 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 20 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 20 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 21 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 21 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 22 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 22 GT3 1.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 23 GT1 0.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 23 GT3 0.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 24 GT1 0.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 24 GT3 1.0 823.0 9.1

**ANEXO 44: ARQUIVO DE ENTRADA DE EMISSÃO PARA SIMULAÇÃO DE
DISPERSÃO DE POLUENTES DA PLANTA TERMOELÉTRICA – FIGURAS 92 E 93**

Óxidos de Nitrogênio

Código do Software - Data/Hora - Fonte - Emissão (g/s) - Temperatura (K) - Velocidade (m/s)

SO HOUREMIS 05 9 4 01 GT1 4.6 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 01 GT3 5.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 02 GT1 4.5 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 02 GT3 5.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 03 GT1 4.5 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 03 GT3 4.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 04 GT1 4.4 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 04 GT3 4.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 05 GT1 4.5 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 05 GT3 4.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 06 GT1 4.4 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 06 GT3 4.8 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 07 GT1 4.4 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 07 GT3 4.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 08 GT1 4.4 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 08 GT3 4.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 09 GT1 4.3 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 09 GT3 4.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 10 GT1 4.4 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 10 GT3 4.8 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 11 GT1 4.4 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 11 GT3 4.8 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 12 GT1 4.6 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 12 GT3 4.8 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 13 GT1 4.6 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 13 GT3 4.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 14 GT1 4.7 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 14 GT3 7.3 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 15 GT1 5.1 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 15 GT3 6.6 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 16 GT1 5.1 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 16 GT3 5.3 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 17 GT1 5.2 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 17 GT3 5.5 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 18 GT1 5.3 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 18 GT3 5.8 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 19 GT1 5.2 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 19 GT3 5.7 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 20 GT1 5.1 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 20 GT3 5.6 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 21 GT1 5.2 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 21 GT3 5.2 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 22 GT1 5.2 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 22 GT3 5.2 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 23 GT1 5.2 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 23 GT3 5.6 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 24 GT1 5.3 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 4 24 GT3 5.5 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 01 GT1 5.0 823.0 9.1

SO HOUREMIS 05 9 5 01 GT3 4.8 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 02 GT1 4.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 02 GT3 4.8 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 03 GT1 5.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 03 GT3 4.8 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 04 GT1 5.2 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 04 GT3 4.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 05 GT1 4.9 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 05 GT3 4.8 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 06 GT1 4.7 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 06 GT3 4.8 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 07 GT1 4.7 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 07 GT3 4.8 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 08 GT1 4.5 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 08 GT3 4.8 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 09 GT1 4.6 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 09 GT3 4.8 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 10 GT1 4.6 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 10 GT3 4.8 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 11 GT1 4.4 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 11 GT3 4.7 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 12 GT1 4.7 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 12 GT3 4.7 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 13 GT1 5.1 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 13 GT3 4.7 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 14 GT1 5.2 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 14 GT3 5.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 15 GT1 5.3 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 15 GT3 5.6 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 16 GT1 5.3 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 16 GT3 5.8 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 17 GT1 5.2 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 17 GT3 5.3 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 18 GT1 5.3 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 18 GT3 5.6 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 19 GT1 5.3 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 19 GT3 6.2 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 20 GT1 5.3 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 20 GT3 5.7 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 21 GT1 5.2 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 21 GT3 5.5 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 22 GT1 5.1 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 22 GT3 5.2 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 23 GT1 0.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 23 GT3 0.0 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 24 GT1 4.7 823.0 9.1
SO HOUREMIS 05 9 5 24 GT3 5.0 823.0 9.1

**ANEXO 45: ARQUIVO DE ENTRADA DE EMISSÃO PARA SIMULAÇÃO DE
DISPERSÃO DE HIDROCARBONETOS BIOGÊNICOS – FIGURAS 95 E 96**

Hidrocarbonetos Biogênicos

Código do Software - Data/Hora - Fonte - Emissão (g/s)

SO HOUREMIS 05 9 1 01 FL 1.1E-07
SO HOUREMIS 05 9 1 02 FL 1.1E-07
SO HOUREMIS 05 9 1 03 FL 1.0E-07
SO HOUREMIS 05 9 1 04 FL 9.1E-08
SO HOUREMIS 05 9 1 05 FL 8.7E-08
SO HOUREMIS 05 9 1 06 FL 8.1E-08
SO HOUREMIS 05 9 1 07 FL 7.9E-08
SO HOUREMIS 05 9 1 08 FL 3.3E-07
SO HOUREMIS 05 9 1 09 FL 6.7E-07
SO HOUREMIS 05 9 1 10 FL 1.0E-06
SO HOUREMIS 05 9 1 11 FL 1.4E-06
SO HOUREMIS 05 9 1 12 FL 1.4E-06
SO HOUREMIS 05 9 1 13 FL 1.4E-06
SO HOUREMIS 05 9 1 14 FL 1.4E-06
SO HOUREMIS 05 9 1 15 FL 1.1E-06
SO HOUREMIS 05 9 1 16 FL 4.1E-07
SO HOUREMIS 05 9 1 17 FL 1.6E-07
SO HOUREMIS 05 9 1 18 FL 1.5E-07
SO HOUREMIS 05 9 1 19 FL 6.4E-08
SO HOUREMIS 05 9 1 20 FL 5.8E-08
SO HOUREMIS 05 9 1 21 FL 5.7E-08
SO HOUREMIS 05 9 1 22 FL 5.0E-08
SO HOUREMIS 05 9 1 23 FL 4.8E-08
SO HOUREMIS 05 9 1 24 FL 4.9E-08

**ANEXO 46: ARQUIVO DE ENTRADA DE PARÂMETROS METEOROLÓGICOS PARA
SIMULAÇÃO DE DISPERSÃO DE POLUENTES – FIGURAS 92, 93 E 94**

Estação Meteorológica 1

Data/Hora - Dir.Vento (°) - Veloc. do Vento (m/s) - Temp. (K) - Altura de Mistura Rural/Urbana (m)

```

99999 2005 99999 2005
05 9 4 1 156.0000 0.6000 294.8 5 -999.0 640.0
05 9 4 2 184.0000 1.6000 295.5 5 -999.0 640.0
05 9 4 3 239.0000 2.6000 295.1 4 -999.0 810.0
05 9 4 4 235.0000 0.9000 294.6 5 -999.0 640.0
05 9 4 5 226.0000 3.1000 294.9 4 -999.0 808.0
05 9 4 6 222.0000 2.7000 295.1 4 -999.0 807.0
05 9 4 7 219.0000 3.2000 295.8 4 -999.0 806.0
05 9 4 8 210.0000 3.7000 295.9 4 -999.0 805.0
05 9 4 9 211.0000 4.3000 297.7 3 -999.0 804.0
05 9 4 10 207.0000 3.2000 298.1 3 -999.0 803.0
05 9 4 11 219.0000 4.7000 300.9 3 -999.0 802.0
05 9 4 12 224.0000 3.9000 302.1 2 -999.0 801.0
05 9 4 13 222.0000 3.7000 302.9 2 -999.0 800.0
05 9 4 14 220.0000 3.1000 304.5 2 -999.0 800.0
05 9 4 15 220.0000 3.4000 305.6 2 -999.0 800.0
05 9 4 16 150.0000 3.2000 306.6 3 -999.0 800.0
05 9 4 17 167.0000 3.0000 306.6 3 -999.0 800.0
05 9 4 18 159.0000 1.3000 305.3 4 -999.0 800.0
05 9 4 19 166.0000 0.6000 302.7 5 -999.0 780.0
05 9 4 20 117.0000 0.4000 301.4 5 -999.0 760.0
05 9 4 21 84.0000 1.9000 301.8 5 -999.0 740.0
05 9 4 22 130.0000 1.4000 301.2 5 -999.0 720.0
05 9 4 23 210.0000 0.0000 298.5 5 -999.0 700.0
05 9 4 24 248.0000 0.1000 297.0 5 -999.0 690.0
05 9 5 1 200.0000 1.0000 298.2 5 -999.0 680.0
05 9 5 2 46.0000 1.0000 297.0 5 -999.0 680.0
05 9 5 3 15.0000 1.4000 295.6 5 -999.0 680.0
05 9 5 4 33.0000 2.1000 294.8 4 -999.0 720.0
05 9 5 5 12.0000 2.1000 294.6 4 -999.0 711.0
05 9 5 6 10.0000 1.6000 294.3 4 -999.0 702.0
05 9 5 7 22.0000 0.7000 293.6 4 -999.0 693.0
05 9 5 8 41.0000 0.5000 294.9 4 -999.0 684.0
05 9 5 9 313.0000 1.3000 297.7 3 -999.0 675.0
05 9 5 10 308.0000 1.5000 299.7 3 -999.0 666.0
05 9 5 11 14.0000 1.4000 301.2 3 -999.0 657.0
05 9 5 12 345.0000 1.7000 302.8 3 -999.0 648.0
05 9 5 13 1.0000 2.6000 303.6 2 -999.0 640.0
05 9 5 14 355.0000 2.2000 304.7 2 -999.0 640.0
05 9 5 15 40.0000 1.7000 305.2 2 -999.0 640.0
05 9 5 16 11.0000 1.9000 305.4 2 -999.0 640.0
05 9 5 17 357.0000 1.9000 304.9 2 -999.0 640.0
05 9 5 18 12.0000 2.1000 303.2 4 -999.0 640.0
05 9 5 19 34.0000 1.0000 301.2 4 -999.0 651.0
05 9 5 20 5.0000 1.3000 299.5 4 -999.0 662.0
05 9 5 21 340.0000 0.7000 298.1 4 -999.0 673.0
05 9 5 22 355.0000 1.0000 297.2 4 -999.0 684.0
05 9 5 23 10.0000 1.5000 296.9 4 -999.0 695.0
05 9 5 24 23.0000 1.9000 296.3 4 -999.0 706.0

```

ANEXO 47: ARQUIVO DE ENTRADA DE PARÂMETROS METEOROLÓGICOS PARA SIMULAÇÃO DE DISPERSÃO DE POLUENTES

Estação Meteorológica 2

Data/Hora - Dir.Vento (°) - Veloc. do Vento (m/s) - Temp. (K) - Altura de Mistura Rural/Urbana (m)

```

99999 2005 99999 2005
05 9 4 1 138.0000 1.0000 295.2 5 -999.0 640.0
05 9 4 2 158.0000 2.6000 295.4 5 -999.0 640.0
05 9 4 3 231.0000 3.5000 295.2 4 -999.0 810.0
05 9 4 4 238.0000 2.7000 294.9 5 -999.0 640.0
05 9 4 5 235.0000 3.4000 295.0 4 -999.0 808.0
05 9 4 6 231.0000 4.2000 295.0 4 -999.0 807.0
05 9 4 7 228.0000 4.6000 295.6 4 -999.0 806.0
05 9 4 8 223.0000 4.1000 295.9 4 -999.0 805.0
05 9 4 9 215.0000 4.6000 297.1 3 -999.0 804.0
05 9 410 223.0000 5.3000 297.9 3 -999.0 803.0
05 9 411 217.0000 5.4000 300.1 3 -999.0 802.0
05 9 412 221.0000 5.9000 301.0 2 -999.0 801.0
05 9 413 225.0000 5.7000 301.8 2 -999.0 800.0
05 9 414 220.0000 4.7000 303.2 2 -999.0 800.0
05 9 415 224.0000 4.3000 305.0 2 -999.0 800.0
05 9 416 215.0000 3.1000 306.2 3 -999.0 800.0
05 9 417 154.0000 2.6000 307.0 3 -999.0 800.0
05 9 418 151.0000 2.2000 306.3 4 -999.0 800.0
05 9 419 157.0000 1.4000 304.2 5 -999.0 780.0
05 9 420 180.0000 1.0000 302.2 5 -999.0 760.0
05 9 421 120.0000 1.0000 301.3 5 -999.0 740.0
05 9 422 113.0000 1.7000 302.1 5 -999.0 720.0
05 9 423 94.0000 1.1000 300.6 5 -999.0 700.0
05 9 424 235.0000 0.5000 298.9 5 -999.0 690.0
05 9 5 1 223.0000 1.2000 297.6 5 -999.0 680.0
05 9 5 2 105.0000 0.7000 297.2 5 -999.0 680.0
05 9 5 3 24.0000 2.3000 296.9 5 -999.0 680.0
05 9 5 4 39.0000 2.8000 295.5 4 -999.0 720.0
05 9 5 5 25.0000 2.6000 294.9 4 -999.0 711.0
05 9 5 6 17.0000 2.4000 294.4 4 -999.0 702.0
05 9 5 7 15.0000 1.6000 294.0 4 -999.0 693.0
05 9 5 8 25.0000 1.3000 294.6 4 -999.0 684.0
05 9 5 9 323.0000 1.5000 297.2 3 -999.0 675.0
05 9 510 272.0000 1.6000 299.2 3 -999.0 666.0
05 9 511 325.0000 1.2000 301.5 3 -999.0 657.0
05 9 512 312.0000 1.2000 303.5 3 -999.0 648.0
05 9 513 16.0000 2.0000 304.5 2 -999.0 640.0
05 9 514 38.0000 2.1000 305.3 2 -999.0 640.0
05 9 515 13.0000 1.6000 305.8 2 -999.0 640.0
05 9 516 358.0000 2.0000 305.9 2 -999.0 640.0
05 9 517 343.0000 1.8000 305.5 2 -999.0 640.0
05 9 518 16.0000 2.2000 304.2 4 -999.0 640.0
05 9 519 34.0000 2.1000 302.4 4 -999.0 651.0
05 9 520 24.0000 2.2000 300.7 4 -999.0 662.0
05 9 521 12.0000 1.9000 299.0 4 -999.0 673.0
05 9 522 7.0000 1.6000 297.6 4 -999.0 684.0
05 9 523 21.0000 2.3000 297.2 4 -999.0 695.0
05 9 524 21.0000 2.7000 296.5 4 -999.0 706.0

```

**ANEXO 48: ARQUIVO DE ENTRADA DE PARÂMETROS METEOROLÓGICOS PARA
SIMULAÇÃO DE DISPERSÃO DE POLUENTES – FIGURAS 95 E 96**

Dados Hipotéticos assumidos em função das localizações da Região Urbana e Área de Reflorestamento

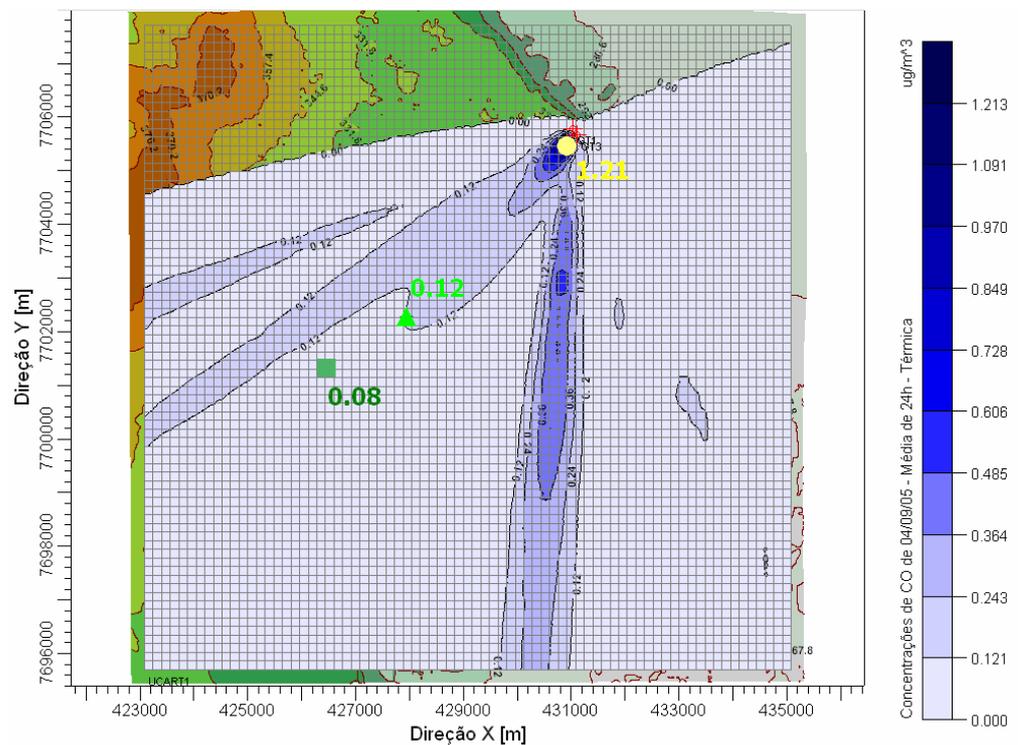
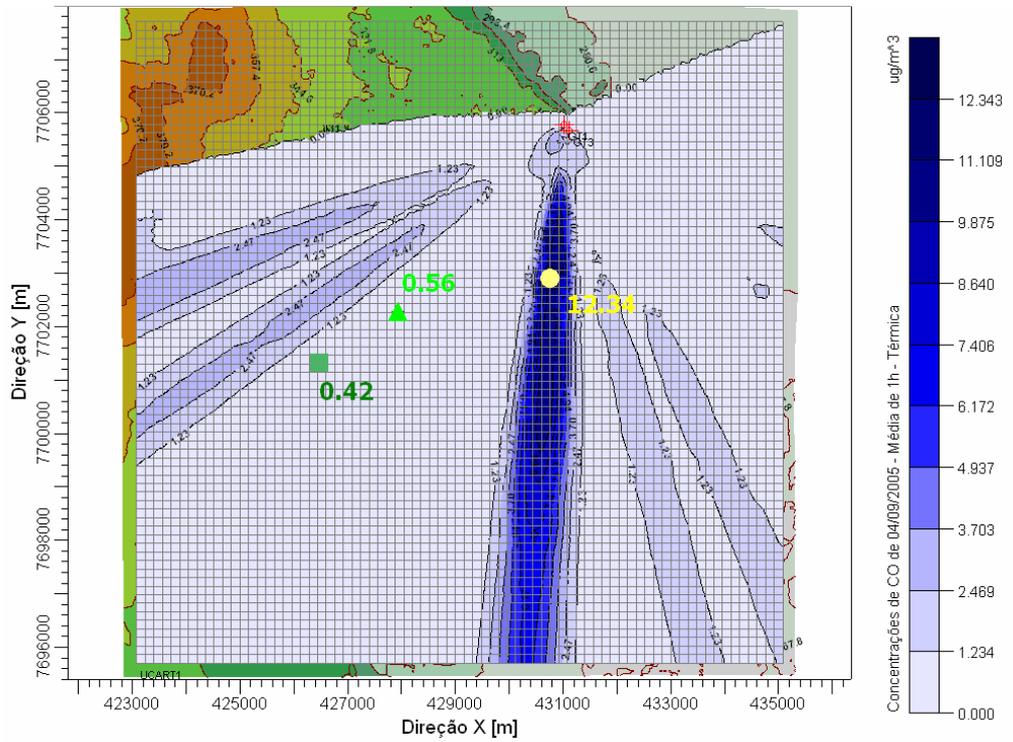
Data/Hora - Dir.Vento (°) - Veloc. do Vento (m/s) - Temp. (K) - Altura de Mistura Rural/Urbana (m)

99999	2005	99999	2005				
05 9 1 1	045.0000	1.5000	300.0	5	400.0	400.0	
05 9 1 2	045.0000	1.5000	300.0	5	400.0	400.0	
05 9 1 3	045.0000	1.5000	300.0	5	400.0	400.0	
05 9 1 4	045.0000	1.5000	300.0	5	400.0	400.0	
05 9 1 5	045.0000	1.5000	300.0	5	400.0	400.0	
05 9 1 6	045.0000	1.5000	300.0	5	400.0	400.0	
05 9 1 7	045.0000	1.5000	300.0	5	400.0	400.0	
05 9 1 8	045.0000	1.5000	300.0	5	400.0	400.0	
05 9 1 9	045.0000	1.5000	300.0	5	400.0	400.0	
05 9 110	045.0000	1.5000	300.0	5	400.0	400.0	
05 9 111	045.0000	1.5000	300.0	5	400.0	400.0	
05 9 112	045.0000	1.5000	300.0	5	400.0	400.0	
05 9 113	045.0000	1.5000	300.0	5	400.0	400.0	
05 9 114	045.0000	1.5000	300.0	5	400.0	400.0	
05 9 115	045.0000	1.5000	300.0	5	400.0	400.0	
05 9 116	045.0000	1.5000	300.0	5	400.0	400.0	
05 9 117	045.0000	1.5000	300.0	5	400.0	400.0	
05 9 118	045.0000	1.5000	300.0	5	400.0	400.0	
05 9 119	045.0000	1.5000	300.0	5	400.0	400.0	
05 9 120	045.0000	1.5000	300.0	5	400.0	400.0	
05 9 121	045.0000	1.5000	300.0	5	400.0	400.0	
05 9 122	045.0000	1.5000	300.0	5	400.0	400.0	
05 9 123	045.0000	1.5000	300.0	5	400.0	400.0	
05 9 124	045.0000	1.5000	300.0	5	400.0	400.0	

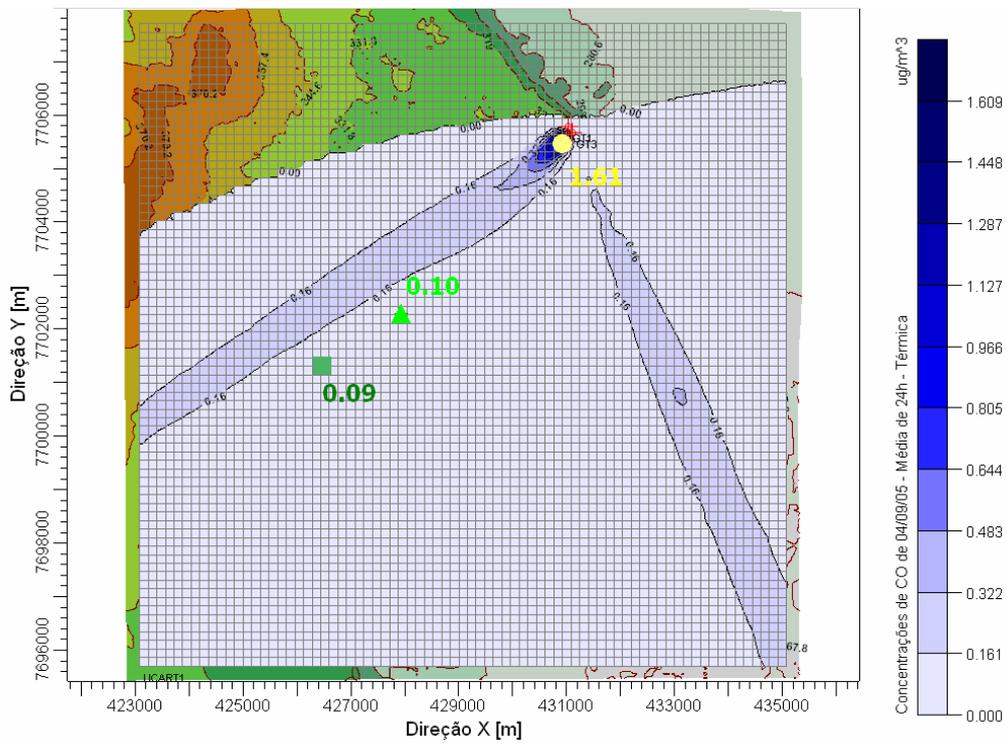
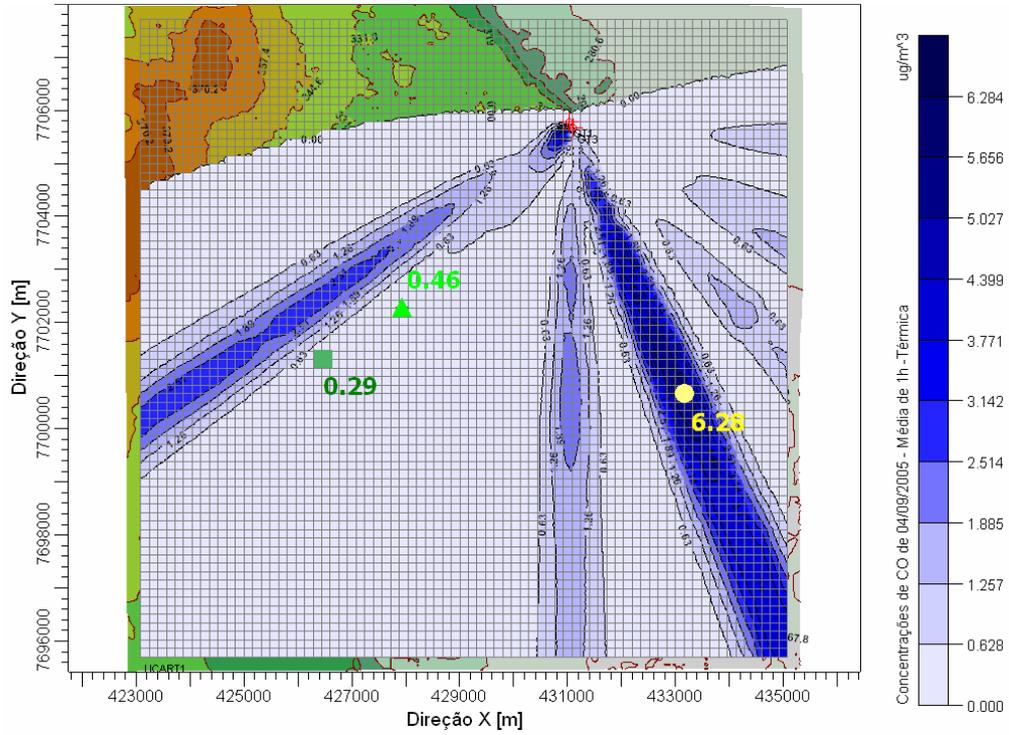
ANEXO 49: CÁLCULO ESTIMATIVO DAS EMISSÕES HORÁRIAS – USINA TERMOELÉTRICA – 04 E 05/09/2005

	Concentração (ppm)			Concentração (ug/m3)				g/h		kg/h	
	CO	O2	NOX	CO	NOX	CO	NOX	CO	NOX	CO	NOX
0	4,835	13,935	13,731	5537,042	25833,5	3543,707	16533,44	3544	16533	3,544	16,533
1	4,84	13,947	13,846	5542,768	26049,86	3547,372	16671,91	3547	16672	3,547	16,672
2	4,812	13,946	14,16	5510,702	26640,62	3526,85	17050	3527	17050	3,527	17,05
3	4,808	13,943	14,286	5506,122	26877,68	3523,918	17201,72	3524	17202	3,524	17,202
4	4,805	13,924	14,281	5502,686	26868,27	3521,719	17195,69	3522	17196	3,522	17,196
5	4,799	13,926	14,393	5495,815	27078,99	3517,321	17330,55	3517	17331	3,517	17,331
6	4,798	13,928	14,529	5494,67	27334,86	3516,589	17494,31	3517	17494	3,517	17,494
7	4,781	13,929	14,613	5475,201	27492,9	3504,129	17595,45	3504	17595	3,504	17,595
8	4,785	13,914	15,256	5479,782	28702,64	3507,06	18369,69	3507	18370	3,507	18,37
9	4,831	13,927	15,787	5532,461	29701,66	3540,775	19009,06	3541	19009	3,541	19,009
10	4,828	13,935	15,825	5529,026	29773,16	3538,576	19054,82	3539	19055	3,539	19,055
11	4,83	13,949	15,916	5531,316	29944,36	3540,042	19164,39	3540	19164	3,54	19,164
12	4,821	13,957	16,006	5521,009	30113,69	3533,446	19272,76	3533	19273	3,533	19,273
13	4,827	13,968	15,956	5527,88	30019,62	3537,843	19212,56	3538	19213	3,538	19,213
14	4,828	13,974	15,999	5529,026	30100,52	3538,576	19264,33	3539	19264	3,539	19,264
15	4,819	13,985	15,866	5518,719	29850,29	3531,98	19104,19	3532	19104	3,532	19,104
16	4,79	13,947	15,991	5485,508	30085,47	3510,725	19254,7	3511	19255	3,511	19,255
17	4,774	13,926	16,104	5467,185	30298,07	3498,998	19390,76	3499	19391	3,499	19,391
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	4,785	13,923	16,138	5479,782	30362,03	3507,06	19431,7	3507	19432	3,507	19,432
20	4,777	13,92	16,063	5470,62	30220,93	3501,197	19341,39	3501	19341	3,501	19,341
21	4,78	13,92	16,044	5474,056	30185,18	3503,396	19318,52	3503	19319	3,503	19,319
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	4,793	13,903	15,317	5488,944	28817,4	3512,924	18443,14	3513	18443	3,513	18,443
0	4,792	13,9	15,209	5487,798	28614,21	3512,191	18313,1	3512	18313	3,512	18,313
1	4,804	13,903	15,167	5501,541	28535,19	3520,986	18262,52	3521	18263	3,521	18,263
2	4,791	13,901	15,326	5486,653	28834,34	3511,458	18453,98	3511	18454	3,511	18,454
3	4,783	13,905	15,358	5477,492	28894,54	3505,595	18492,51	3506	18493	3,506	18,493
4	4,785	13,904	15,349	5479,782	28877,61	3507,06	18481,67	3507	18482	3,507	18,482
5	4,781	13,905	15,373	5475,201	28922,76	3504,129	18510,57	3504	18511	3,504	18,511
6	4,772	13,911	15,374	5464,894	28924,64	3497,532	18511,77	3498	18512	3,498	18,512
7	4,771	13,918	15,342	5463,749	28864,44	3496,799	18473,24	3497	18473	3,497	18,473
8	4,751	13,918	15,538	5440,845	29233,19	3482,141	18709,24	3482	18709	3,482	18,709
9	4,754	13,92	15,423	5444,281	29016,83	3484,34	18570,77	3484	18571	3,484	18,571
10	4,749	13,919	15,476	5438,555	29116,55	3480,675	18634,59	3481	18635	3,481	18,635
11	4,731	13,924	15,575	5417,941	29302,81	3467,482	18753,8	3467	18754	3,467	18,754
12	4,716	13,929	15,745	5400,763	29622,64	3456,488	18958,49	3456	18958	3,456	18,958
13	4,721	13,937	15,898	5406,489	29910,5	3460,153	19142,72	3460	19143	3,46	19,143
14	4,73	13,96	16,11	5416,796	30309,35	3466,749	19397,99	3467	19398	3,467	19,398
15	4,758	13,968	16,028	5448,862	30155,08	3487,271	19299,25	3487	19299	3,487	19,299
16	4,767	13,983	16,054	5459,168	30204	3493,868	19330,56	3494	19331	3,494	19,331
17	4,752	13,991	16,302	5441,99	30670,58	3482,874	19629,17	3483	19629	3,483	19,629
18	4,724	13,992	16,197	5409,925	30473,04	3462,352	19502,74	3462	19503	3,462	19,503
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	4,701	13,969	16,004	5383,585	30109,93	3445,495	19270,35	3445	19270	3,445	19,27
21	4,703	13,96	15,968	5385,876	30042,2	3446,96	19227	3447	19227	3,447	19,227
22	4,699	13,958	16,008	5381,295	30117,45	3444,029	19275,17	3444	19275	3,444	19,275
23	4,706	13,956	0	5389,311	0	3449,159	0	3449	0	3,449	0

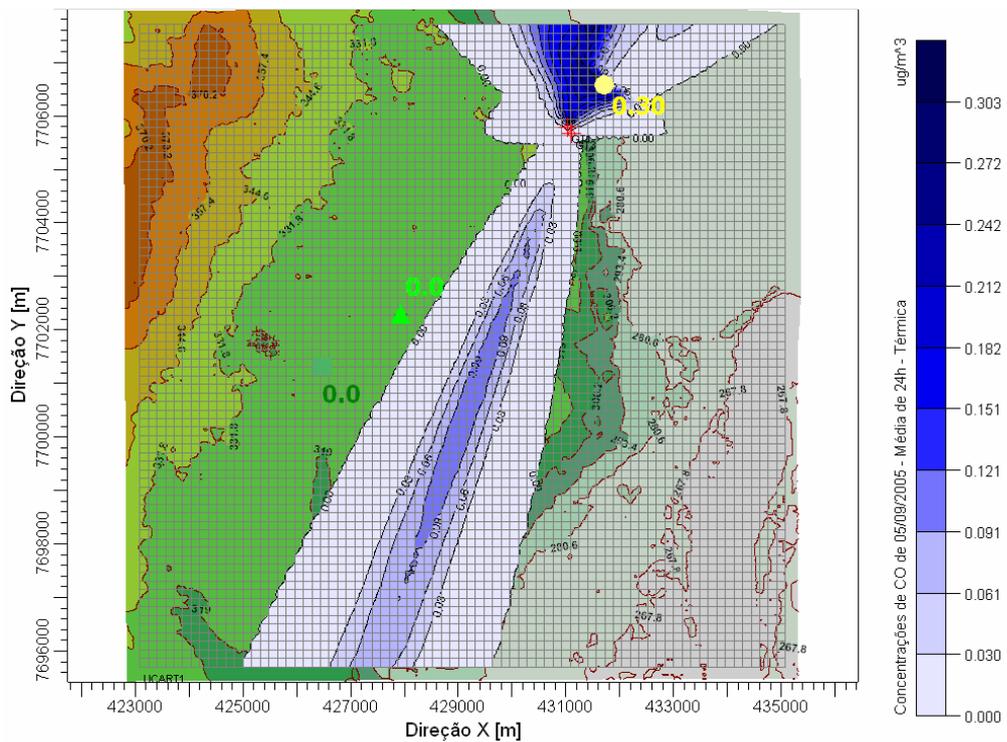
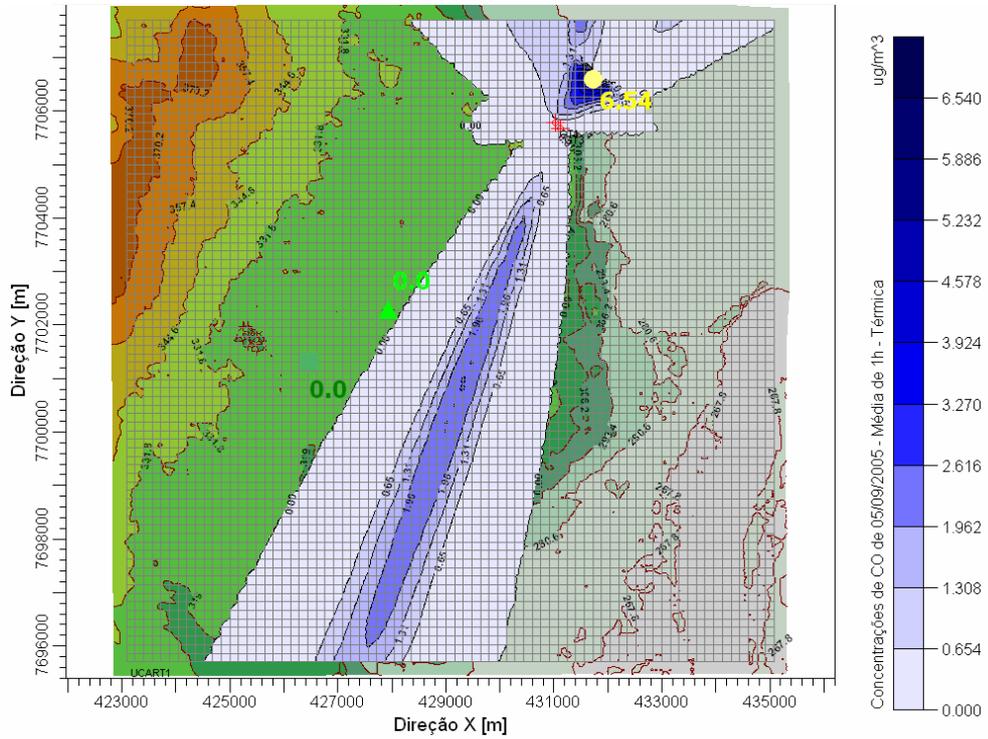
ANEXO 50: GRÁFICOS ADICIONAIS DE SIMULAÇÃO DA DISPERSÃO DE POLUENTES (CO) – USINA TERMOELÉTRICA – 04/09/2005 – ESTAÇÃO 1



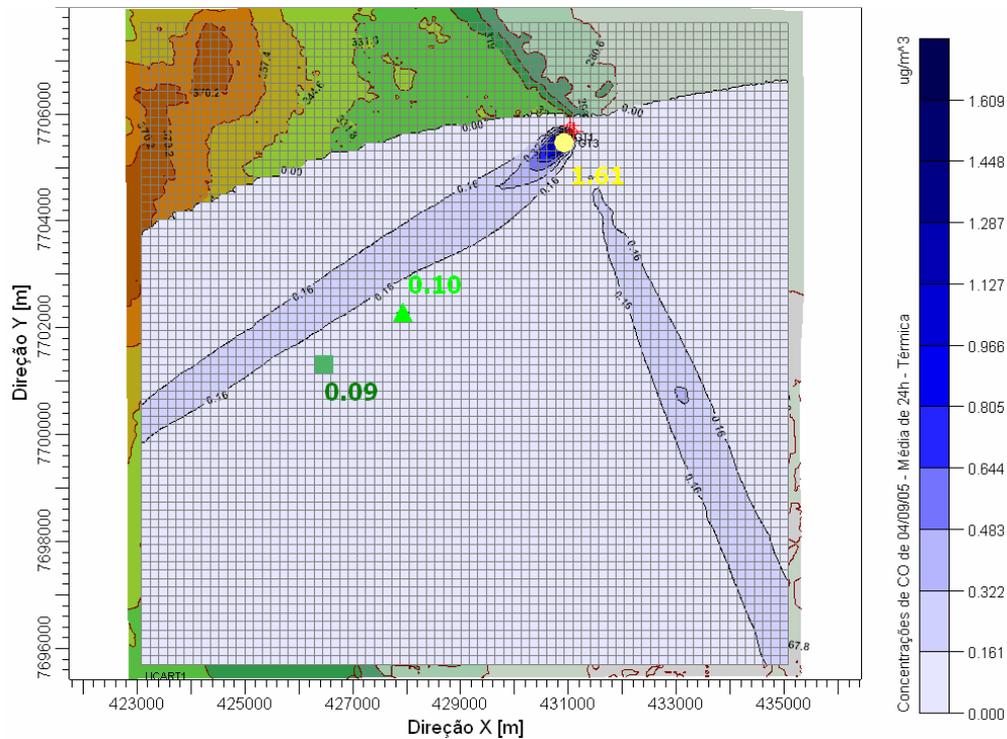
ANEXO 51: GRÁFICOS ADICIONAIS DE SIMULAÇÃO DA DISPERSÃO DE POLUENTES (CO) – USINA TERMOELÉTRICA – 04/09/2005 – ESTAÇÃO 2



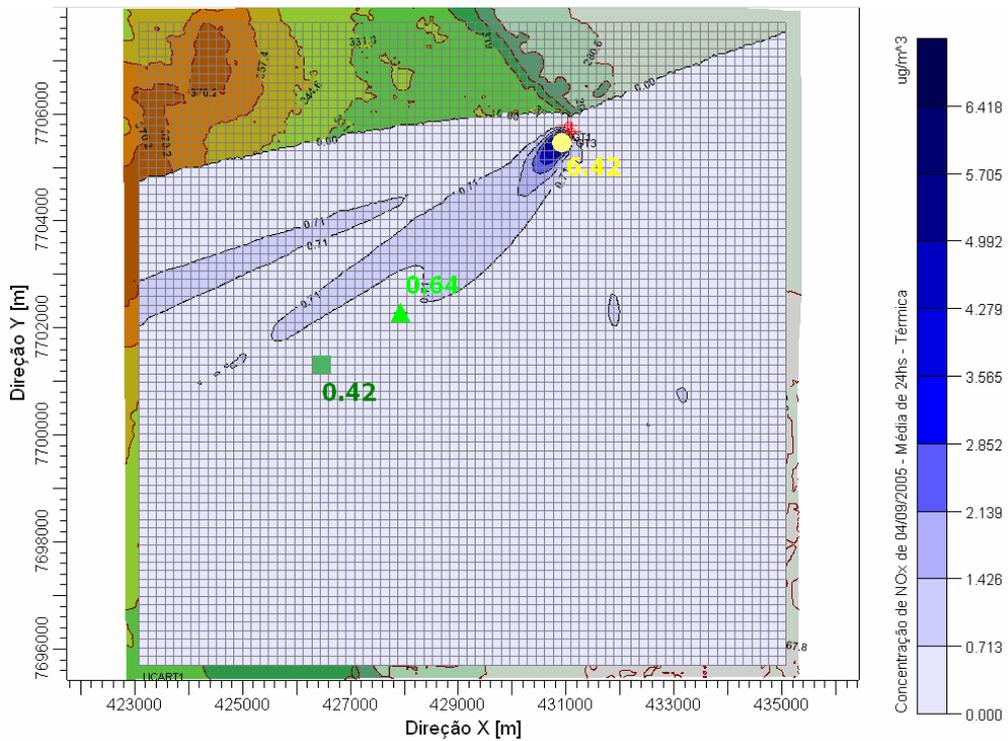
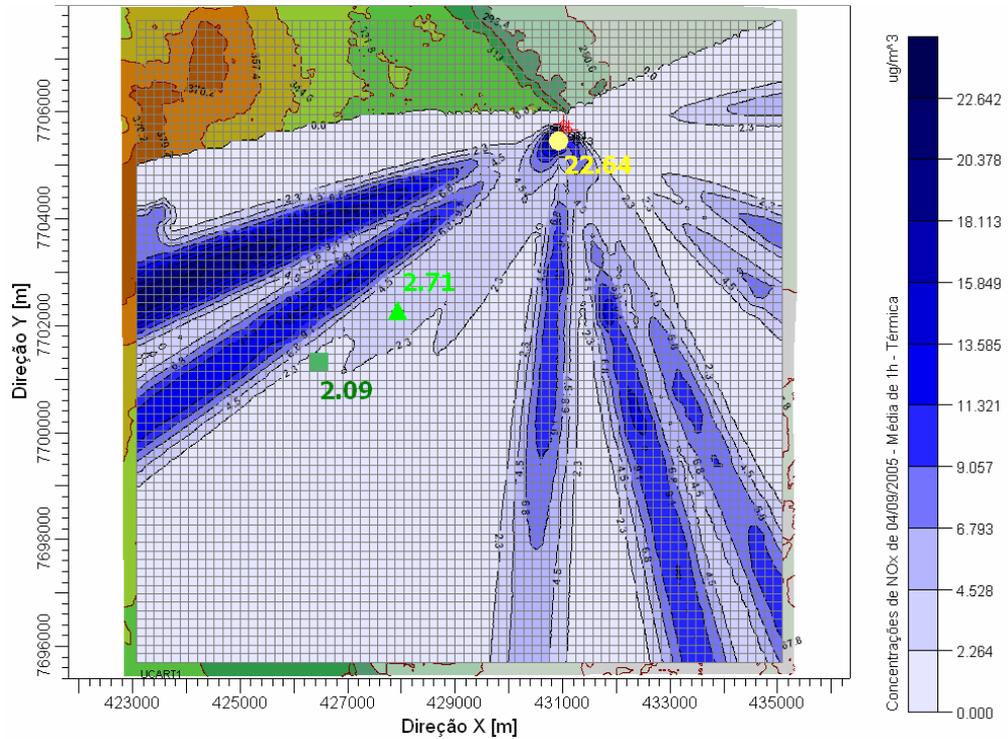
ANEXO 52: GRÁFICOS ADICIONAIS DE SIMULAÇÃO DA DISPERSÃO DE POLUENTES (CO) – USINA TERMOELÉTRICA – 05/09/2005 – ESTAÇÃO 1



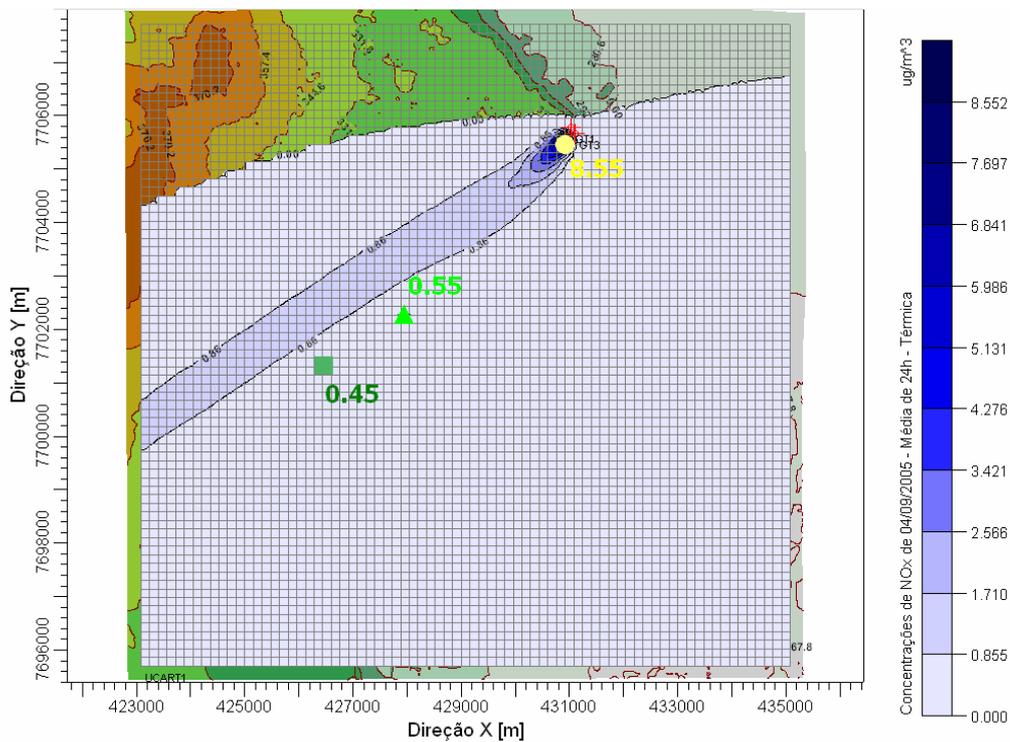
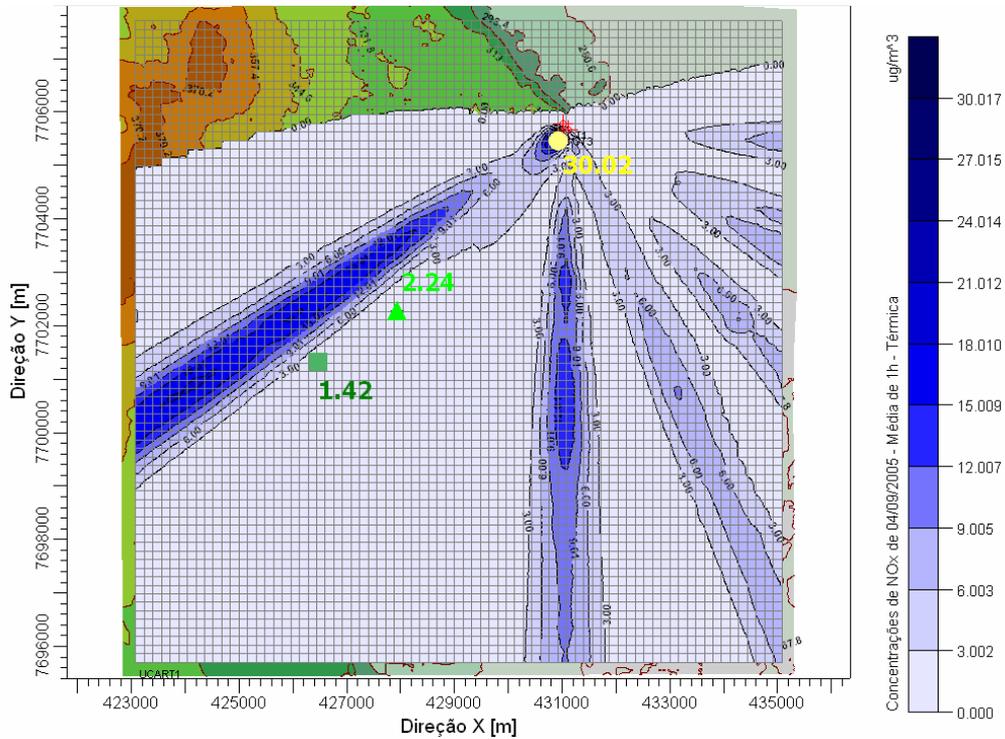
ANEXO 53: GRÁFICOS ADICIONAIS DE SIMULAÇÃO DA DISPERSÃO DE POLUENTES (CO) – USINA TERMOELÉTRICA – 05/09/2005 – ESTAÇÃO 2



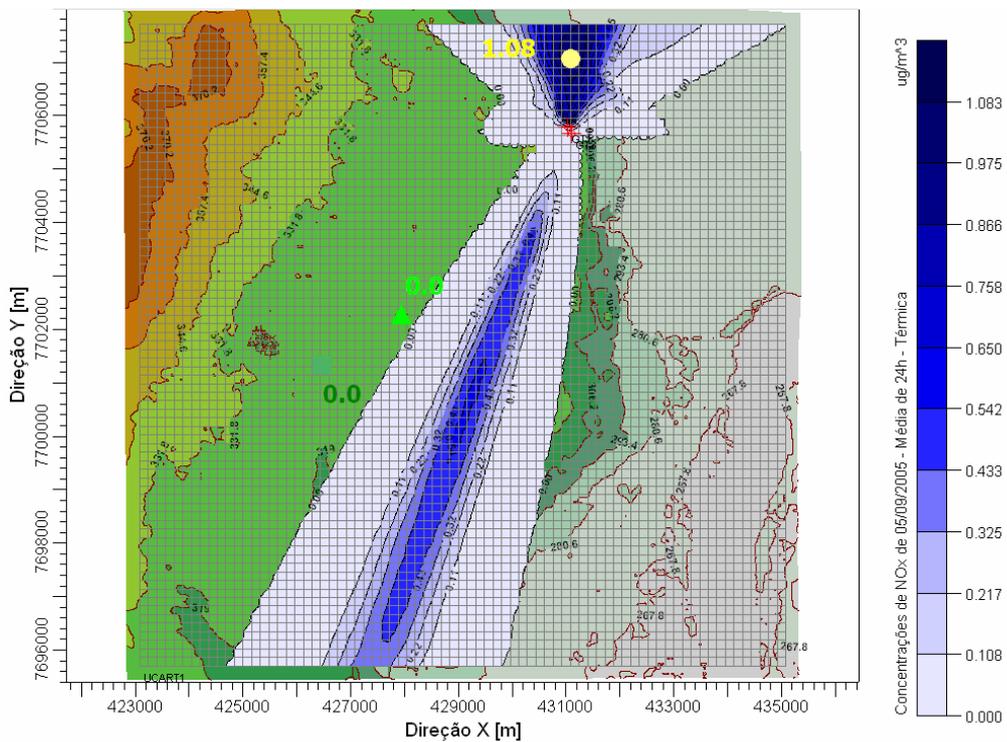
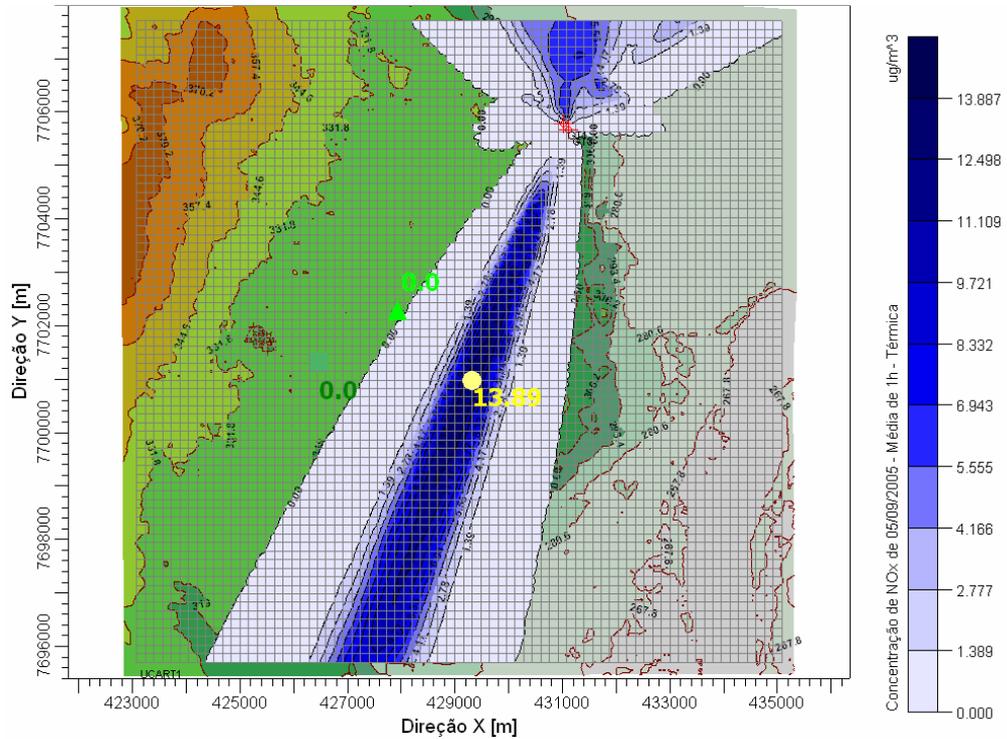
ANEXO 54: GRÁFICOS ADICIONAIS DE SIMULAÇÃO DA DISPERSÃO DE POLUENTES (NO_x) – USINA TERMOELÉTRICA – 04/09/2005 – ESTAÇÃO 1



ANEXO 55: GRÁFICOS ADICIONAIS DE SIMULAÇÃO DA DISPERSÃO DE POLUENTES (NO_x) – USINA TERMOELÉTRICA – 04/09/2005 – ESTAÇÃO 2



ANEXO 56: GRÁFICOS ADICIONAIS DE SIMULAÇÃO DA DISPERSÃO DE POLUENTES (NO_x) – USINA TERMOELÉTRICA – 05/09/2005 – ESTAÇÃO 1



ANEXO 57: IMAGENS DA REGIÃO ONDE ESTÁ LOCALIZADA A ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR EM TRÊS LAGOAS (01/06/2005)



Vista da Estação de Monitoramento da Qualidade do Ar Atmosférico e Parâmetros Meteorológicos.



SENAI, onde está situada a Estação de Monitoramento, acesso pela Rua José Hamilcar Congro Bastos

Perfil típico da Região Urbana próxima à Estação de Monitoramento. Vista da Rua Domingos Rimolli.



**ANEXO 58: IMAGENS DAS PRINCIPAIS VIAS URBANAS DE TRÊS LAGOAS
(01/06/2005)**



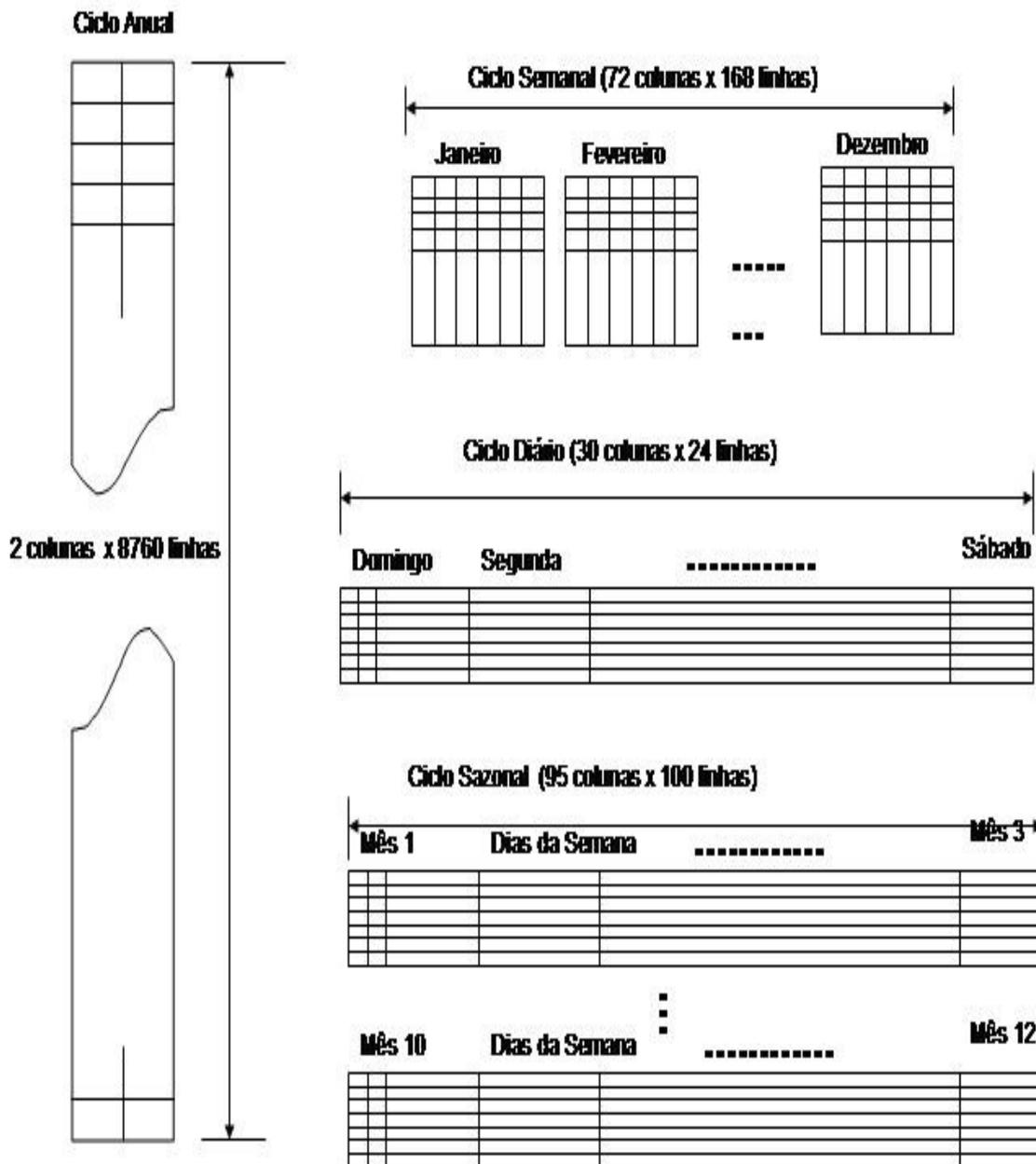
Vista do cruzamento entre as Avenidas Capitão Olinto Mancini e Antônio Trajano dos Santos.

Vista do prolongamento da Avenida Antônio Trajano dos Santos com cruzamento na Rua Paranaíba. Predomínio de Prédios Comerciais.

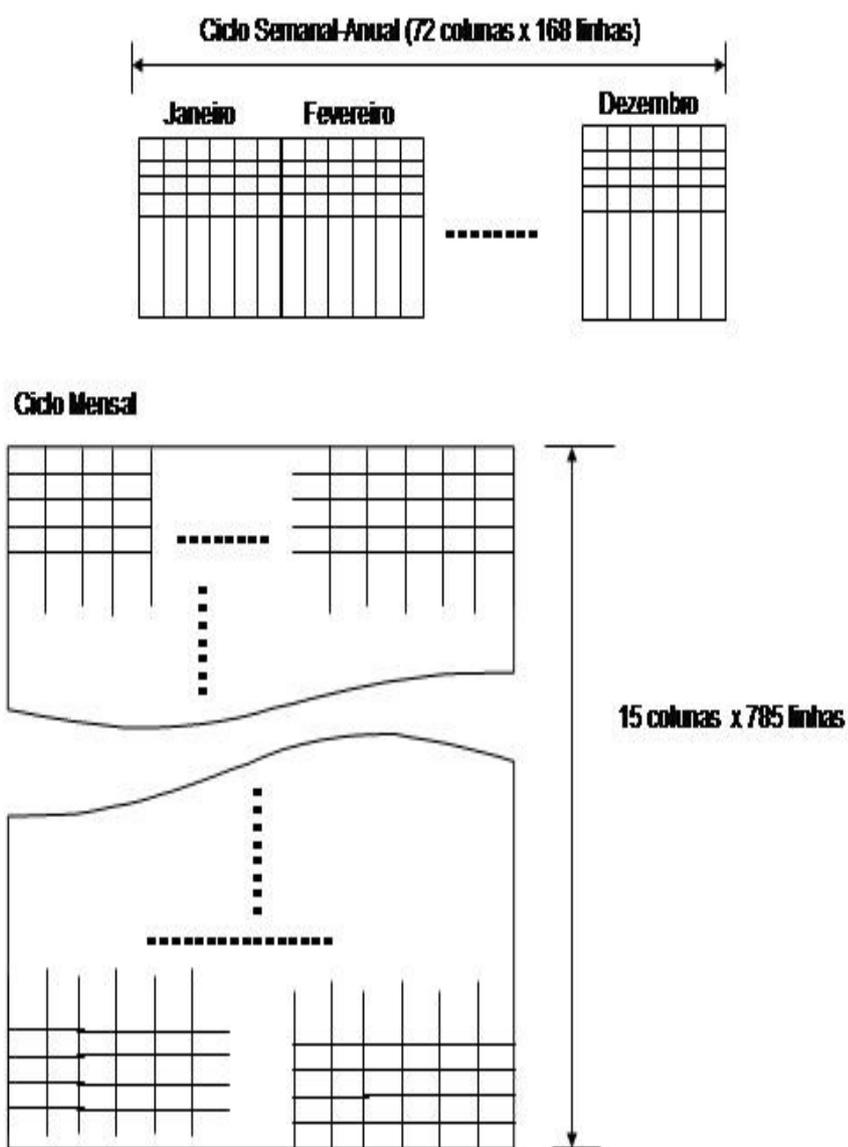


Proximidades do entroncamento das Avenidas Ranulpho Marques Leal e Capitão Olinto Mancini, ligando o Centro da Cidade à fronteira com o Estado de São Paulo.

ANEXO 59: ESQUEMA DE ORGANIZAÇÃO DOS DADOS EM PLANILHAS ELETRÔNICAS DE CÁLCULO - I



**ANEXO 60: ESQUEMA DE ORGANIZAÇÃO DOS DADOS EM PLANILHAS
ELETRÔNICAS DE CÁLCULO - II**



ANEXO 62: ILUSTRAÇÃO DE TRECHOS DO BANCO DE DADOS EXPERIMENTAIS OBTIDOS DA ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO DE QUALIDADE DO AR

Microsoft Excel - Dados 2005.xls

Arquivo Editar Exibir Inserir Formatar Ferramentas Dados Janela Ajuda

Arial 8 N I S

A1 Data de Medição

Estação de Meteorologia e Qualidade do Ar														
Meteorologia										Qualidade do Ar				
Clima e Meteorologia										Ar Ambiente				
Direção Escalar do Frequência Horária		Temperatura Frequência Horária		Velocidade Escalar do Frequência Horária		Umidade Relativa Frequência Horária		Dióxido de Nitrogênio Frequência Horária com		Monóxido de Carbono Frequência Horária com		Monóxido de Nitrogênio Frequência Horária com		
Rotina		Rotina		Rotina		Rotina		Rotina		Rotina		Rotina		
Data	Valor [°]	Flag	Valor [°C]	Flag	Valor [m/s]	Flag	Valor [%]	Flag	Valor [ppm]	Flag	Valor [ppm]	Flag	Valor [ppm]	Flag
01/01/2005 00:30	16		27,4		0,4		63,5		0,002		0,408		0,001	
01/01/2005 01:30	4		27		0,6		66,1		0,005		0,494		0,001	
01/01/2005 02:30	16		26,3		0,6		71,2		0,005		0,401		0,001	
01/01/2005 03:30	8		25,7		0,4		73,5		0,005		0,392		0,001	
01/01/2005 04:30	359		25,3		0,3		74,2		0,004		0,3		0,001	
01/01/2005 05:30	52		24,9		0,4		76		0,003		0,345		0,001	
01/01/2005 06:30	340		24,8		0,7		75,8		0,003		0,199		0,001	
01/01/2005 07:30	29		24,9		0,4		76,8		0,003		0,186		0,001	
01/01/2005 08:30	19		26,7		0,4		70,1		0,001		0,111		0,001	
01/01/2005 09:30	72		28,8		0,3		63,1		0,001		0,096		0,001	
01/01/2005 10:30	312		29,4		0,8		63,8		0,001		0,126		0,001	

Microsoft Excel - Dados 2005.xls

Arquivo Editar Exibir Inserir Formatar Ferramentas Dados Janela Ajuda

Arial 8 N I S

A1 Data de Medição

Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF
7849	0,001		0,616		13,844		16,704		0		21,368		0		3,846
7850	0,001		0,853		13,837		16,346		0		21,368		0		4,065
7851	0,001		0,929		13,842		16,443		0		21,368		0		4,13
7852	0,002		0,983		13,824		16,711		0		21,367		0		4,145
7853	0,002		0,907		13,826		16,857		0		21,366		0		4,07
7854	0,003		0,888		13,826		16,727		0		21,366		0		4,063
7855	0,004		0,905		13,832		16,549		0		21,366		0		4,079
7856	0,003		0,932		13,826		16,367		0		21,365		0		4,132
7857	0,002		0,919		13,823		16,393		0		21,364		0		4,114
7858	0,001		0,961		13,817		16,575		0		21,364		0		4,15
7859	0,001		0,95		13,822		16,428		0		21,364		0		4,18
7860	0,001		0,993		13,823		16,793		0		21,364		0		4,102

**ANEXO 63: FATORES DE EMISSÃO DO IPCC (1996) E DADOS DA ANP
(2005/2006) PARA O CÁLCULO TOP-DOWN DA EMISSÃO DE POLUENTES
GASOSOS**

Consumo de Combustíveis	2005	2006		
	litros	litros		
Gasolina Automotiva	10692221	11078531		
Álcool Hidratado	2941770	2761500		
Diesel	31306046	29139838		
Volume do Combustível	2005	2006		
	m3	m3		
Gasolina Automotiva	10692,2	11078,5		
Álcool Hidratado	2941,8	2761,5		
Diesel	31306,0	29139,8		
Densidade do Combustível / Poder Calorífico Inferior				
	kg/m3	MJ/kg		
Gasolina Automotiva	740	43,5		
Álcool Hidratado	809	26,4		
Diesel	840	42,3		
Energia Total	2005	2006		
	TJ	TJ		
Gasolina Automotiva	344,5	356,9		
Álcool Hidratado	62,8	58,9		
Diesel	1111,8	1034,9		
Fatores de Emissão	CO	Limite Inferior		
	kg/TJ	NOX		NMVOC
		kg/MJ		kg/MJ
Gasolina Automotiva	3440	270		300
Álcool Hidratado	1190	190		250
Diesel	171	53		129
		Limite Superior		
	CO	NOX		NMVOC
	kg/TJ	kg/MJ		kg/MJ
Gasolina Automotiva	5720	340		470

ANEXO 64: DADOS DE SONDAGEM DA ATMOSFERA DE CAMPO GRANDE

83612 SBCG CAMPO GRANDE (AERO) OBSERVATIONS AT 00Z 04 SEP 2005

PRES	HGHT	TEMP	DWPT	RELH	MIXR	DRCT	SKNT	THTA	THTE	THTV
hPa	m	C	C	%	g/kg	deg	knot	K	K	K
1000.0	116									
948.0	567	20.2	12.2	60	9.50	10	4	297.9	325.8	299.6
941.0	638	25.6	9.6	36	8.03	15	6	304.0	328.4	305.5
925.0	802	24.6	9.6	39	8.17	25	10	304.5	329.3	306.0
851.4	1524	20.1	8.0	46	7.98	10	16	307.0	331.6	308.5
850.0	1538	20.0	8.0	46	7.98	15	15	307.1	331.6	308.6
821.7	1829	18.3	8.0	51	8.25	345	26	308.3	333.8	309.8
800.0	2058	17.0	8.0	55	8.48	338	30	309.2	335.5	310.8
792.9	2134	16.6	6.4	51	7.64	335	32	309.6	333.4	311.0
765.0	2438	14.9	-0.2	36	4.96	330	31	311.0	326.8	311.9
760.0	2494	14.6	-1.4	33	4.57	330	31	311.2	325.8	312.1
700.0	3182	8.8	-0.2	53	5.42	335	34	312.2	329.4	313.2
660.1	3658	5.2	-2.4	58	4.89	335	38	313.4	329.1	314.3
612.4	4267	0.5	-5.2	66	4.28	310	32	314.8	328.7	315.6
589.0	4582	-1.9	-6.6	70	3.98	312	28	315.5	328.6	316.3
560.0	4982	-4.9	-9.9	68	3.24	314	23	316.6	327.3	317.2
547.0	5166	-3.9	-29.9	11	0.59	315	21	319.9	322.1	320.0
545.9	5182	-3.9	-30.2	11	0.57	315	21	320.0	322.2	320.1
525.2	5486	-4.8	-36.0	7	0.34	305	18	322.6	323.9	322.7
522.0	5534	-4.9	-36.9	6	0.31	301	19	323.0	324.2	323.1
505.1	5791	-7.2	-32.3	11	0.51	280	23	323.3	325.2	323.4
500.0	5870	-7.9	-30.9	14	0.58	280	24	323.3	325.5	323.5
485.6	6096	-9.5	-41.5	5	0.21	280	28	324.0	324.9	324.1
464.0	6448	-12.1	-58.1	1	0.03	284	31	325.1	325.2	325.1
413.0	7331	-18.5	-56.5	2	0.04	293	37	327.9	328.0	327.9
400.0	7570	-20.7	-34.7	27	0.51	295	39	328.0	329.9	328.1
386.0	7833	-22.5	-65.5	1	0.01	303	41	329.0	329.1	329.0
365.5	8230	-25.6	-55.1	5	0.06	315	43	330.0	330.3	330.0
356.0	8422	-27.1	-50.1	9	0.11	315	44	330.5	331.0	330.5
323.0	9115	-33.3	-46.3	26	0.19	315	48	331.3	332.0	331.3
319.0	9203	-34.1	-41.1	49	0.33	315	49	331.3	332.6	331.4
306.0	9493	-36.7	-41.7	60	0.32	315	50	331.6	332.9	331.7
300.0	9630	-37.7	-42.7	59	0.30	315	51	332.1	333.3	332.2
279.0	10124	-42.3				309	57	332.4		332.4
272.0	10295	-41.7				307	59	335.7		335.7
250.0	10860	-45.7				300	65	338.0		338.0
227.0	11496	-51.1				294	69	339.2		339.2
216.0	11820	-49.5				290	71	346.5		346.5
200.0	12320	-53.9				285	74	347.2		347.2
193.0	12547	-55.7				285	77	348.0		348.0
186.0	12782	-57.5				285	77	348.7		348.7
185.4	12802	-57.6				285	77	348.9		348.9
150.0	14120	-63.5						360.5		360.5
131.0	14944	-68.1						366.5		366.5
120.0	15474	-66.5						378.7		378.7
100.0	16570	-70.3						391.6		391.6
84.2	17581	-73.5						404.9		404.9
73.1	18419	-66.9						435.5		435.5
70.0	18680	-66.7						441.4		441.4
65.0	19127	-66.9						450.4		450.4
58.8	19741	-60.9						476.9		476.9
52.4	20458	-59.9						495.2		495.2
50.0	20750	-60.9						499.5		499.5
36.0	22796	-59.9						551.3		551.3

STATION INFORMATION AND SOUNDING INDICES

Station identifier: SBCG
 Station number: 83612
 Observation time: 050904/0000
 Station latitude: -20.46
 Station longitude: -54.66
 Station elevation: 567.0
 Showalter index: 2.68
 Lifted index: 3.89
 LIFT computed using virtual temperature: 3.49
 SWEAT index: 150.00
 K index: 26.90
 Cross totals index: 15.90
 Vertical totals index: 27.90
 Totals totals index: 43.80
 Convective Available Potential Energy: 0.00
 CAPE using virtual temperature: 0.00
 Convective Inhibition: 0.00
 CINS using virtual temperature: 0.00
 Bulk Richardson Number: 0.00
 Bulk Richardson Number using CAPV: 0.00
 Temp [K] of the Lifted Condensation Level: 279.61
 Pres [hPa] of the Lifted Condensation Level: 745.08
 Mean mixed layer potential temperature: 304.16
 Mean mixed layer mixing ratio: 8.21
 1000 hPa to 500 hPa thickness: 5754.00
 Precipitable water [mm] for entire sounding: 25.15

83612 SBCG CAMPO GRANDE (AERO) OBSERVATIONS AT 12Z 04 SEP 2005

PRES	HGHT	TEMP	DWPT	RELH	MIXR	DRCT	SKNT	THTA	THTE	THTV
hPa	m	C	C	%	g/kg	deg	knot	K	K	K
1000.0	105									
947.0	567	24.8	11.8	44	9.26	0	0	302.6	330.4	304.3
925.0	795	26.2	9.2	34	7.95	290	17	306.1	330.5	307.6
924.0	805	26.2	9.2	34	7.96	291	17	306.2	330.6	307.7
881.2	1219	23.0	8.3	39	7.85	325	25	307.1	331.2	308.5
851.0	1524	20.7	7.6	43	7.76	320	27	307.7	331.6	309.1
850.0	1534	20.6	7.6	43	7.76	315	26	307.7	331.6	309.1
791.6	2134	15.6	5.9	52	7.40	320	29	308.7	331.6	310.1
763.6	2438	13.1	5.0	58	7.21	330	31	309.2	331.6	310.5
700.0	3172	7.0	2.9	75	6.78	345	37	310.2	331.4	311.5
699.0	3184	6.8	2.7	75	6.69	345	37	310.1	331.1	311.4
684.8	3353	6.5	0.2	64	5.68	345	37	311.6	329.6	312.6
674.0	3483	6.2	-1.8	57	5.00	343	36	312.7	328.7	313.6
612.0	4267	1.3	-10.4	41	2.84	330	30	315.8	325.3	316.4
608.0	4320	1.0	-11.0	40	2.73	329	30	316.0	325.2	316.6
566.9	4877	-4.2	-11.8	56	2.75	320	28	316.2	325.4	316.8
562.0	4946	-4.9	-11.9	58	2.75	316	29	316.3	325.4	316.8
553.0	5073	-3.3	-23.3	20	1.06	307	30	319.6	323.4	319.8
545.4	5182	-4.3	-23.9	20	1.02	300	31	319.7	323.4	319.9
513.0	5661	-8.5	-26.5	22	0.86	296	31	320.2	323.4	320.4
507.0	5752	-8.1	-41.1	5	0.21	295	31	321.8	322.6	321.9
504.5	5791	-8.2	-42.0	5	0.19	295	31	322.1	322.9	322.1
500.0	5860	-8.5	-43.5	4	0.16	275	29	322.6	323.3	322.6
484.6	6096	-10.7	-45.5	4	0.13	270	29	322.8	323.4	322.9
400.0	7540	-24.1	-58.1	3	0.04	260	33	323.6	323.7	323.6
379.2	7925	-27.9	-63.7	2	0.02	260	31	323.6	323.6	323.6
377.0	7967	-28.3	-64.3	2	0.02	261	31	323.6	323.6	323.6
363.2	8230	-29.8	-66.2	2	0.01	270	33	325.0	325.1	325.1
347.9	8534	-31.5	-68.4	1	0.01	285	40	326.8	326.8	326.8
316.0	9212	-35.3	-73.3	1	0.01	288	54	330.6	330.6	330.6
300.0	9570	-38.7	-75.7	1	0.00	290	62	330.7	330.7	330.7
292.0	9754	-40.4				290	62	330.8		330.8
280.0	10038	-43.1				292	60	331.0		331.0
254.6	10668	-47.6				295	57	333.4		333.4
250.0	10790	-48.5				300	66	333.8		333.8
233.0	11251	-51.5				305	74	336.1		336.1
232.0	11278	-51.4				310	72	336.6		336.6
212.0	11868	-49.1				298	87	349.0		349.0

200.0	12250	-50.7	290	96	352.3	352.3
197.0	12347	-51.2	290	97	353.0	353.0
192.4	12497	-52.0	290	97	354.1	354.1
159.0	13716	-58.5	295	62	363.0	363.0
150.0	14090	-60.5	315	64	365.6	365.6
137.2	14630	-63.2	315	66	370.4	370.4
117.9	15545	-67.7	275	50	378.3	378.3
106.7	16154	-70.8	280	33	383.6	383.6
102.0	16424	-72.1	315	37	386.0	386.0
101.4	16459	-72.1	300	29	386.6	386.6
101.0	16481	-72.1	306	33	387.1	387.1
100.0	16540	-71.9	320	42	388.6	388.6
96.3	16764	-72.2	315	39	392.2	392.2
91.4	17069	-72.6	320	50	397.3	397.3
85.4	17469	-73.1	320	48	404.1	404.1
80.7	17803	-70.7	320	46	415.6	415.6
78.3	17983	-67.3	320	45	426.2	426.2
76.3	18141	-64.3	328	37	435.6	435.6
74.5	18288	-63.9	335	29	439.5	439.5
72.2	18480	-63.3	348	19	444.7	444.7
70.9	18593	-63.4	355	13	446.8	446.8
70.0	18670	-63.5	345	12	448.2	448.2
64.2	19202	-62.9	345	12	460.8	460.8
61.1	19507	-62.5	335	6	468.1	468.1
55.3	20117	-61.8	315	7	483.2	483.2
52.6	20422	-61.5	60	16	490.9	490.9
50.1	20726	-61.1	50	17	498.7	498.7
50.0	20740	-61.1	125	12	499.1	499.1
48.0	20994	-60.5	125	12	506.4	506.4
47.7	21031	-60.6	125	12	507.0	507.0
45.4	21336	-61.3	140	18	512.5	512.5
41.3	21925	-62.7	101	21	523.1	523.1
39.2	22250	-61.6	80	23	533.8	533.8
32.6	23399	-57.7			573.0	573.0

STATION INFORMATION AND SOUNDING INDICES

Station identifier: SBCG
 Station number: 83612
 Observation time: 050904/1200
 Station latitude: -20.46
 Station longitude: -54.66
 Station elevation: 567.0
 Showalter index: 2.05
 Lifted index: 2.56
 LIFT computed using virtual temperature: 2.06
 SWEAT index: 172.18
 K index: 32.60
 Cross totals index: 16.10
 Vertical totals index: 29.10
 Totals totals index: 45.20
 Convective Available Potential Energy: 69.08
 CAPE using virtual temperature: 83.46
 Convective Inhibition: -479.61
 CINS using virtual temperature: -415.80
 Equilibrium Level: 339.92
 Equilibrium Level using virtual temperature: 338.36
 Level of Free Convection: 431.97
 LFCT using virtual temperature: 437.52
 Bulk Richardson Number: 2.60
 Bulk Richardson Number using CAPV: 3.14
 Temp [K] of the Lifted Condensation Level: 279.33
 Pres [hPa] of the Lifted Condensation Level: 730.79
 Mean mixed layer potential temperature: 305.54
 Mean mixed layer mixing ratio: 8.22
 1000 hPa to 500 hPa thickness: 5755.00
 Precipitable water [mm] for entire sounding: 25.24

83612 SBCG CAMPO GRANDE (AERO) OBSERVATIONS AT 00Z 05 SEP 2005

PRES	HGHT	TEMP	DWPT	RELH	MIXR	DRCT	SKNT	THTA	THTE	THTV
hPa	m	C	C	%	g/kg	deg	knot	K	K	K
1000.0	103									
948.0	567	28.0	15.0	45	11.43	0	10	305.8	340.4	307.9
937.0	677	29.0	12.0	35	9.48	355	12	307.8	336.9	309.6
925.0	799	28.6	11.6	35	9.35	350	14	308.6	337.4	310.3
850.0	1543	22.2	9.2	43	8.66	320	27	309.4	336.2	311.0
815.0	1901	19.2	7.4	46	7.99	310	31	309.9	334.8	311.4
715.0	3014	9.8	1.8	57	6.13	310	38	311.4	330.8	312.6
700.0	3190	8.6	-0.4	53	5.34	310	39	312.0	329.0	313.0
688.0	3332	7.7	-2.0	50	4.84	310	40	312.5	328.0	313.4
644.0	3874	4.3	-8.0	41	3.28	295	37	314.6	325.4	315.2
631.0	4041	3.2	-9.8	38	2.89	298	35	315.2	324.8	315.8
626.0	4106	3.0	-6.0	52	3.92	299	34	315.7	328.6	316.4
588.0	4610	-2.1	-7.1	69	3.84	307	27	315.5	328.0	316.2
580.0	4719	-2.9	-9.9	59	3.12	309	26	315.8	326.1	316.4
576.0	4774	-2.3	-15.3	36	2.03	310	25	317.1	324.0	317.4
566.0	4913	-0.9	-28.9	10	0.62	305	25	320.3	322.6	320.4
524.0	5521	-5.5	-42.2	4	0.18	285	27	321.9	322.6	322.0
500.0	5890	-8.3	-50.3	2	0.08	285	27	322.9	323.2	322.9
480.0	6203	-10.4	-54.7	1	0.05	290	30	324.1	324.3	324.1
466.0	6430	-11.9	-57.9	1	0.03	290	30	324.9	325.1	324.9
400.0	7570	-22.3	-65.3	1	0.01	288	30	325.9	326.0	325.9
306.0	9474	-39.1	-59.1	10	0.04	286	31	328.3	328.5	328.3
300.0	9610	-40.1	-64.1	6	0.02	286	31	328.7	328.8	328.7
284.0	9980	-43.3				285	31	329.3		329.3
268.0	10371	-46.7				287	41	329.9		329.9
250.0	10830	-49.9				290	54	331.8		331.8
227.0	11450	-54.0				300	65	334.8		334.8
209.0	11981	-57.5				295	72	337.3		337.3
204.0	12134	-56.6				285	73	341.0		341.0
200.0	12260	-55.9				285	70	344.1		344.1
182.0	12862	-54.1				287	68	356.4		356.4
162.0	13601	-56.8				290	66	364.0		364.0
150.0	14090	-58.5				290	60	369.1		369.1
130.0	14984	-61.0				310	41	380.1		380.1
126.0	15180	-61.5				312	44	382.5		382.5
110.0	16004	-67.4				320	56	386.6		386.6
102.0	16462	-70.7				315	53	388.7		388.7
100.0	16580	-70.1				310	51	392.0		392.0
82.4	17722	-72.7				298	35	409.0		409.0
78.0	18048	-71.1				295	31	418.8		418.8
76.0	18202	-70.3				310	21	423.5		423.5
74.0	18360	-69.5				330	19	428.4		428.4
71.0	18606	-68.3				0	22	436.1		436.1
70.0	18690	-67.9				355	23	438.8		438.8
62.0	19435	-64.7				335	11	461.3		461.3
54.0	20283	-61.1				55	7	488.1		488.1
52.3	20480	-60.3				106	10	494.6		494.6
52.0	20516	-60.5				115	10	495.0		495.0
51.0	20637	-61.0				110	12	496.6		496.6
50.0	20760	-61.5				90	12	498.1		498.1
48.0	21012	-61.9				60	8	503.0		503.0
45.0	21414	-60.4				80	11	516.0		516.0
41.0	21994	-58.3				90	23	535.2		535.2
39.0	22311	-57.8				80	24	544.1		544.1
36.0	22817	-57.0				95	24	558.6		558.6
31.0	23763	-55.6				100	25	586.9		586.9
30.0	23970	-55.3				100	26	593.3		593.3
25.0	25144	-51.3				75	29	636.4		636.4
24.5	25274	-50.9						641.3		641.3

STATION INFORMATION AND SOUNDING INDICES

Station identifier: SBCG
 Station number: 83612
 Observation time: 050905/0000
 Station latitude: -20.46
 Station longitude: -54.66
 Station elevation: 567.0
 Showalter index: 0.21
 Lifted index: -0.31
 LIFT computed using virtual temperature: -0.98
 SWEAT index: 191.40
 K index: 30.70
 Cross totals index: 17.50
 Vertical totals index: 30.50
 Totals totals index: 48.00
 Convective Available Potential Energy: 715.33
 CAPE using virtual temperature: 785.45
 Convective Inhibition: -177.50
 CINS using virtual temperature: -129.70
 Equilibrium Level: 211.51
 Equilibrium Level using virtual temperature: 211.48
 Level of Free Convection: 610.80
 LFCT using virtual temperature: 618.87
 Bulk Richardson Number: 13.96
 Bulk Richardson Number using CAPV: 15.33
 Temp [K] of the Lifted Condensation Level: 281.41
 Pres [hPa] of the Lifted Condensation Level: 727.79
 Mean mixed layer potential temperature: 308.17
 Mean mixed layer mixing ratio: 9.54
 1000 hPa to 500 hPa thickness: 5787.00
 Precipitable water [mm] for entire sounding: 25.58

83612 SBCG CAMPO GRANDE (AERO) OBSERVATIONS AT 12Z 05 SEP 2005

PRES	HGHT	TEMP	DWPT	RELH	MIXR	DRCT	SKNT	THTA	THTE	THTV
hPa	m	C	C	%	g/kg	deg	knot	K	K	K
1000.0	151									
951.0	567	19.4	12.4	64	9.60	110	10	296.8	324.9	298.5
944.0	635	18.8	12.3	66	9.60	110	11	296.8	324.8	298.5
925.0	823	17.0	12.0	72	9.61	165	10	296.7	324.8	298.4
923.0	841	16.8	11.8	72	9.50	170	10	296.7	324.4	298.4
912.0	944	18.4	6.4	45	6.65	195	10	299.3	319.3	300.5
891.0	1145	21.0	10.0	49	8.72	245	10	304.0	330.4	305.6
871.0	1342	21.8	7.8	41	7.68	257	13	306.8	330.4	308.2
850.0	1553	20.4	7.4	43	7.65	270	17	307.5	331.1	308.9
800.0	2069	16.0	6.8	55	7.83	300	17	308.2	332.4	309.7
761.0	2495	12.4	6.4	67	7.98	303	22	308.7	333.4	310.2
739.0	2739	10.8	1.8	54	5.95	305	25	309.6	328.2	310.7
710.0	3073	8.6	-4.4	40	3.91	293	25	310.7	323.3	311.4
702.0	3166	7.6	-3.8	44	4.15	290	25	310.7	323.9	311.4
700.0	3190	7.4	-3.6	46	4.21	290	26	310.6	324.1	311.4
667.0	3583	4.2	-5.1	51	3.93	300	28	311.4	324.1	312.1
648.0	3818	2.3	-6.0	54	3.77	315	27	311.8	324.0	312.5
623.0	4138	-0.3	-7.3	59	3.57	309	21	312.4	323.9	313.0
619.0	4190	-0.5	-12.5	40	2.38	308	20	312.7	320.6	313.1
616.0	4229	1.6	-22.4	15	1.03	307	19	315.5	319.2	315.7
609.0	4321	2.6	-30.4	7	0.50	305	17	317.7	319.6	317.8
589.0	4587	0.3	-30.1	8	0.53	300	12	318.1	320.1	318.2
579.0	4724	-0.9	-30.0	9	0.55	285	10	318.3	320.3	318.4
575.0	4779	-1.3	-30.0	9	0.56	275	10	318.4	320.4	318.5
547.0	5177	-4.8	-29.6	12	0.61	260	19	318.9	321.1	319.0
541.0	5265	-5.5	-29.5	13	0.62	259	20	319.0	321.3	319.1
505.0	5803	-8.5	-34.5	10	0.41	256	28	321.7	323.2	321.8
500.0	5880	-9.1	-34.1	11	0.43	255	29	321.9	323.5	322.0
467.0	6403	-14.3	-31.3	22	0.60	251	28	321.8	324.0	321.9
457.0	6566	-15.3	-34.4	18	0.46	250	28	322.5	324.2	322.6
425.0	7112	-18.7	-44.7	8	0.17	269	32	324.9	325.6	324.9
407.0	7432	-21.4	-47.4	8	0.13	280	34	325.5	326.0	325.5
400.0	7560	-22.5	-48.5	7	0.12	280	34	325.7	326.1	325.7
347.0	8581	-31.9	-65.3	2	0.02	275	25	326.4	326.5	326.4

343.0	8664	-32.7	-66.7	2	0.01	275	26	326.4	326.5	326.4
300.0	9590	-40.7				275	35	327.9		327.9
294.0	9727	-42.1				275	36	327.8		327.8
264.0	10439	-47.9				300	43	329.5		329.5
250.0	10800	-50.9				305	49	330.3		330.3
223.0	11534	-56.1				302	57	333.2		333.2
210.0	11918	-53.7				301	61	342.8		342.8
200.0	12230	-55.1				300	64	345.4		345.4
179.0	12928	-57.9				295	68	351.9		351.9
150.0	14040	-62.3				295	65	362.6		362.6
148.0	14123	-63.1				295	64	362.6		362.6
128.0	15016	-61.9				293	58	380.1		380.1
116.0	15617	-66.7				292	53	382.0		382.0
100.0	16510	-68.1				290	46	395.9		395.9
95.8	16770	-66.9				302	42	403.1		403.1
90.0	17144	-69.4				320	37	405.4		405.4
84.6	17515	-71.9				310	29	407.6		407.6
77.0	18079	-69.4				290	26	423.9		423.9
70.0	18650	-66.9				300	20	440.9		440.9
67.4	18878	-66.5				318	17	446.6		446.6
65.0	19099	-63.3				334	14	458.2		458.2
57.0	19903	-64.2				35	4	473.6		473.6
56.5	19957	-64.3				42	5	474.7		474.7
54.0	20236	-62.8				75	12	484.3		484.3
53.0	20351	-62.2				70	17	488.3		488.3
50.0	20710	-60.3				110	16	500.9		500.9
47.4	21044	-59.3				98	20	511.0		511.0
43.0	21652	-61.1				75	28	521.1		521.1
42.5	21725	-61.3				70	28	522.3		522.3
42.0	21799	-61.0				65	27	524.7		524.7
37.0	22594	-58.4				65	24	550.8		550.8
34.4	23051	-56.9				95	18	566.4		566.4
34.0	23125	-56.8				100	17	568.4		568.4
30.0	23920	-56.1				85	21	591.1		591.1
25.0	25085	-53.9				115	28	629.2		629.2
24.7	25162	-53.7						631.8		631.8

STATION INFORMATION AND SOUNDING INDICES

Station identifier: SBCG
 Station number: 83612
 Observation time: 050905/1200
 Station latitude: -20.46
 Station longitude: -54.66
 Station elevation: 567.0
 Showalter index: 1.71
 Lifted index: 5.55
 LIFT computed using virtual temperature: 5.23
 SWEAT index: 151.80
 K index: 25.90
 Cross totals index: 16.50
 Vertical totals index: 29.50
 Totals totals index: 46.00
 Convective Available Potential Energy: 0.00
 CAPE using virtual temperature: 0.00
 Convective Inhibition: 0.00
 CINS using virtual temperature: 0.00
 Bulk Richardson Number: 0.00
 Bulk Richardson Number using CAPV: 0.00
 Temp [K] of the Lifted Condensation Level: 281.75
 Pres [hPa] of the Lifted Condensation Level: 821.94
 Mean mixed layer potential temperature: 298.00
 Mean mixed layer mixing ratio: 8.69
 1000 hPa to 500 hPa thickness: 5729.00
 Precipitable water [mm] for entire sounding: 23.41

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)