



## MODELO DE GESTÃO DA QUALIDADE DO AR – ABORDAGEM PREVENTIVA E CORRETIVA

Paulina Maria Porto Silva Cavalcanti

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Planejamento Energético.

Orientador: Emilio Lèbre La Rovere

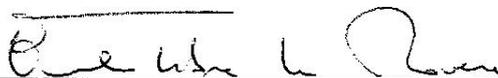
Rio de Janeiro  
Novembro de 2010

MODELO DE GESTÃO DA QUALIDADE DO AR – ABORDAGEM PREVENTIVA E  
CORRETIVA

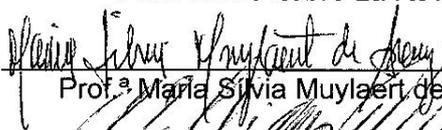
Paulina Maria Porto Silva Cavalcanti

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ  
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM CIÊNCIA EM  
PLANEJAMENTO ENERGÉTICO.

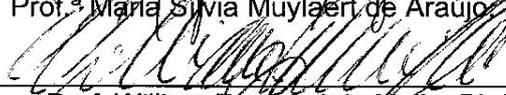
Examinada por:



Prof. Emilio Lèbre La Rovere, D. Sc.



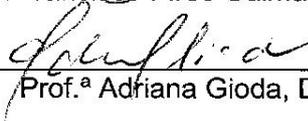
Prof.ª Maria Sílvia Muylaert de Araújo, D.Sc.



Prof. William Zamboni de Mello, Ph.D.



Prof. Luiz Francisco Pires Guimarães Maia, D.Sc.



Prof.ª Adriana Gioda, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

NOVEMBRO DE 2010

Cavalcanti, Paulina Maria Porto Silva

Modelo de Gestão da Qualidade do Ar – Abordagem Preventiva e Corretiva/ Paulina Maria Porto Silva Cavalcanti. - Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2010.

XVII, 252 p.: il; 29,7cm

Orientador: Emilio Lèbre La Rovere

Tese (doutorado) – UFRJ/COPPE/Programa de Planejamento Energético, 2010.

Referências Bibliográficas: p. 234-247

1.Qualidade do Ar 2. Impactos Cumulativos  
3.Capacidade de Suporte I. La Rovere, Emilio Lèbre. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Planejamento Energético III. Título.

### **Agradecimentos:**

Ao Marcinho e Pedro, pela paciência ao longo desses anos, pela compreensão pelas horas intermináveis de ausências, pelos gestos carinhosos, pelos bons momentos, pela parceria, pelo amor constante e eterno companheirismo.

Aos meus irmãos, sobrinhos, tias e amigos pelo incentivo e apoio durante a elaboração desse trabalho.

Ao grande amigo e colaborador Arnaldo, pela amizade, apoio, paciência e inestimável contribuição, sem a qual esse trabalho não seria realizado.

À grande amiga Heliana, pela grande ajuda, pelos valiosos ensinamentos, pelo apoio incondicional em horas tão difíceis, pela amizade, paciência e carinho.

Ao amigo Prof. Maia, pelo apoio e colaboração prestada.

À incansável Professora Míriam, que tanto me incentivou e ajudou durante toda essa jornada.

À Iara Verocai, pelas informações prestadas, pelo carinho e pelo incentivo.

Ao Professor e Orientador Emilio Lèbre La Rovere, pela compreensão e orientação recebida no desenvolvimento do trabalho, além da oportunidade de haver participado de estudos e pesquisas no Laboratório Interdisciplinar de Meio Ambiente (LIMA).

Aos queridos amigos do LIMA: Carmen, Juliana, Daniel, Diego, Luigi, Denise, William, Fernanda, Fernando, Buzzatti, Martin, D'Avignon, Vinicius, Adriano, Ângela, Flávia e Ana Ceci, que tanto me ajudaram nos projetos e tornaram minha estada no Laboratório muito agradável.

Aos meus professores do Programa de Planejamento Energético, pelo conhecimento aqui utilizado e aos funcionários Paulo, Jô, Simone, Fernando, em especial, a querida Sandrinha, pelo apoio constante propiciado ao longo desse período.

Aos colegas do INEA/FEEMA, que são muitos, pela tolerância e grande colaboração ao longo de todo esse trajeto.

À Vanessa e Patrícia, pela eterna colaboração e amizade.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para que esse trabalho fosse realizado.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D. Sc.).

## MODELO DE GESTÃO DA QUALIDADE DO AR – ABORDAGEM PREVENTIVA E CORRETIVA

Paulina Maria Porto Silva Cavalcanti

Novembro/2010

Orientador: Emilio Lèbre La Rovere

Programa: Planejamento Energético

Essa tese avalia os impactos cumulativos e sinérgicos causados na qualidade do ar pelas emissões atmosféricas provenientes da operação de dois conjuntos de atividades industriais, em regiões distintas: um já implantado, resultando em alto nível de degradação atmosférica e outro a ser implantado, ainda em fase de planejamento. Foram avaliados os instrumentos de gestão estabelecidos no Brasil, quanto à sua eficácia para a gestão da qualidade do ar, principalmente, na fase de planejamento. É proposto um modelo de gestão com duas variantes – corretiva e preventiva. Para tal, discute-se a oportunidade de uso da Avaliação Ambiental Estratégica (AAE), em complementação à AIA, além de outros instrumentos de gestão ainda não contemplados no Brasil e, nesse contexto, a importância da avaliação de impactos cumulativos e sinérgicos que, embora previstos na legislação vigente, não são praticados.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D. Sc.)

AIR QUALITY MANAGEMENT MODEL – PREVENTIVE AND CORRECTIVE  
APPROACH

Paulina Maria Porto Silva Cavalcanti

November/2010

Advisor: Emilio Lèbre La Rovere

Department: Energy Planning

This thesis evaluates cumulative and synergic impacts caused in air quality by the atmospheric emissions originating from the operation of two sets of industrial activities in distinct regions: one already implemented, resulting in a high level of atmospheric degradation and another to be implemented, still being planned, in different regions. The instruments of management established in Brazil were assessed, in its efficacy to air quality management issues, mostly, in the planning phase. It's proposed a model of management, with two variants – a corrective and a preventive one. For that, it is discussed the opportunity of the use of Strategic Environmental Assessment – SEA in complementation to EIA. As well, other management instruments, not contemplated in Brazil are evaluated, and, in this context, the importance of the cumulative impacts that, although predicted in the current legislation, they are not executed.

## ÍNDICE

I.	Introdução	1
II.	Propósito, objetivos, problema da tese e hipóteses da pesquisa	5
III.	O processo de pesquisa, metodologia e a estrutura da tese	6
<b>Capítulo 1</b>	<b>O Problema da Poluição do Ar</b>	
1.1	Histórico da poluição do ar	10
1.2	Conceitos e definições relacionadas à poluição do ar	14
1.2.1	Meio ambiente	14
1.2.2	Poluição do ar	15
1.2.3	Poluente atmosférico	18
1.2.4	Fontes de emissão	28
1.2.5	Inventário de Emissões Atmosféricas	30
1.2.6	Escalas da Poluição Atmosférica	32
1.2.7	Efeitos da Poluição Atmosférica	36
1.2.8	Níveis de referência	40
1.2.8.1	Padrão de qualidade do ar	42
1.2.8.2	Limites de emissão	46
1.3	Fatores que influenciam a poluição do ar	47
1.3.1	Pressão atmosférica	48
1.3.2	Precipitação e evaporação	49
1.3.3	Temperatura	49
1.3.4	Umidade relativa	50
1.3.5	Insolação e nebulosidade	50
1.3.6	Vento	50
1.3.7	Estabilidade Atmosférica	51
		52
<b>Capítulo 2</b>	<b>Instrumentos de Gestão da Qualidade do Ar</b>	
2.1	Gestão ambiental	52
2.2	Identificação e apresentação dos instrumentos de gestão da qualidade do ar utilizados no Brasil	55
2.2.1	Política Nacional do Meio Ambiente	59
2.2.2	Constituição Federal de 1988	61
2.2.3	PRONAR	62
2.2.4	Plano Nacional de Qualidade do Ar	68
2.2.5	PROCONVE	70

2.2.6	PROMOT	76
2.2.7	Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas para Veículos Automotores Rodoviários	78
2.2.8	Instrumentos Preventivos da Política, do Planejamento e da Gestão Ambiental Pública	78
2.2.8.1	Licenciamento Ambiental	79
2.2.8.2	Avaliação de Impacto Ambiental – AIA	80
2.2.8.3	Avaliação Ambiental Estratégica – AAE	86
2.3	Gestão da qualidade do ar no Estado de São Paulo	88
2.4	Gestão da qualidade do ar no Estado do Rio de Janeiro	91
2.4.1	Constituição do Estado do Rio de Janeiro	91
2.4.2	Legislação ambiental do Estado do Rio de Janeiro	92
2.4.3	Sistema de licenciamento ambiental	95
2.4.4	Deliberação CECA 3520	97
2.5	Gestão da qualidade do ar nos EUA	99
2.5.1	Gestão da qualidade do ar na Califórnia	106
2.6	Gestão da qualidade do ar na União Européia	109
2.6.1	Gestão da qualidade do ar no Reino Unido	117
2.7	Considerações	120
		122
<b>Capítulo 3</b>	<b>Proposta de modelo de gestão da qualidade do ar</b>	
3.1	Modelo de gestão da qualidade do ar – preventivo	126
3.2	Modelo de gestão da qualidade do ar – corretivo	140
3.2	Aspectos Institucionais	145
<b>Capítulo 4</b>	<b>Aplicação de Modelo de Gestão da Qualidade do Ar</b>	147
4.1	Complexo Industrial do Açú	148
4.1.1	Caracterização da região	148
4.1.2	Caracterização e diagnóstico da qualidade do ar	151
4.1.3	Caracterização Climatológica	166
4.1.4	Caracterização das fontes de emissão	168
4.1.5	Estudo de simulação da dispersão de poluentes	172
4.1.6	Estabelecimento de Diretrizes	177
4.1.7	Programas de Monitoramento	178
4.1.8	Programa de avaliação de objetivos e metas	179
4.1.9	Avaliação Independente	179
4.2	Região do Pólo Gás-Químico de Duque de Caxias	180

4.2.1	Caracterização da região	180
4.2.2	Caracterização e diagnóstico da qualidade do ar	182
4.2.3	Caracterização Climatológica	194
4.2.4	Caracterização das fontes de emissão	198
4.2.5	Avaliação dos impactos cumulativos e sinérgicos	208
4.2.6	Estabelecimento de Diretrizes	216
4.2.7	Programas de monitoramento	218
4.2.8	Programa de avaliação de objetivos e metas	219
4.2.9	Avaliação Independente	219
	<b>Conclusões e Recomendações</b>	<b>220</b>
	<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>234</b>
	<b>Anexos</b>	<b>248</b>

## Figuras

Figura 1	Distribuição dos elementos pelas camadas	18
Figura 2	Esquemática do ciclo fotoquímico do ozônio	27
Figura 3	Dimensão local da poluição do ar	33
Figura 4	Poluição do ar urbana	34
Figura 5	Bacia Aérea III da RMRJ	35
Figura 6	Ciclo da poluição do ar	41
Figura 7	Característica interativa da gestão da qualidade do ar	104
Figura 8	Estratégia de controle da poluição do ar	123
Figura 9	Estrutura Metodológica do Processo de AAE	125
Figura 10	Emissão de poluentes durante a combustão	128
Figura 11	Representação esquemática do modelo de gestão preventivo	139
Figura 12	Representação esquemática do modelo de gestão corretivo	146
Figura 13	Área do Complexo do Açú	151
Figura 14	Localização da estação de monitoramento da qualidade do ar do Porto do Açú	152
Figura 15	Concentração média diária de PTS e PM10 na estação do Porto do Açú	153
Figura 16	Concentração média diária de SO <sub>2</sub> na estação do Porto do Açú	154
Figura 17	Evolução média horária das concentrações de NOx na estação do Porto do Açú	155
Figura 18	Evolução média horária das concentrações de O <sub>3</sub> na estação do Porto do Açú	156
Figura 19	Concentração média horária de O <sub>3</sub> na estação do Porto do Açú	157
Figura 20	Evolução média horária das concentrações de CO na estação do Porto do Açú	158
Figura 21	Evolução média horária das concentrações de HC na estação do Porto do Açú	159
Figura 22	Rosa dos Ventos na região do Açú	161
Figura 23	Rosa dos Ventos na região do Açú de acordo com o período do dia	162
Figura 24	Temperatura média mensal	163
Figura 25	Umidade relativa média mensal	164
Figura 26	Máximos valores de incidência de radiação solar	164

Figura 27	Precipitação média acumulada mensal	165
Figura 28	Área de estudo	174
Figura 29	Concentração de longo período de NO <sub>x</sub>	176
Figura 30	Bacias Aéreas da RMRJ	184
Figura 31	Estações de monitoramento da qualidade do ar na RMRJ	185
Figura 32	Concentração de PTS na RMRJ	186
Figura 33	Número de dias com registro de ultrapassagens ao padrão diário de qualidade do ar para PTS	187
Figura 34	Concentração de PI na RMRJ	188
Figura 35	Número de dias com registro de ultrapassagens ao padrão diário de qualidade do ar para PI	189
Figura 36	Concentração média anual de SO <sub>2</sub>	190
Figura 37	Concentração média anual de dióxido de nitrogênio	191
Figura 38	Concentração média anual de O <sub>3</sub>	192
Figura 39	Variação da pressão atmosférica na RMRJ	196
Figura 40	Variação sazonal da precipitação	197
Figura 41	Rosa dos Ventos do Aeroporto do Galeão 2001-2005	198
Figura 42	Contribuição das fontes na carga poluidora da RMRJ	199
Figura 43	Emissão por tipo de fonte na RMRJ	200
Figura 44	Participação das emissões por Bacias Aéreas	200
Figura 45	Participação das emissões por tipologia industrial	201
Figura 46	Densidade de emissão para o SO <sub>x</sub> na RMRJ	203
Figura 47	Densidade de emissão para o NO <sub>x</sub> na RMRJ	204
Figura 48	Densidade de emissão para o CO na RMRJ	205
Figura 49	Densidade de emissão para o HC na RMRJ	206
Figura 50	Densidade de emissão para o MP10 na RMRJ	207
Figura 51	Concentração média de três horas de HC	211
Figura 52	Concentração média anual de NO <sub>x</sub>	212
Figura 53	Isopletas de Ozônio	215

## Tabelas

Tabela 1	Poluentes monitorados, suas origens e efeitos à saúde	21
Tabela 2	Relação entre fontes e seus poluentes característicos	30
Tabela 3	Efeitos dos poluentes à saúde	39
Tabela 4	Padrões de qualidade do ar segundo a Resolução CONAMA 03/90	43
Tabela 5	Critérios para episódios agudos de poluição do ar – Resolução CONAMA	44
Tabela 6	Partículas em suspensão – concentração de longo período	45
Tabela 7	Partículas em suspensão – concentração de curto período	45
Tabela 8	Ozônio - concentrações	45
Tabela 9	Dióxido de nitrogênio - concentrações	45
Tabela 10	Dióxido de enxofre – concentração de curto período	45
Tabela 11	Limites máximos de emissão de poluentes para veículos leves de passageiros	73
Tabela 12	Limites do PROCONVE para veículos diesel (g/kW.h)	73
Tabela 13	Limites máximos de emissão para veículos automotores leves de passageiros: vigência em 2013 e 2014 para os novos modelos e 2015 para os demais	74
Tabela 14	Limites máximos de emissão para veículos automotores leves comerciais, com massa do veículo para ensaio menor ou igual a 1.700 quilogramas: vigência em 2013 para veículos do ciclo diesel, 2014 para novos modelos e 2015 para os demais	74
Tabela 15	Limites de emissão para veículos automotores leves comerciais, com massa do veículo para ensaio maior que 1.700 quilogramas, com vigência em 2013 para veículos do ciclo diesel, 2014 para os novos modelos e 2015 para os demais	74
Tabela 16	Novos limites de emissão para veículos pesados (g/kWh)	75
Tabela 17	Limites de emissão para Ciclomotores, Motociclos e Similares	77
Tabela 18	Métodos de avaliação de impactos cumulativos	85
Tabela 19	Concentração de material particulado inalável (PM10) e total (PTS) na estação Porto do Açú	153
Tabela 20	Concentração média de SO <sub>2</sub> na estação Porto do Açú	154
Tabela 21	Concentração média de NO e NO <sub>2</sub> na estação Porto do Açú	155

Tabela 22	Concentração média de CO na estação Porto do Açú	156
Tabela 23	Resumo dos resultados de concentração de CO na estação Porto do Açú	158
Tabela 24	Concentração de HC na estação Porto do Açú	159
Tabela 25	Variáveis meteorológicas medidas no Porto do Açú	160
Tabela 26	Configuração do Núcleo Base	168
Tabela 27	Limites de emissão: CONAMA 382 x Usinas Siderúrgicas	169
Tabela 28	Limites de emissão: CONAMA 382 x Peletização 42Mt/ano	169
Tabela 29	Limites de emissão: CONAMA 382 x Produção de Cimento 6 Mt/ano	169
Tabela 30	Limites de emissão UTE a carvão	170
Tabela 31	Limites de emissão: CONAMA 382 x UTE a gás natural	170
Tabela 32	Limites de emissão: CONAMA 382 x Processos de geração de calor	170
Tabela 33	Emissões de NOx	172
Tabela 34	Contribuição percentual das emissões de NOx	175
Tabela 35	Normais Climatológicas do Estado do Rio de Janeiro	195
Tabela 36	Taxas de emissão por tipo de fonte na RMRJ (x1000 t/ano)	199
Tabela 37	Principais emissões atmosféricas provenientes das fontes fixas localizadas no Pólo Gás-Químico de Duque de Caxias (ano-base 2006)	208
Tabela 38	Estimativa das emissões atmosféricas provenientes das fontes fixas localizadas no Pólo Gás-Químico de Duque de Caxias e no Terminal Flexível de GNL	210

### **Abreviaturas**

AAE – Avaliação Ambiental Estratégica

AIA – Avaliação de Impacto Ambiental

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás natural e Biocombustíveis

AQG – Air Quality Guidelines

AQMA – Air Quality Management Area

ARH - Administração de Recursos Hídricos

BAAQMD - Bay Area Air Quality Management District

BACT - Best Available Control Technology  
BAT - Best Available Techniques  
BTX – Benzeno, Tolueno e Xilenos  
CAA – Clean Air Act  
CAFE - *Clean Air for Europe*  
CCA/RJ – Câmara de Compensação Ambiental  
CE – Comunidade Européia  
CECA – Conselho Estadual de Câmaras Ambientais  
CETESB – Companhia Estadual de Tecnologia e Saneamento Ambiental  
CENPES – Centro de Pesquisas da Petrobras  
CEQ – Council on Environmental Quality  
CF – Constituição Federal  
CFC - Clorofluorcarbonetos  
CIEP – Centro Integrado de Educação Pública  
CIRS - Cumulative Impacts Reduction Strategy  
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente CONEMA – Conselho Estadual de Meio Ambiente/RJ  
CONTRAN - Conselho Nacional de Trânsito  
CONSEMA – Conselho Estadual de Meio Ambiente/SP  
COPPE – Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia  
COV – Compostos Orgânicos Voláteis  
CPTEC – Centro de Pesquisas Tecnológicas  
DZ 056 – Diretriz para Realização de Auditoria Ambiental  
E – Leste  
EEA – European Environment Agency  
EI – Ecologia Industrial  
EIA – Estudo de Impacto Ambiental  
EPA – Environment Protect Agency  
EUA – Estados Unidos da América  
FECAM – Fundo Estadual de Conservação Ambiental  
FEEMA – Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente  
FGV/EAESP – Fundação Getúlio Vargas/ Centro de Estudos em Sustentabilidade  
GEE – Gases do Efeito Estufa  
GHG Protocol – Green House Gas Protocol  
GNL – Gás natural Liquefeito  
GTZ – Deutsche Gesellschaft für Zusammenarbeit GmbH  
HAP - hidrocarbonetos aromáticos policíclicos

HCnM – Hidrocarbonetos não Metano  
HEW - Health Education and Welfare Department  
HPA – Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos  
IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IEF – Instituto Estadual de Florestas  
INEA – Instituto Estadual do Ambiente  
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia  
IMO – International Maritime Organization  
ISC3 - *Industrial Source Complex*  
IT – Interim Target  
LAQM - Local Air Quality Management  
LAR – Licença Ambiental de Recuperação  
LAS – Licença Ambiental Simplificada  
LCM - Licença para Uso de da Configuração de Ciclomotores, Motociclos e Similares  
LI – Licença de Instalação  
LIMA – Laboratório Interdisciplinar de Meio Ambiente  
LIO – Licença de Instalação e Operação  
LO – Licença de Operação  
LOR - Licença de Operação e Recuperação  
LP – Licença de operação  
LPI – Licença Prévia e de Instalação  
MINTER – Ministério do Interior  
MMA – Ministério do Meio Ambiente  
MNPT - Modelos Numéricos de Previsão do Tempo  
NAPCA – National Air Pollution Control Administration  
NAAQS – National Ambient Air Quality Standards  
NB – Núcleo Base  
NCEP/EUA - *National Center for Environmental Prediction*  
NE – Nordeste  
NEPA - National Environmental Policy Act  
NESHAP - National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants  
OMS – Organização Mundial de Saúde  
ONU – Organização das Nações Unidas  
PAH - Polinuclear Aromatic Hydrocarbon  
PGQAr – Plano de Gestão da Qualidade do Ar  
PLANGAS – Plano de Oferta de Gás

PNA – Polinuclear Aromatic Hydrocarbon  
PND – Plano Nacional de Desenvolvimento  
PNMA – Política Nacional de Meio Ambiente  
Pqar – Padrão de Qualidade do Ar  
PROCONVE – Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores  
PROMOT - Programa de Controle da Poluição do Ar por Ciclomotores  
PRONACOP – Programa Nacional de Controle da Poluição  
PRONAR – Programa Nacional de Qualidade do Ar  
PNQA – Plano Nacional de Qualidade do Ar  
POM – Polycycle Organic Material  
POP – Poluentes Orgânicos Persistentes  
PPP – Política, Planos e Programas  
Pqar – Padrão de Qualidade do Ar  
PREA – Plano de Redução de Emissões Atmosféricas  
PROCON-Ar – Programa de Autocontrole do Ar  
PRODETUR – Programa de Desenvolvimento do Turismo  
PRQA - *Piano di Risanamento della Qualità dell’Aria*  
RCQA – Região de Controle da Qualidade do Ar  
REDUC - Refinaria de Duque de Caxias  
RMRJ – Região Metropolitana do Rio de Janeiro  
SANERJ - Saneamento do Estado do Rio de Janeiro  
SCAQMD - South Coast Air Quality Management District  
SE – Sudeste  
SEA – Secretaria Estadual do Ambiente  
SEDEIS - Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico, Energia, Indústria e Serviços  
SEMA - Secretaria Especial do Meio Ambiente  
SERLA – Superintendência Estadual de Rios e Lagoas  
SLAM – Sistema de Licenciamento Ambiental  
SLAP – Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras  
SIP – State Implementation Plan  
SISNAMA – Sistema Nacional de Meio Ambiente  
SURSAN - Superintendência de Urbanização e Saneamento  
SUSAM - Superintendência de Saneamento Ambiental  
SW - Sudoeste  
UE – União Européia  
UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

UNECE – United Nations Economic Commission for Europe

USEPA – United States Environment Protection Agency

UTE – Usina Termoelétrica

W – Oeste

WB – World Bank

WHO – World Health Organization

WNW – Oeste-Nordeste

## INTRODUÇÃO

A existência de regiões saturadas de poluição do ar se deve a um modelo de desenvolvimento econômico aplicado ao Brasil, sob o discurso das autoridades governamentais de que tínhamos “muito que poluir”, cujos efeitos deletérios ainda estamos colhendo e tentando corrigir.

Tal modelo de desenvolvimento, baseado no crescimento a qualquer preço, conclamou as indústrias a se implantarem, desprovidas dos necessários sistemas de controle de poluentes e/ou em áreas inadequadas à dispersão de poluentes, o que resultou na poluição ambiental, submetendo populações a conviverem em áreas com elevada deterioração da qualidade do ar.

Esse processo aconteceu em todo o mundo desenvolvido, em diferentes épocas. Os grandes episódios de poluição ambiental, que chamaram a atenção da sociedade para o problema, aconteceram nos países desenvolvidos, como os graves episódios em Londres e na Bélgica, o envenenamento da Baía de Minamata, no Japão, a contaminação do solo de Love Canal, nos Estados Unidos e, mais recentemente, a contaminação radioativa em Three Miles Island e Chernobyl.

Os elevados índices de industrialização e urbanização verificados no País, desde a década de 70, levaram o Governo Brasileiro a implementar medidas de controle da qualidade do ar, orientado para as emissões procedentes das indústrias (fontes fixas) e dos veículos automotores (fontes móveis).

Em 1989, foi criado o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR), por Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), com o objetivo de *“permitir o desenvolvimento econômico e social do país de forma ambientalmente segura, pela limitação dos níveis de emissão de poluentes por fontes de poluição atmosférica, com vistas à melhora da qualidade do ar, ao atendimento dos padrões estabelecidos e o não comprometimento da qualidade do ar nas áreas consideradas não degradadas”*. Para tal, tem como instrumentos os Padrões de Qualidade do Ar e Limites de Emissão na Fonte, Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade do Ar e Inventário de Fontes e Poluentes Atmosféricos.

O PRONAR estabeleceu novos padrões de qualidade do ar, em substituição aos fixados em 1976, pelo Ministério do Interior, e a aplicação do licenciamento ambiental para o controle das emissões fixas, de responsabilidade dos órgãos ambientais estaduais.

Quanto ao monitoramento, atualmente, somente algumas cidades e regiões metropolitanas já o realizam, sendo poucas as áreas que contam com redes automáticas.

Com relação aos limites de emissão, alguns foram estabelecidos pela Resolução CONAMA 08/90, posteriormente revistos pela Resolução CONAMA 382, em 2006, incorporando novas tecnologias, novos combustíveis e acrescentando outros parâmetros.

No entanto, até o momento, o Inventário Nacional de Fontes e Emissões não foi viabilizado.

Em se tratando de fontes móveis, foi criado o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) e, posteriormente, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Motocicletas (PROMOT), com o objetivo de reduzir os níveis de poluentes originados pelo parque automotivo. A obrigatoriedade imposta à indústria automobilística de atendimento aos padrões de emissão estabelecidos em lei para novos modelos, a partir de 1988, serviu, na verdade, como promotora de inovações tecnológicas, fazendo aparecerem os sistemas de injeção eletrônica e os conversores catalíticos, reduzindo os níveis de emissão exigidos para o ano de 1992 e para os anos subsequentes.

Incluem, também, medidas de qualidade dos combustíveis, tais como, a retirada do chumbo da gasolina; a redução do teor de enxofre do diesel; e a introdução do álcool na gasolina. Os ganhos do PROCONVE podem ser avaliados a partir da redução, na fonte, das emissões de monóxido de carbono e de outros poluentes, em relação aos valores constatados na década de 1980, em uma faixa que varia de 86% a 97%.

Embora seja inegável o sucesso do PROCONVE, a poluição do ar proveniente dos veículos automotores ainda é a principal causa da contaminação atmosférica dos grandes centros urbanos.

Deve ser ressaltado que mesmo tendo sido estabelecido limites de emissão para determinadas fontes de emissão, há que ser observado, dentre outros, os padrões de qualidade do ar, as condições meteorológicas e a topografia, pois é esse conjunto de fatores que irá assegurar a qualidade ambiental de uma determinada região.

Parece claro que, conforme estabelecido no PRONAR, a utilização de limites de emissão como principal estratégia, em que o uso dos padrões de qualidade do ar é apenas uma ação complementar de controle, não promove a gestão da qualidade do

ar, uma vez que somente a visão de comando e controle, focada na fonte de poluição e não na qualidade do meio, não garante a qualidade do ar necessária à manutenção da saúde e bem-estar. Dessa forma, possibilita a ocorrência de situações em que, apesar do controle das fontes, são mantidos os problemas de degradação da qualidade do ar.

Em termos gerais, a gestão ambiental pública tem se baseado, tradicionalmente, no processo de “comando e controle”, ou seja, na criação de dispositivos e exigências legais (comando) e na aplicação de mecanismos para garantir o cumprimento desses dispositivos e exigências (controle).

Entretanto, todas essas medidas têm-se mostrado ineficientes na gestão dos recursos atmosféricos e vários esforços têm sido empreendidos no sentido de sua modernização.

O que se observa no estado da arte da experiência internacional é que cada país tem desenvolvido um modelo próprio, de acordo com as suas peculiaridades, utilizando-se instrumentos que nem sempre são os mais adequados para o Brasil.

A partir de década de 90, a questão ambiental ganhou destaque na esfera internacional motivada pelo debate sobre a sustentabilidade dos processos de desenvolvimento, tendo reflexos também no Brasil.

Atualmente, em nível nacional, uma das principais iniciativas nesse campo está voltada para uma estreita articulação de alguns setores de governo à construção e à implementação de agendas ambientais, que especifiquem programas e atividades que conduzam, efetivamente, a resultados sustentáveis. As políticas setoriais, objeto dessa estratégia de articulação institucional, envolvem, especialmente, os segmentos de petróleo, energia elétrica e transportes.

Ao longo do tempo, também, verifica-se que vêm se multiplicando as iniciativas de auto-gestão, levando as próprias empresas a adotarem estratégias e sistemas voluntários de auto-regulação relacionados à gestão ambiental.

Hoje, as questões ambientais priorizam o controle da poluição, responsável por danos econômicos reais, por perdas ecológicas e pelo comprometimento da qualidade de vida. Conseqüentemente, os tomadores de decisão devem introduzir mecanismos inovadores no processo de gestão e implementar o controle ambiental, de forma que os seus resultados se traduzam, efetivamente, em ganhos na qualidade ambiental e na qualidade de vida da população.

A identificação de problemas ambientais críticos, resultantes do uso inadequado de recursos ambientais e da própria ineficiência do processo de gestão ambiental, aponta para a necessidade de adoção de novos modelos e procedimentos técnicos que deverão focar a magnitude dos danos gerados, principalmente, sociais (impactos sobre o ser humano), econômicos (perda de produtividade) e ambientais (degradação de recursos naturais) e a necessidade de cumprimento de acordos internacionais que definem normas específicas e comuns para problemas ambientais globais.

São necessárias ações de gestão preventivas ou corretivas no sentido de reduzir as emissões de poluentes e os efeitos da degradação da atmosfera, o que já foi demonstrado ser compatível com o desenvolvimento econômico e social.

Reduzir as concentrações de contaminantes na atmosfera, de modo a assegurar a melhoria da qualidade ambiental e a proteção à saúde, compatibilizando o alcance de metas de qualidade do ar com desenvolvimento econômico, requer a integração de políticas públicas e instrumentos que se complementem nas ações de planejamento territorial, setorial e de fomento, necessários ao alcance de metas de qualidade do ar temporalmente definidas.

Nos últimos anos, a modernização do Estado brasileiro levou à proposição de políticas públicas voltadas a objetivos de desenvolvimento, numa concepção de uso do território segundo vocações e oportunidades de negócios. Tal processo culminou com a perspectiva da abordagem da variável ambiental como condicionante ao desenvolvimento. Entretanto, os instrumentos de gestão ambiental não vêm acompanhando tal avanço, “fazendo com que se ressuscite a visão (extemporânea) de que a proteção do meio ambiente inviabiliza o desenvolvimento” (TEIXEIRA, 2008).

Assim sendo, o foco dessa pesquisa é discutir a aplicação dos atuais instrumentos de gestão estabelecidos no país, sua aplicabilidade para solucionar graves questões relativas à deterioração da atmosfera, em regiões com alto comprometimento da qualidade do ar, bem como discutir o atual processo de tomada de decisão, que envolve a apreciação das questões ambientais ainda no processo de planejamento, no sentido de verificar a contribuição de novos instrumentos de gestão de forma a garantir a promoção do desenvolvimento econômico de forma mais sustentável e com menor comprometimento da qualidade ambiental e da qualidade de vida da população.

## **II. Objetivos e Hipóteses da Pesquisa**

### **1. Objetivo Geral**

Propor um modelo de gestão da qualidade do ar que garanta à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade da qualidade do ar, em padrões adequados para a proteção da saúde da população e do meio ambiente.

#### **1.1 Objetivos Específicos**

- Avaliar a aplicação dos instrumentos de gestão existentes;
- Desenvolver metodologia para aplicação de um sistema de gestão da qualidade do ar, com base nos padrões de qualidade do ar e avaliação dos impactos cumulativos;
- Identificar os pontos positivos e negativos da aplicação do licenciamento ambiental e de seus instrumentos de apoio para o controle da poluição do ar;
- Estabelecer critérios para tomada de decisões estratégicas para a ocupação industrial, em regiões específicas;
- Avaliar a aplicação de outros instrumentos de gestão tendo por base o planejamento estratégico e a sustentabilidade ambiental da região;
- Propor a constituição de *Fórum Gestor*, por região, com a participação do Poder Público e dos empreendedores, promovendo a descentralização do poder de decisão e implementando a negociação social.

### **2. Hipóteses**

Considerando-se que os objetivos ou benefícios delineados devem traduzir-se em uma contribuição à incorporação da variável ambiental no processo de planejamento da ocupação de regiões específicas por atividades do setor industrial e ao conseqüente acompanhamento do comprometimento da qualidade do ar de suas áreas de influência, são formuladas as seguintes hipóteses:

**2.1 Hipótese 1** – A aplicação dos instrumentos de comando e controle é insuficiente para garantir a gestão ambiental sustentável de uma região com múltiplas fontes de emissão de poluentes atmosféricos.

**2.2 Hipótese 2** – A inclusão de instrumentos modernos de gestão ambiental no planejamento de uma região implica em promoção do desenvolvimento econômico de forma mais sustentável e em menor comprometimento da qualidade ambiental e da qualidade de vida da população.

## **II. O processo de pesquisa, metodologia e a estrutura da tese**

### **II. 1 Metodologia**

A construção de um modelo de gestão da qualidade do ar em regiões específicas passa por uma abordagem pragmática, com ações temporalmente escalonadas e ajustadas às políticas ambientais regional e nacional, com base em metas ambientais amplamente discutidas e aceitas pelos agentes sociais envolvidos.

Os procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento desta tese envolvem a aplicabilidade de um Modelo de Gestão da Qualidade do Ar para regiões que já se encontram num alto grau de deterioração, quanto para outras que, ainda em fase de planejamento, apresentam potencial para abrigar empreendimentos com emissões atmosféricas significativas.

Foram apresentadas duas aplicações do modelo de gestão proposto, ambas no Estado do Rio de Janeiro, o Complexo Industrial do Açú, a ser implantado no Município de São João da Barra, na Região Norte Fluminense e o Pólo Gás-Químico de Duque de Caxias, na Região Metropolitana.

### **Etapa 1 – Avaliação dos atuais instrumentos de gestão**

#### **1.1 Conceitos gerais**

Para a discussão das questões relativas à gestão da qualidade do ar, inicialmente, é necessário abordar a poluição do ar em caráter conceitual a fim de fornecer a base teórica para a discussão futura.

#### **2.2 Instrumentos de gestão da qualidade do ar no Brasil**

Em seqüência, são levantados, de uma maneira geral, os instrumentos de gestão ambiental estabelecidos não só pela legislação federal, como também pela legislação do Estado do Rio de Janeiro. São avaliados e discutidos aqueles que especificamente tratam do tema da tese, levando em consideração os aspectos relativos ao licenciamento ambiental de atividades poluidoras, seus instrumentos de

apoio, em especial, os Estudos de Impacto Ambiental (EIA), suas limitações e suas potencialidades.

### **2.3 Experiência internacional - Gestão da qualidade do ar nos EUA e EU**

Por meio de pesquisa bibliográfica, são apresentados os modelos de gestão da qualidade do ar aplicados nos EUA, com destaque para o Estado da Califórnia e na Comunidade Européia, evidenciando-se o Reino Unido.

### **Etapa 2 – Proposição de um modelo de gestão da qualidade do ar**

A partir da análise dos instrumentos de gestão utilizados no Brasil e nos modelos praticados em outros países, é elaborada uma proposta de modelo de gestão da qualidade do ar, considerando-se as peculiaridades de cada região, visando compatibilizar o desenvolvimento econômico-social com a preservação da qualidade ambiental.

A proposta desdobra-se em duas, haja vista que se tratam de duas situações bastante distintas: uma região saturada e com vocação para expansão, e outra região ainda não ocupada, com grandes investimentos previstos, caracterizados como de alto potencial poluidor do ar.

### **Etapa 3 – Aplicações do modelo de gestão no Estado do Rio de Janeiro**

#### **3.1 Modelo de gestão preventiva da qualidade do ar - Complexo Industrial do Açu**

De acordo com a proposta apresentada para a gestão da qualidade do ar, iniciando ainda na fase de planejamento de grandes empreendimentos, foi avaliada sua aplicação na implantação do Complexo Industrial do Açu.

Com base em dados de monitoramento da qualidade do ar e parâmetros meteorológicos, foi possível traçar o *background* da região, bem como obter as informações de meteorologia adequadas para aplicação na modelagem matemática realizada para avaliação dos impactos cumulativos e sinérgicos.

A partir das unidades industriais previstas para compor o Complexo, na sua maioria de alto potencial poluidor do ar, foram avaliadas as melhores tecnologias disponíveis com vistas a viabilizar a implantação do conjunto, sem comprometer a capacidade de suporte do meio.

Assim, com base na literatura ou em empreendimentos similares já implantados, foram caracterizadas e estimadas as emissões atmosféricas. Tais

informações permitiram que fossem avaliados os impactos cumulativos e sinérgicos na qualidade do ar decorrentes da operação concomitante de todas as unidades industriais previstas, em sua capacidade máxima.

O estudo de simulação possibilitou demonstrar que com o modelo proposto, de acordo com as premissas adotadas, quanto à qualidade do ar, o limite fixado pela legislação vigente para proteção da saúde humana não é ultrapassado.

### **3.2 Modelo de gestão corretiva da qualidade do ar - Pólo Gás-Químico de Duque de Caxias**

Foi aplicada ao Pólo Gás-Químico de Duque de Caxias a proposta apresentada para a gestão da qualidade do ar, em áreas já saturadas e com novos empreendimentos previstos para implantação.

Com base nos dados de medições gerados pelas estações de monitoramento da qualidade do ar instaladas nas regiões de estudo e, ainda, nos dados meteorológicos disponíveis, é realizado um amplo diagnóstico da qualidade do ar, considerando-se os parâmetros: PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), ozônio (O<sub>3</sub>) e hidrocarbonetos totais. As informações pontuais geradas pelas estações de medição são integradas, proporcionando a geração do cenário de qualidade do ar para as duas regiões estudadas.

Nesse diagnóstico são identificadas as condições típicas e críticas em termos de qualidade do ar, correlacionando-as às condições meteorológicas de maior relevância ou influência no processo.

A partir do Inventário de Emissões Atmosféricas da RMRJ (FEEMA,2004) e do inventário de emissões das atividades localizadas na região do Pólo Gás-Químico, foi realizada uma avaliação dos impactos cumulativos e sinérgicos causados na qualidade do ar da região, considerando todas as fontes potenciais de emissão das atividades industriais ali instaladas, além das novas previstas para se implantarem e outras unidades existentes em processos de ampliação e modernização.

Para a avaliação dos impactos foi utilizada a ferramenta de modelagem matemática, indicada para tal.

Com base nas informações das estações de monitoramento meteorológico instaladas nas duas regiões, foram obtidos e tratados, de forma integrada, os dados horários de direção e velocidade dos ventos, pressão atmosférica, temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar global e precipitação pluviométrica. Como resultado da análise dos dados pontuais de meteorologia, foram obtidos cenários

meteorológicos horários típicos, que serviram de base para a aplicação direta nos modelos de dispersão da qualidade do ar.

A seguir, apresenta-se a estrutura de tese, dividida em quatro partes e em cinco Capítulos.

A primeira parte da tese aborda as questões conceituais relativas à poluição do ar. Compreende o **Capítulo 1**, que apresenta um histórico da poluição do ar, sua percepção e a evolução da gestão, bem como os conceitos básicos que constituem o referencial teórico e o **Capítulo 2**, que aborda os instrumentos de gestão utilizados no Brasil, no Estado de São Paulo e no Estado do Rio de Janeiro, e a experiência internacional na gestão da qualidade do ar.

A segunda parte tem por objetivo apresentar dois estudos de caso, ambos no Estado do Rio de Janeiro. Assim, o **Capítulo 3** apresenta a proposição de um modelo de gestão da qualidade do ar, que se desdobra em duas vertentes: gestão corretiva e gestão preventiva.

No **Capítulo 4**, são apresentadas as aplicações dos modelos propostos em situações diferenciadas em que devem ser rigorosamente avaliadas as questões de saturação do ar, tanto no sentido de recuperação, quanto no sentido de prevenção de deterioração significativa

Na terceira e última parte da tese, a partir da discussão oferecida pela pesquisa, são elaboradas as conclusões e recomendações em torno das opções de implementação de um modelo de gestão da qualidade do ar, não só para regiões já com alto nível de degradação, como para outras, ainda na fase de planejamento.

## **CAPÍTULO 1: O PROBLEMA DA QUALIDADE DO AR**

### **1. Histórico da Poluição do Ar**

Os problemas relacionados à poluição do ar não são recentes. Segundo MILLER (1989), MOREIRA (2004) e MOSLEY (2001), apesar da poluição atmosférica ser reconhecida como um dos dilemas ambientais mais importantes e controvertidos dos tempos modernos, também é um dos problemas mais antigos.

Nos primórdios da história terrestre, os vulcões já eram responsáveis pelo lançamento de poluentes na atmosfera. Uma das razões das tribos serem nômades era mudar, periodicamente, para longe do mau cheiro dos resíduos gerados de animais, vegetais e humanos. Quando as tribos humanas aprenderam a usar o fogo, eles o utilizaram, durante milênios, de uma forma que alteravam a qualidade do ar no interior do local onde viviam, respirando os produtos da combustão incompleta. Em algumas partes primitivas do mundo, onde ainda vivem algumas tribos, tal fato ainda pode ser observado.

Após a invenção da chaminé, os produtos da combustão foram removidos e o cheiro do cozimento deixou de fazer parte das moradias, mas, durante séculos, a queima livre nos fogões causou emissões.

No passado, incêndios florestais, naturais ou causados pelo homem, assim como processos primitivos de aquecimento doméstico e cozimento de alimentos eram incômodos à população local.

Em 361 A.C., Theophrastos já se referia a “*substâncias fósseis que queimam por um longo tempo, mas cujo cheiro é incômodo e desagradável*” (STERN, 1986). Em 65 A.C., o poeta Horácio lamentava que os templos de Roma estivessem enegrecidos pela fumaça, quando, então, surgiram as primeiras reclamações a respeito da poluição do ar.

No século XIII (1273), o Rei Eduardo, da Inglaterra, estabeleceu as primeiras medidas relacionadas à qualidade do ar, proibindo o uso de carvão com alto teor de enxofre. Posteriormente, Elizabeth I proibiu a queima do carvão, em Londres, durante as sessões do Parlamento, no sentido de reduzir a fumaça e o odor produzidos. No reinado que se seguiu (Eduardo II), um homem foi torturado por lançar um odor pestilento, devido à queima de carvão. Entretanto, apesar de tantas restrições, o carvão continuou a ser utilizado.

As principais indústrias associadas à poluição do ar, nos séculos que antecederam a Revolução Industrial, eram a metalúrgica, a produção de cerâmica e a preservação de produtos animais. Na era do bronze e do ferro, os vilarejos estavam expostos à poeira e aos fumos provenientes de muitas fontes. O cobre e o ouro eram forjados, a argila era fundida para produzir cerâmica e tijolos, antes de 4000 A.C. O ferro era comumente utilizado e o couro era curtido antes do ano 1 D.C..

A maioria dos métodos da metalurgia moderna foi conhecida antes do ano 1000 D.C.. A utilização do carvão vegetal é anterior à utilização do carvão mineral ou coque. O carvão mineral só foi minerado e utilizado, como combustível, antes do ano 1000 D.C. e o coque só passou a fazer parte da prática por volta do ano de 1700.

A Revolução Industrial foi consequência do aproveitamento do vapor para prover energia e bombear água e mover máquinas. Teve início nos primeiros anos do século XVIII, com as primeiras máquinas a vapor e culminou, em 1784, com o motor de combustão interna a vapor. O motor a vapor reinou supremo até ser substituído pelas turbinas a vapor, no século XX. As máquinas a vapor eram movidas a biomassa ou combustíveis fósseis, mas, no século XIX, o principal combustível era o carvão, embora já fosse utilizado algum óleo no final do século.

O problema da poluição do ar no século XIX era atribuído, principalmente, à fumaça e cinzas nas fornalhas das caldeiras, movidas a carvão ou óleo, para produzir energia elétrica; mover locomotivas e navios; além do aquecimento e da cocção em ambientes domésticos.

Na Inglaterra, o abatimento das cinzas e fumaça foi considerado como um problema de saúde pública e a primeira "*Public Health Act*" data de 1848, seguida de outras em 1866 e 1887.

Nos EUA, o abatimento da fumaça foi considerado como de responsabilidade municipal. Não havia leis federais ou estaduais ou qualquer outro regulamento. A primeira regulamentação que limitava as emissões data de 1880 e foi direcionada para indústrias, locomotivas e navios, excluindo as fontes domésticas.

No período entre 1900 e 1925 houve grandes mudanças na tecnologia, tanto de produção, quanto da engenharia de controle da poluição do ar, mas sem alterações na legislação ou entendimento da dimensão do problema. As cidades e indústrias cresciam e o seu potencial poluidor aumentava. Dentre as principais mudanças tecnológicas na redução da geração de poluentes pode-se citar a substituição do motor, a vapor pelo motor elétrico, que transferiu a emissão de fumaça e cinzas da indústria, para as centrais de geração de eletricidade. No início dessa época, o carvão

era queimado, artesanalmente, na casa de máquinas e, posteriormente, foi mecanicamente queimado em alimentadores, utilizando-se, mais tarde, carvão pulverizado, seguido de óleo e gás que começaram a ter o seu lugar. Cada forma de combustão possuía características próprias de emissão para a atmosfera.

Também, no início desse período, as locomotivas a vapor tomavam conta das grandes cidades e, no final, foram sendo substituídas por terminais urbanos de linhas eletrificadas. Dessa forma, a poluição gerada nas linhas férreas das cidades foi transferida para as centrais de geração de energia elétrica. A troca do carvão por óleo, em muitas fontes, reduziu as emissões de cinzas. Entretanto, a mudança mais significativa foi o rápido crescimento do número de veículos: quase nenhum no início do século (4.192), para milhares (4.425.830), em 1925 (STERN, 1994).

O período compreendido entre 1925 e 1950 foi marcado por emergirem grandes problemas de poluição do ar:

- 1930: Meuse Valley, na Bélgica — essa região, altamente industrializada, contava com siderúrgicas, metalúrgicas, centrais de geração de energia elétrica, indústrias de cerâmica, vidro, cimento, entre outras. Durante os cinco primeiros dias, do mês de dezembro, uma forte inversão térmica, que perdurou por quase uma semana, impediu a dispersão dos poluentes, causando um aumento nos casos de doenças respiratórias e a morte de 60 pessoas, em geral idosos;
- 1948: Donora, Pensilvania — ocorreu uma forte inversão térmica, que teve como consequência a morte de 18 pessoas e o adoecimento de cerca de 5.000, representando mais de 40% da população;
- 1950: Poza Rica, México — o lançamento de gás sulfídrico ( $H_2S$ ), de uma refinaria de petróleo, durante cerca de 25 minutos, mediante condições meteorológicas adversas, ocasionou a morte de 22 pessoas e a internação de outras 320 (SALDIVA, 2002).
- 1952: Londres — o mais grave dos episódios de poluição que se tem conhecimento ocorreu durante cinco dias do inverno daquele ano, quando uma inversão térmica, aliada a calmaria e a uma forte neblina, dificultou a dispersão dos poluentes, que, basicamente, eram gerados por indústrias e por aquecedores domiciliares, que utilizavam carvão como combustível. Como resultado da presença de altas concentrações de material particulado e dióxido de enxofre na atmosfera foram registradas 4.000 mortes. Outros

episódios semelhantes registrados na capital britânica, em 1957 e 1962, ocasionaram, respectivamente, 800 e 700 fatalidades.

Em torno dos anos de 1950, algumas melhorias tecnológicas ocorreram que contribuíram para a melhoria da qualidade do ar nos grandes centros: a construção de gasodutos que propiciaram a substituição do carvão e do óleo para o aquecimento doméstico; a locomotiva movida a diesel foi substituída pelo vapor ou por trens elétricos; e os ônibus movidos a diesel deram lugar aos elétricos. Contudo, o número de veículos automotores continuava a aumentar. Nos EUA, em 1949, em Pasadena, Califórnia, ocorreu o primeiro “*National Air Pollution Symposium*”; e, em 1950, em Washington, a primeira “*United States Technical Conference on Air Pollution*”.

Nas décadas de 60 e 70, quase todos os países da Europa, além do Japão, Austrália e Nova Zelândia experimentaram sérios episódios agudos de poluição do ar. Conseqüentemente, tais países foram os primeiros a estabelecer uma legislação de controle de poluição do ar.

Ainda, nos EUA, em 1955, surgiu a primeira regulamentação federal que fornecia suporte para a pesquisa em poluição do ar, treinamento e assistência técnica. A responsabilidade pela administração do programa federal era do Serviço de Saúde Pública (PHS), do Departamento de Saúde, Educação e Bem-estar dos EUA, assim permanecendo até 1970, quando foi criada a *Environmental Protection Agency* (EPA). A legislação inicial foi alterada e ampliada várias vezes ao longo dos últimos anos.

Foi somente após a Conferência de Estocolmo (1972) que o Brasil mostrou interesse em adotar uma política ambiental. Assim, em 1973 foi criada a Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA), vinculada ao Ministério do Interior. Na mesma década de 70 foram criadas as agências ambientais do Rio de Janeiro (FEEMA) e São Paulo (CETESB), estados mais industrializados. O marco inicial da regulamentação da poluição do ar no Brasil ocorre com a Portaria MINTER 0231, de 27/4/76, que estabeleceu padrões de qualidade do ar para alguns poluentes.

As décadas seguintes foram marcadas pela expansão das pesquisas em poluição do ar, tanto nos EUA, quanto na Europa. Os avanços tecnológicos estiveram focados, basicamente, no controle das emissões provenientes dos veículos automotores; na remoção dos óxidos de enxofre dos gases exaustos das chaminés; na dessulfurização dos combustíveis; além do controle dos óxidos de nitrogênio produzidos nos processos de combustão.

Também, na década de 80, a meteorologia evoluiu, sendo aprovados os primeiros modelos matemáticos, que simulam a dispersão dos poluentes atmosféricos. Além

disso, os métodos de amostragem e análise de poluentes foram aperfeiçoados e o monitoramento, tanto das fontes de emissão, quanto da qualidade do ar foram disseminados pelo mundo, dada a enorme variedade de equipamentos de medição desenvolvidos para tal.

A partir dos anos 60 emergiu na sociedade a consciência ambiental, ocasionando, nos vários países do mundo, articulações no sentido de criar regulamentos e organismos institucionais dedicados, exclusivamente, à causa ambiental. Já na década de 90, a preocupação da sociedade volta-se para a poluição do ar, em escala global, ou seja, a destruição da camada de ozônio e os problemas causados pelo aumento das emissões de gases do efeito estufa, culminando em grandes acordos internacionais, nem sempre bem sucedidos.

## **2. Conceitos e Definições Relacionados à Poluição do Ar**

### **2.1. Meio Ambiente**

Durante séculos meio ambiente foi entendido apenas enquanto natureza, *stricto sensu*, considerada, por um grupo, como sagrada e intocável e, por outro, como provedora de recursos infinitos e, portanto, cabível de exploração, conceito este, de certa forma, predominante até os dias atuais. A primeira concepção sofreu contínua modificação a ponto de se introduzir o termo “*conservação*” e o ser humano ser visto como parte não integrante da natureza. Segundo o Dicionário Webster's (1976), meio ambiente é:

*"condições, influências ou forças política que envolvem, influem ou modificam: o complexo de fatores (climáticos, edáficos e bióticos), que atuam sobre um organismo vivo ou uma comunidade ecológica e acaba por determinar sua forma e sua sobrevivência; a agregação das condições sociais e culturais (costumes, leis, religião e organização econômica e política) que influenciam a vida de um indivíduo ou de uma comunidade".*

A legislação em vigor, no Brasil, define meio ambiente como:

*"(...)conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas" (Lei 6.938, de 31.08.81, mantida pela Lei 7.804, de 18.07.89).*

Para muitos autores esta definição pode restringir o conceito legal de meio ambiente aos seus aspectos físicos e bióticos. Entretanto, quando se observa o que dispõem a Constituição Federal de 1988 e o conjunto de documentos legais que compõem a legislação ambiental brasileira, verifica-se que a gestão ambiental deve abranger amplamente os aspectos sociais, tão influentes em todas as formas de vida.

Em muitos outros países, o conceito legal de meio ambiente também se limitou aos aspectos naturais. Entretanto, desde o início da década de 1970 e a partir da Conferência de Estocolmo (1972), tem prevalecido a visão e a consciência de que os problemas ambientais são consequência de fatores econômicos e sociais, que condicionam e são condicionados pelo estágio de desenvolvimento.

## **2.2 - Poluição do Ar**

O conceito de poluição está relacionado à deterioração da qualidade original da atmosfera, envolvendo atividades humanas e/ou atividades naturais.

Como assinalou Bretschneider e Kurfürst (1987), a erupção do vulcão Krakatoa, em 1883, introduziu mais poeira na atmosfera do que toda fumaça produzida, até então, pelas atividades humanas ao longo da história. Além das erupções vulcânicas, outros fenômenos naturais, como queimadas nas florestas e a dispersão de areia pelo vento são fatores que intensificam o fluxo de matéria introduzida na atmosfera, "*contaminando*" o ar.

Esta "contaminação" é, na verdade, a poluição natural, como a definiu Boubel *et al* (1984), que introduz na atmosfera gases considerados poluentes.

A poluição do ar pode ser definida como:

*“alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas normais da atmosfera que possa causar danos reais ou potenciais à saúde humana, à flora, à fauna, aos ecossistemas em geral, aos materiais e à propriedade, ou prejudicar o pleno uso e gozo da propriedade ou afetar as atividades normais da população ou o seu bem estar”* (Hasegawa, 2001).

Em alguns países, como a Alemanha, a poluição atmosférica é vista como a introdução direta ou indireta de materiais na atmosfera em quantidades que afetam sua qualidade e composição resultando em efeitos negativos para o bem estar humano, a natureza viva e não viva, aos ecossistemas, aos materiais, aos recursos naturais e à utilização do meio ambiente (BRETSCHEIDER e KURFÜRST, 1987). Este conceito foi ampliado pela Convenção da Comissão Econômica Européia sobre Poluição Atmosférica Transfronteiriça de Longo Alcance (UNECE, 2004), que passou a considerar a poluição atmosférica não apenas a emissão de substâncias materiais no ar, como, também, a emissão de qualquer forma de energia capaz de causar efeitos nocivos.

Sewell (1978) define poluição do ar como toda presença de materiais estranhos no ar atmosférico. Tudo que possa ser vaporizado ou transformado em pequenas partículas, de modo que possa flutuar no ar, deve ser classificado como poluente potencial. A Lei nº6.938, de 31 de agosto de 1981, no art.3º, conceitua poluição como:

*"a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos".*

Conforme a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico(OCDE), a poluição atmosférica pode ser definida como:

*"a introdução, direta ou indiretamente, pelo homem na atmosfera, de substâncias ou energias que ocasionem conseqüências prejudiciais, de natureza a colocar em perigo a saúde humana, causar danos aos recursos biológicos e aos sistemas ecológicos ou perturbar as outras utilizações legítimas do meio ambiente".*

É desconhecida a composição do ar não contaminado e existem muitas opiniões sobre o que constitui a contaminação ou a poluição da atmosfera. Para alguns, a contaminação supõe o aumento, ou, às vezes, a redução de certos componentes da atmosfera, que não existiria sem a atividade humana. Todavia, uma

definição desta natureza seria um pouco limitada, uma vez que a atmosfera do planeta tem sofrido profundas mudanças em sua constituição ao longo dos tempos. Os fenômenos naturais, como erupções vulcânicas, incêndios florestais e tormentas de areia, decomposição de plantas e de animais, incluindo os aerossóis emitidos pelos oceanos, têm provocado significativas alterações locais, regionais e mesmo continentais, evidenciadas nos valores dos componentes atmosféricos.

Os seres humanos têm vivido no planeta Terra durante milhares de anos e suas numerosas atividades influenciaram a composição do ar, antes mesmo que fosse possível medir seus elementos constitutivos. O ar é uma mistura complexa de muitas substâncias.

Sem dúvida, quando se fala de contaminação do ar, os contaminantes são aqueles gerados pelas atividades do homem (antropogênicos). Pode-se considerar como contaminante a substância que produz um efeito prejudicial no ambiente. Estes efeitos podem alterar tanto a saúde, como o bem-estar das pessoas.

Boubel *et al.* (1994) partiram do conhecimento de que a composição aproximada da atmosfera terrestre seria de 76% de nitrogênio e 23% de oxigênio. Os restantes 1% estariam distribuídos entre o vapor d'água, gases nobres, dióxido de carbono, hidrogênio, aerossóis e outros gases-traço, tudo distribuído numa altura, aproximada, de 100 km. Assim sendo, utilizaram o termo *atmosfera não-poluída*, tomando essa composição e supondo a não interferência humana nesse equilíbrio.

Compreende-se que o estado higrométrico do ar e a existência de indústrias poluidoras e de grande número de veículos trafegando em uma cidade alterem os valores indicados nas áreas industriais e centros urbanos densamente povoados. A simples presença do homem em um ambiente altera a taxa dos componentes (MACINTYRE, 1988).

A atmosfera é dividida em algumas camadas — troposfera, estratosfera, mesosfera, termosfera e exosfera — tendo como base a temperatura (Figura 2). Destas, as mais significantes são a troposfera, que se estende a partir da superfície terrestre até uma altitude de, aproximadamente, 11 km, seguida da estratosfera, até, aproximadamente, 50 km.

A temperatura da troposfera varia de uma média de 15°C, ao nível do mar, a uma média de -56°C, no limite superior. A temperatura média da estratosfera, por sua vez, aumenta de -56°C, no limite com a troposfera, até - 2°C na fronteira superior. A razão deste aumento é a absorção da energia solar ultravioleta pelo ozônio na estratosfera (MANAHAN, 2000).

A troposfera é a camada delgada de ar, relativamente denso, mais próximo à superfície da terra, que contém o ar que todos os seres vivos necessitam para respirar. A estratosfera é a camada protetora, que ajuda a absorver e dispersar a energia solar. A Figura 1 mostra a distribuição dos elementos e compostos mais comuns pelas camadas.

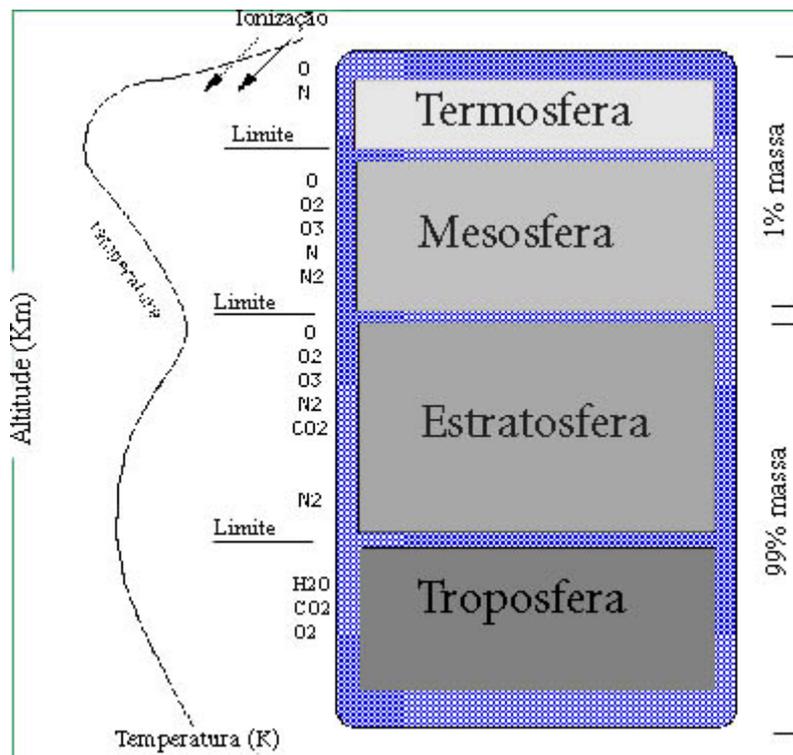


Figura 1: Distribuição dos elementos pelas camadas

Fonte: Moreira, 2004

Uma das principais características da atmosfera terrestre é ser um ambiente oxidante, fenômeno que se explica pela alta concentração de oxigênio diatômico, O<sub>2</sub>. Quase todos os gases liberados no ar, sejam “naturais” ou “poluentes”, são totalmente oxidados e seus produtos finais, ao longo do tempo, são depositados na superfície da Terra. Desse modo, as reações de oxidação são vitais para a remoção dos poluentes do ar (BAIRD, 2002).

### 2.3. Poluente Atmosférico

A Resolução CONAMA 03, de 28 de junho de 1990, define 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: impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; inconveniente ao bem estar público; danoso aos materiais, à fauna e flora; prejudicial ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade”.*

De acordo com o regulamento da Lei 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente no Estado de São Paulo, considera-se poluente toda e qualquer forma de matéria ou energia lançada ou liberada nas águas, no ar e no solo:

*“I) com intensidade, em quantidade e de concentração, em desacordo com os padrões de emissão estabelecidos neste Regulamento e normas dele decorrentes; II) com características e condições de lançamento ou liberação, em desacordo com os padrões de condicionamento e projeto estabelecidos nas mesmas prescrições; III) por fontes de poluição com características de localização e utilização em desacordo com os referidos padrões de condicionamento e projeto; IV) com intensidade, em quantidade e de concentração ou com características que, direta ou indiretamente tornem ou possam tornar ultrapassáveis os padrões de qualidade do Meio Ambiente estabelecidos neste Regulamento e normas dele decorrentes; V) que, independente de estarem enquadrados nos incisos anteriores, tornem ou possam tornar as águas, o ar ou o solo impróprios, nocivos ou ofensivos à saúde, inconvenientes ao bem-estar público; danosos aos materiais, à fauna e à flora; prejudiciais à segurança, ao uso e gozo da propriedade, bem como às atividades normais da comunidade”.*

Segundo Bretschneider e Kurfürst (1987):

*“Poluente atmosférico é toda substância sólida, líquida ou gasosa que afeta prejudicialmente o meio ambiente após mudanças químicas na atmosfera ou pela ação sinérgica com outras substâncias”.*

Os poluentes causam prejuízo à composição química da atmosfera com as seguintes consequências: perigo ou prejuízo ao bem estar dos homens e dos animais; dano ao meio ambiente (natural, residencial ou área de trabalho), levando a efeitos sobre a sociedade que podem ou não ser expressos financeiramente ou que conduzam a deterioração do conforto, como a diminuição da visibilidade.

Os poluentes atmosféricos, em forma de matéria, podem ser enquadrados, em função do seu estado físico, em dois grupos:

**Material Particulado** — são partículas sólidas ou líquidas emitidas por fontes de poluição do ar ou formadas na atmosfera, como as partículas de sulfatos. O material particulado pode ser classificado, segundo método de formação, em poeiras, fumos, fumaças e névoas (partículas líquidas);

**Gases e vapores** — são poluentes na forma molecular, quer como gases permanentes, como o dióxido de enxofre, o monóxido de carbono, o ozônio, os óxidos de nitrogênio; quer como na forma transitória de vapor, como os vapores orgânicos em geral.

De acordo com a sua origem, os poluentes em forma de matéria podem ser classificados em poluentes primários, oriundos das emissões diretas, e poluentes secundários, formados na atmosfera por reações químicas ou mesmo fotoquímicas entre dois ou mais poluentes ou com a participação de constituintes normais da atmosfera, como é o caso da formação de ozônio, no *smog* fotoquímico.

Os poluentes, também, podem ser classificados, segundo a classificação química, em orgânicos e inorgânicos.

De outra forma, há importantes sub-classificações, como as substâncias causadoras de odores incômodos, como o gás sulfídrico, as mercaptanas, os solventes orgânicos; os poluentes altamente tóxicos, como as dioxinas, os furanos; alguns compostos orgânicos aromáticos, como o benzeno, os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA), metais pesados como cádmio, mercúrio, cromo hexavalente, níquel.

A determinação da qualidade do ar está restrita a um grupo de poluentes, quer por sua maior frequência de ocorrência, quer pelos efeitos adversos que causam ao meio ambiente. O grupo de poluentes consagrados universalmente como indicadores mais abrangentes da qualidade do ar é composto por: dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), partículas total em suspensão (PTS), partículas inaláveis (PI), monóxido de carbono (CO), ozônio (O<sub>3</sub>), hidrocarbonetos totais (HC) e óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>). A razão

da escolha desses indicadores está ligada a sua maior frequência de ocorrência e aos efeitos adversos que causam ao meio ambiente.

Na Tabela 1 os principais poluentes considerados indicadores da qualidade do ar, bem como suas características, quais suas origens principais e seus efeitos ao meio ambiente.

**Tabela 1: Poluentes monitorados, suas origens e efeitos à saúde**

<b>Poluentes Monitorados</b>	<b>Fontes de Emissão</b>	<b>Efeitos à Saúde</b>
<b>Partículas em suspensão (poeira)</b>	Combustão incompleta originada da indústria, motores à combustão, queimadas e poeiras diversas.	Interfere no sistema respiratório, pode afetar os pulmões e todo o organismo.
<b>Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>)</b>	Queima de combustíveis fósseis que contenham enxofre, como óleo combustível, carvão mineral e óleo diesel.	Ação irritante nas vias respiratórias, o que provoca tosse e até falta de ar. Agravando os sintomas da asma e da bronquite crônica. Afeta, ainda, outros órgãos sensoriais.
<b>Óxidos de Nitrogênio (NO<sub>2</sub> e NO)</b>	Queima de combustíveis em altas temperaturas em veículos, aviões fornos e incineradores.	Agem sobre o sistema respiratório, podendo causar irritações e, em altas concentrações, problemas respiratórios e edema pulmonar.
<b>Monóxido de Carbono (CO)</b>	Combustão incompleta de materiais que contenham carbono, como derivados de petróleo e carvão.	Provoca dificuldades respiratórias e asfixia. É perigoso para aqueles que têm problemas cardíacos e pulmonares.
<b>Ozônio (O<sub>3</sub>)</b>	Não é um poluente emitido diretamente pelas fontes, mas formado na atmosfera através da reação entre os compostos orgânicos voláteis e óxidos de nitrogênio em presença de luz solar.	Irritação nos olhos e nas vias respiratórias, agravando doenças pré-existentes, como asma e bronquite, reduzindo as funções pulmonares.

Fonte: INEA, 2010

De uma maneira geral, os poluentes comumente monitorados, chamados de poluentes clássicos, são caracterizados por:

### **Material Particulado**

É um conjunto de poluentes constituídos de poeiras, fumaças e todo o tipo de material sólido e líquido que se mantém suspenso na atmosfera por causa de seu pequeno tamanho. Resulta da queima incompleta de combustíveis e de seus aditivos, de processos industriais e do desgaste de pneus e freios. Em geral, são provenientes da fumaça emitida pelos veículos movidos a óleo diesel; da fumaça expelida pelas chaminés das indústrias ou pelas queimadas; da poeira depositada nas ruas e dos resíduos de processos industriais que utilizam material granulado; de obras viárias ou que movimentam terra, areia (CETESB, 2002).

O material particulado serve de meio de transporte para outras substâncias, como hidrocarbonetos e metais, que se agregam às partículas (NETTO, 1999; QUITERIO, 2004).

Dentre as partículas inaláveis, as maiores, com diâmetro entre 2,5 e 30  $\mu\text{m}$ , são provenientes da combustão descontrolada e da dispersão mecânica do solo ou outros materiais da crosta terrestre, que apresentem características básicas, contendo silício, titânio, alumínio, ferro, sódio e cloro. Pólenes e esporos, materiais biológicos, também, se encontram nesta faixa de material particulado e ficam retidos na parte superior do sistema respiratório. Já as partículas mais finas, com diâmetro menor que 2,5  $\mu\text{m}$ , são derivadas dos processos de combustão, em fontes móveis ou estacionárias, como automóveis, incineradores e termoelétricas e podem atingir os alvéolos pulmonares, que se constituem na região mais profunda do sistema respiratório (CETESB, 2002).

De acordo com seus principais componentes, pode-se citar o carbono, chumbo, vanádio, bromo e óxidos de enxofre e nitrogênio, que na forma de aerossóis — uma estável mistura de partículas suspensas em um gás— são a maior fração das partículas (CETESB, 2002).

Entre os sintomas relacionados com a inalação do material particulado estão as alergias, asma e bronquite crônica. Causa, também, irritação nos olhos e garganta, reduzindo a resistência às infecções (CETESB, 2002; QUITERIO, 2004).

Os efeitos adversos do material particulado na atmosfera começam pelo aspecto estético, pois este interfere na visibilidade e está associado com a produção de corrosão e sujeira em superfícies (edifícios, tecidos, outros materiais). Os efeitos sobre a saúde estão associados à:

- incapacidade de o sistema respiratório remover as partículas no ar inalado, retendo-as nos pulmões;
- presença nas partículas de substâncias minerais que possuam propriedades tóxicas;
- presença nas partículas de compostos orgânicos, como os hidrocarbonetos policíclicos, que possuem propriedades carcinogênicas;
- capacidade das partículas de aumentar os efeitos fisiológicos de gases irritantes também presentes no ar ou de catalisar e transformar quimicamente estes gases criando espécies mais nocivas.

O tamanho da partícula desempenha um papel importante nos efeitos das mesmas sobre a saúde. As chamadas partículas grossas (diâmetro  $> 10 \mu\text{m}$ ) são retidas no sistema respiratório superior, enquanto as partículas finas (diâmetro  $< 10 \mu\text{m}$ )

penetram mais profundamente, atingindo, inclusive, os alvéolos pulmonares, no caso das partículas submicrônicas.

A capacidade do material particulado fino de aumentar os efeitos fisiológicos dos gases presentes no ar é um dos aspectos mais importantes da poluição do ar por material particulado. Os efeitos de uma mistura de material particulado e dióxido de enxofre, por exemplo, são mais acentuados que a presença isolada de cada um deles (CLEMENTE, 2000).

Cornwell e Mackenzie (1988) descrevem que estudos efetuados nos Estados Unidos, Brasil e Alemanha relacionaram níveis mais altos de particulados ao aumento de morte por doença respiratória, cardiovascular e câncer, como, também, com pneumonia, perda de função pulmonar, asma e consequente aumento da admissão em hospital.

### **Óxidos de Enxofre**

Os óxidos de enxofre são emitidos, tradicionalmente, na queima de combustíveis fósseis, como óleo combustível, óleo diesel e carvão. Na atmosfera, este poluente pode ser oxidado, originando ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), o aerossol ácido mais irritante para o trato respiratório (SALDIVA, 2002), contribuindo para outro grande problema, a deposição ácida — somatório entre a deposição ácida seca e úmida. A componente mais popularizada da deposição ácida, a úmida, é conhecida como “chuva ácida”. Essa oxidação dependerá de diversos fatores, como incidência de radiação solar, temperatura e umidade do ar, absorção do gás na superfície das partículas e tempo de permanência na atmosfera.

O enxofre é encontrado em estado natural em muitos tipos de combustíveis sólidos ou líquidos. O gás é acre, corrosivo e tóxico, mas a ameaça para a saúde ocorre quando o dióxido de enxofre se combina no ar com o vapor de água e outros compostos, para formar o ácido sulfúrico e sulfatos.

Os efeitos dos gases na saúde humana estão intimamente associados à solubilidade desses nas paredes do aparelho respiratório, fato este que governa a quantidade de poluente capaz de atingir as porções mais profundas do aparelho respiratório.

O dióxido de enxofre é altamente solúvel nas passagens úmidas do aparelho respiratório superior, conduzindo a um aumento da resistência à passagem e ao aumento da produção de muco.

Existem evidências de que o dióxido de enxofre agrava as doenças respiratórias pré-existentes e também contribui para o seu desenvolvimento. O dióxido de enxofre, sozinho, produz irritação no sistema respiratório e, adsorvido em partículas, pode ser conduzido mais profundamente e produzir danos ao tecido do pulmão.

Estudos epidemiológicos e clínicos mostram que certas pessoas são mais sensíveis ao dióxido de enxofre que outras. Exposições prolongadas a baixas concentrações têm sido associadas com o aumento da morbidade cardiovascular em pessoas idosas (SANTOS, 2004).

### **Monóxido de Carbono**

O monóxido de carbono (CO) é formado pela queima incompleta dos combustíveis fósseis. Os veículos automotores representam a fonte preponderante. O monóxido de carbono é um gás incolor, inodoro, tóxico e ligeiramente mais leve que o ar.

Com exceção dos fumantes, que possuem suas próprias fontes emissoras de CO, os demais habitantes dos grandes centros urbanos têm no trânsito intenso a sua maior fonte, uma vez que resulta da queima incompleta de combustíveis. Os efeitos da exposição de seres humanos ao monóxido de carbono estão associados à capacidade de transporte de oxigênio no sangue. O monóxido de carbono compete com o oxigênio na combinação com a hemoglobina no sangue, uma vez que sua afinidade com este gás poluente é 210 vezes maior do que com o oxigênio. Quando uma molécula de hemoglobina recebe uma molécula de monóxido de carbono forma-se a carboxihemoglobina, que diminui a capacidade do sangue de transportar oxigênio (ALMEIDA, 2004).

A elevação dos índices de CO pode resultar em altos níveis de carboxihemoglobina no sangue, afetando a capacidade de trabalho e de exercício físico em pessoas saudáveis. Resulta, também, em efeitos cardiovasculares, agravando seriamente o quadro de portadores de doenças cardíacas (BRAGA et al., 2002).

Estudos experimentais têm demonstrado que baixos níveis de carboxihemoglobina já podem causar diminuição na capacidade de estimar intervalos de tempo e podem diminuir os reflexos e a acuidade visual da pessoa exposta. Por esta razão, altos índices de monóxido de carbono em áreas de tráfego intenso têm sido apontados como causa adicional de acidentes de trânsito. Os sintomas de intoxicação são: desconforto físico, náuseas, dor de cabeça, tontura, perda de

concentração e, dependendo da intensidade da exposição, pode levar à morte em poucas horas ou minutos (CETESB, 2002).

### **Hidrocarbonetos (HC)**

Os hidrocarbonetos constituem-se de vapores de combustíveis não queimados, além das perdas evaporativas, que se verificam em tanques de estocagem de substâncias orgânicas, solventes em evaporação do asfalto, emissões gasosas de vegetação viva e em estado de apodrecimento ou o produto de qualquer reação que envolva matéria orgânica (ALMEIDA, 2004).

Embora não sejam considerados tóxicos, em concentrações normais, são considerados agentes causadores de câncer. Também, contribuem para a névoa escura e amarelada que cobre as cidades (CLEMENTE, 2000).

Podem ser encontrados na atmosfera na forma de gases (como o metano), líquidos e sólidos. Estes podem reagir com diversas outras substâncias, como o nitrogênio, oxigênio e enxofre formando diferentes compostos (SANTOS, 2004).

### **Óxidos de Nitrogênio**

Representam a soma das concentrações de monóxido de nitrogênio (NO) e do dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) e são gerados pela queima de combustíveis a altas temperaturas. Dentre as fontes desses poluentes destacam-se os veículos automotores, as centrais de geração termoelétrica e outros processos industriais. A alta reatividade destes compostos leva a formação de ozônio, que será descrita adiante.

O monóxido de nitrogênio tem a capacidade de se oxidar rapidamente, formando o dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), nas condições atmosféricas. Esse processo acontece como resultado da foto-oxidação dos compostos orgânicos voláteis, pelo radical hidroxila, na presença de luz e oxigênio, provocando o “*smog*” oxidante.

Os óxidos de nitrogênio são produzidos quando o ar é aquecido a altas temperaturas, como acontece num cilindro de automóvel ou na fomalha de alta temperatura de uma usina de energia elétrica.

Após a dissociação térmica do N<sub>2</sub>, o nitrogênio reage com o O<sub>2</sub> para formar o óxido nítrico (NO) e, posteriormente, este se converte em dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>). O gás tem cor parda amarelada e irrita levemente os pulmões em baixas

concentrações. Quando se combina com a chuva forma-se o ácido nítrico (CLEMENTE, 2000).

No caso dos óxidos de nitrogênio (NO e NO<sub>2</sub>), somente o NO<sub>2</sub> é motivo de preocupação por si mesmo. Devido à sua baixa solubilidade é capaz de penetrar profundamente no sistema respiratório, podendo dar origem as nitrosaminas, algumas das quais podem ser carcinogênicas. O dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) é, também, um poderoso irritante, podendo conduzir a sintomas que lembram àqueles do enfisema (CETESB, 2002).

### **Ozônio**

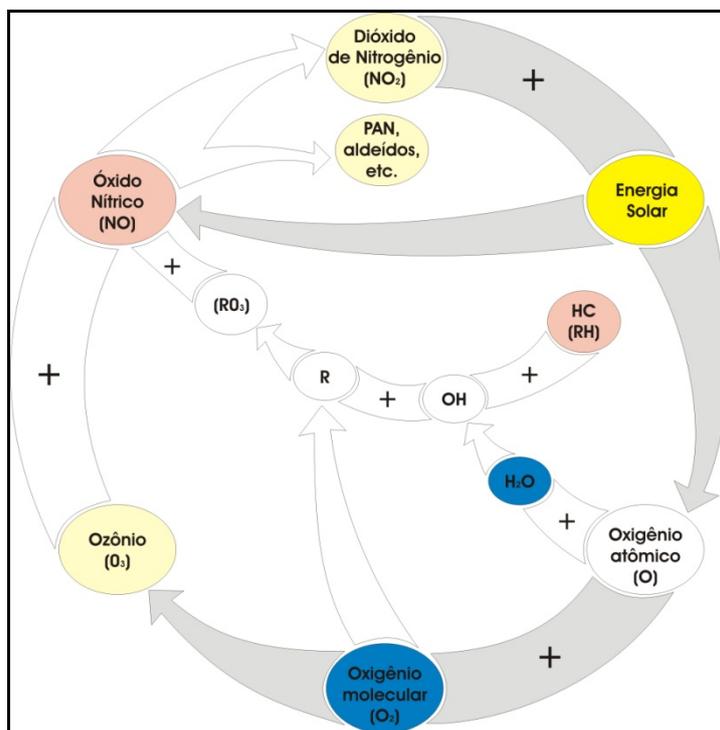
O ozônio é um poluente secundário, formado na troposfera pela reação de moléculas de oxigênio com átomos de oxigênio produzidos a partir da fotodecomposição do dióxido de nitrogênio. Este último é formado no processo de fotooxidação dos compostos orgânicos voláteis, liberados na combustão da gasolina, diesel e outros combustíveis. Tanto a oxidação dos hidrocarbonetos, quanto a fotodecomposição do NO<sub>2</sub> são resultado da incidência de luz solar e, assim, em geral, é observado um acréscimo da concentração de ozônio, com o aumento da radiação solar. Pode considerar-se o ozônio como o principal produto da oxidação dos hidrocarbonetos (ALMEIDA, 2004).

A formação do ozônio, assim como de outros oxidantes, depende, de forma não-linear, de uma série de fatores como: distribuição espectral e intensidade da radiação solar, concentrações dos precursores no ar ambiente, velocidade das reações químicas destes precursores, processos de mistura na atmosfera (SEINFELD, 1986).

A produção química do ozônio na troposfera ocorre a partir de reações químicas mediante a ação da luz solar e de oxidações fotoquímicas. Sendo o ozônio um poluente secundário, o sinergismo entre os poluentes atua como um fator complicador para o problema, dificultando a modelagem e previsão da formação deste (CARVALHO, 2006).

O ciclo fotoquímico que leva a formação do ozônio e outros poluentes fotoquímicos está apresentado na Figura 2. Em determinadas condições meteorológicas pode ocorrer a fotólise do NO<sub>2</sub>, voltando a NO e liberando oxigênio atômico no estado excitado (O\*), que pode reagir com o oxigênio molecular, naturalmente encontrado na atmosfera, formando então o ozônio (EPA, 2006).

Por outro lado, esta reação pode ser revertida, a partir da quebra da molécula de ozônio, por raios solares com comprimento de onda menor que 310 nm, liberando oxigênio atômico (que vai então realizar outras reações fotoquímicas produzindo o radical OH<sup>-</sup>). Este radical pode formar novamente ozônio e outras substâncias ou mesmo ser um sumidoro para NO<sub>x</sub>, produzindo compostos nitrogenados.



**Figura 2: Esquemática do Ciclo Fotoquímico do Ozônio**

Fonte: Adaptada de *Air Quality Criteria for Photochemical Oxidants – U.S. Department of Health, Education, and Welfare, 1970*

A complexidade do processo de formação deste poluente que envolve um grande número de fatores físicos e químicos, variando espacialmente e temporalmente de forma não linear, ainda não é totalmente conhecida. Outro fator complicador está na escala temporal da formação e remoção do poluente, que, geralmente, é da ordem de poucas horas.

Por ser um gás extremamente tóxico, pode causar sérios efeitos, mesmo em baixa concentração. Provoca irritação dos olhos, nariz e garganta, envelhecimento precoce da pele, náusea, dor de cabeça, tosse, fadiga, aumento do muco, diminuição da resistência orgânica às infecções e agravamento de doenças respiratórias. Além disso, o gás tem forte ação corrosiva e reduz a vida útil dos materiais.

Os efeitos da exposição ao ozônio são mais pronunciados durante exercícios físicos, quando pode ocorrer uma sensível redução da capacidade respiratória. Por esta razão, em dias muito poluídos não é recomendável praticar exercícios, principalmente entre as 13 e 16 horas.

É sempre bom ressaltar que o ozônio é tóxico quando está na faixa de ar próxima do solo, onde vivemos, mas que na estratosfera o ozônio tem a importante função de proteger a Terra, como um filtro, dos raios ultravioletas emitidos pelo sol (SEINFELD & PANDIS, 1998; CETESB, 2002).

#### **2.4. Fontes de emissão**

Um poluente pode ter diversas origens, denominadas “fontes”. Essas fontes podem se constituir em emissões diretas na atmosfera — pelas chaminés das fábricas, tubos de escapamentos dos veículos etc. — ou resultar da transformação química de constituintes do ar. Graças a alguns processos denominados sumidouros, esses poluentes podem desaparecer mais ou menos rapidamente, por exemplo, podem ser captados pelos vegetais, pela terra ou oceanos ou transformados quimicamente em outros compostos.

Segundo Hasegawa (2001):

*“fonte de poluição do ar é qualquer processo, equipamento, sistema, máquina, empreendimento etc., que possa liberar ou emitir matéria ou energia para a atmosfera, de modo a torná-la poluída”.*

Entre as diferentes fontes de um poluente podem ser distinguidas as fontes naturais — emissões da vegetação, oceanos, vulcões etc.— e as fontes antrópicas, que resultam das atividades humanas. As emissões naturais são muito significativas, quando comparadas com as antropogênicas e, em muitos casos, são muito maiores. O limite entre ambas é, algumas vezes, difícil de ser determinado, como no caso dos incêndios florestais, que produzem quantidades consideráveis de contaminação de gases e partículas, podendo tanto ser de origem antrópica, como natural.

Stern *et al* (1984), assinalou que se, por exemplo, uma atividade humana resultasse na remoção da camada superficial da terra e, posteriormente, o particulado ali formado fosse carregado pelo vento para outra região, onde as pessoas sofressem o prejuízo, ficaria difícil decidir se o evento é natural ou resultante da atividade humana. A correta definição dependeria do tempo de análise. Ou, no caso dos incêndios florestais, com produção de emissões bastante significativas, que podem ser de origem natural ou antropogênica.

As fontes dos poluentes atmosféricos são potencialmente numerosas. As fontes naturais estão disseminadas no conjunto do planeta e sempre existiram, ao passo que suas intensidades têm variado, consideravelmente, ao longo dos séculos.

Dependendo dos poluentes considerados, tais fontes são mais ou menos importantes que as fontes antrópicas. Fonte de poluição atmosférica é um conceito amplo que, segundo Bretschneider e Kurfürst (1987), pode ser definido como:

- um local do qual escapam substâncias poluentes — chaminés, dutos, descargas de ar etc.;
- processos e/ou equipamentos de produção — caldeiras, fornos, linhas de produção, câmaras de combustão etc.;
- uma área como conjunto de pontos e/ou processos e equipamentos numa região específica, capazes de liberar matéria ou energia para a atmosfera, tornando-a poluída.

Segundo a CETESB (2000):

*“São consideradas fontes de poluição do ar todas as obras, atividades, instalações, empreendimentos, processos, dispositivos móveis ou imóveis ou meios de transportes, que direta ou indiretamente causem ou possam causar poluição ao meio ambiente”.*

As diversas fontes de poluição podem ser enquadradas dentro da seguinte classificação:

- Fontes fixas — representadas por dois grandes grupos:
  - De atividades pouco representativas nas áreas urbanas, como as queimas de resíduos, as lavanderias e queima de combustíveis em padarias, hotéis, hospitais e outras atividades tidas usualmente como fontes de poluição não-industriais;
  - De atividades individualmente significativas, tendo em vista a variedade ou intensidade de poluentes emitidos, como a poluição resultante dos processos industriais;
- Fontes móveis — compostas pelos meios de transporte aéreo, marítimo e terrestre, em especial os veículos automotores que, pelo número e distribuição ocupacional espacial, passam a constituir-se como fontes de destaque nas áreas urbanas;

- Fontes naturais — associadas aos processos naturais de emissão, como as emissões vulcânicas, o "spray" marinho, a poeira cósmica e o arraste eólico, entre outros.

A Tabela 2, apresentada a seguir, ilustra a relação entre as diversas fontes e seus poluentes característicos.

**Tabela 2: Relação entre fontes e seus poluentes característicos**

Fontes		Poluentes
Classificação	Tipo	
Fontes Estacionárias	Combustão	Material particulado
		Dióxido de enxofre e trióxido de enxofre
		Monóxido de carbono
		Hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio
	Processo Industrial	Material particulado (fumos, poeiras e névoas)
		Gases: SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub> , HCL e Hidrocarbonetos
		Mercaptanas, HF, H <sub>2</sub> S, NO <sub>x</sub>
Queima de Resíduos Sólidos	Material particulado	
	Gases: SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub> , HCL, NO <sub>x</sub>	
Outros	Hidrocarbonetos, material particulado	
Fontes Móveis	Veículos Automotores	Material particulado, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos e óxidos de enxofre
	Aviões e Barcos	Óxidos de enxofre e óxidos de nitrogênio
	Locomotivas etc.	Ácidos orgânicos, hidrocarbonetos e aldeídos
Fontes Naturais		Material particulado – poeiras
		Gases – SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub> , HCL, NO <sub>x</sub> , hidrocarbonetos
Reações Químicas		Poluentes secundários - O <sub>3</sub> , aldeídos
		Ácidos orgânicos, nitratos orgânicos
		Aerossol fotoquímico etc.

Fonte: Maia, 2000

Os locais os quais os poluentes desaparecem do ar são chamados sumidouros que podem incluir: solo, vegetação, estruturas, corpos d'água, oceanos etc. Os mecanismos pelos quais os poluentes são removidos da atmosfera são chamados mecanismos de remoção e a medida usada para identificar o tempo de residência de um poluente é a meia-vida — o tempo que leva para metade da quantidade do poluente emanado de uma fonte desaparecer nos vários sumidouros. Em geral, os poluentes têm uma meia-vida suficientemente curta, isto é, de dias em lugar de anos.

## 2.5 Inventário de Emissões Atmosféricas

A EPA (1999) define a ferramenta Inventário de Emissões Atmosféricas como sendo uma listagem atualizada e abrangente das emissões atmosféricas causadas por fontes ou grupo de fontes que estão localizadas numa área geográfica específica para um intervalo de tempo definido.

Um inventário de emissões envolve a investigação de cada fonte ou grupo de fontes, dentro de uma área, para determinar a quantidade e a qualidade dos poluentes de vários tipos que estão sendo lançados na atmosfera. Usualmente, um inventário de emissões deve conter as seguintes informações (EEA, 2003):

- Área geográfica coberta pelo inventário;
- Intervalo de tempo considerado para a estimativa, isto é, anual, mensal, horário;
- Informações de dados econômicos e/ou sociais, tais como: população, nível de emprego, utilizados nas estimativas e distribuição das emissões;
- Descrição das categorias de fontes abrangidas;
- Procedimentos usados para a coleta de dados;
- Fonte dos dados coletados;
- Cópia dos questionários e resultados (número de questionários enviados, número de respostas recebidas, métodos utilizados para se fazer a extrapolação dos dados não recebidos e outras considerações realizadas);
- Citação de todos os fatores de emissão utilizados;
- Identificação dos métodos usados para o cálculo das emissões;
- Documentação completa de todas as considerações realizadas;
- Identificação das fontes de emissão não incluídas no inventário;
- Lista de referências.

A preparação do inventário de emissões é um processo contínuo que envolve uma série de etapas inter-relacionadas, como a busca e compilação de dados, vistorias em plantas industriais, envio de questionários e cálculos de emissões, devendo ser executadas com prévio planejamento em vários níveis de aplicação para a obtenção de resultados consistentes e para o bom desempenho das atividades.

Segundo a *European Environment Agency* - EEA (2002), o inventário de emissões atmosféricas é a base essencial para todos os programas de gerenciamento da qualidade do ar. Esta ferramenta pode ser usada com vários propósitos, mas, freqüentemente, é desenvolvida para atender às requisições regulamentadas pelas agências ambientais.

O inventário também pode ser usado para avaliar o *status* da qualidade do ar de uma região e suas relações com os padrões de qualidade do ar; avaliar a efetividade dos programas de controle de poluição do ar e servir de base para a implementação de mudanças necessárias nesses programas.

As informações técnicas originadas do inventário de emissões podem ainda ter os seguintes usos específicos (EPA, 1999; EEA, 2003):

- Determinar conformidades ou não conformidades com os padrões estabelecidos;
  - Estabelecer uma linha de base para medidas de planejamento e controle;
  - Identificar as fontes e os níveis de emissões, padrões e tendências para o desenvolvimento de estratégias de controle e novas regulamentações;
  - Servir como dados de entrada para o desenvolvimento de modelos preditivos da concentração de poluentes;
  - Servir como dados para estudos de avaliação de riscos à saúde humana;
  - Conduzir avaliação de impacto ambiental para fontes novas;
  - Servir como base nos processos de licenciamento ambiental;
  - Servir como ferramenta nos programas futuros de créditos de emissões;
  - Estabelecer áreas para implantação de estações de monitoramento da qualidade do ar.
- Identificação dos processos de redução de emissões a serem adotados.

## **2.6. Escalas da Poluição do Ar**

O problema da poluição do ar não é único, são vários problemas distintos com características próprias. Segundo Boubel *et al* (1984), estes podem ser abordados estabelecendo as escalas de poluição do ar.

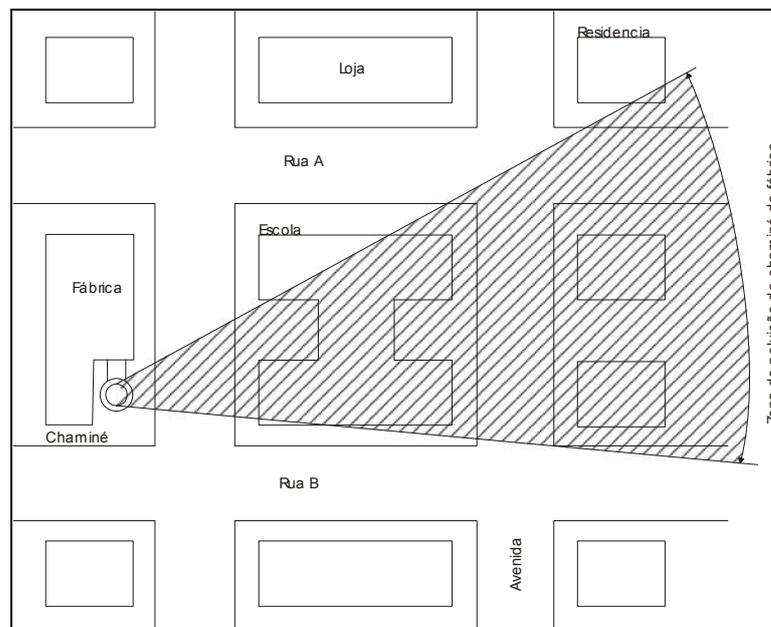
É reconhecido que, quando se trata de poluição do ar, várias escalas devem ser diferenciadas: a primeira a ser considerada é a escala horizontal, ou seja, quanto da superfície terrestre está envolvido; a segunda é a vertical, que define o tamanho da camada da atmosfera que é atingido; a terceira está relacionada ao tempo de desenvolvimento do problema, bem como de sua solução e a quarta, refere-se à escala organizacional requerida para a resolução do problema.

Quanto às dimensões da poluição do ar, a problemática é normalmente abordada de acordo com a seguinte classificação:

- Micro — restringe-se a recintos fechados, ocorrendo, principalmente, nos interiores das instalações. Caracteriza-se, na maioria das vezes, pela presença

de substâncias que se desprendem das superfícies de materiais de construção, acabamentos, decoração, mobiliário. Também, os sistemas de ar condicionado, produtos de consumo utilizados para manutenção e cuidados pessoais, poeira, infiltração de ar externo, tintas de copiadoras, o ato de fumar, são exemplos de poluição *indoor*, como é comumente chamada.

- Local — ocorre quando a fonte e o receptor estão muito próximos, geralmente no campo de visão um do outro. A poluição do ar local é aquela para qual a fonte ou o conjunto de fontes que afetam um receptor podem ser identificadas, sem a necessidade específica de se aplicar um traçador (Figura 3). Um exemplo típico é o intenso tráfego de veículos (fonte), numa determinada via de atividade comercial, onde os pedestres, os ocupantes dos veículos e dos prédios adjacentes são os receptores.

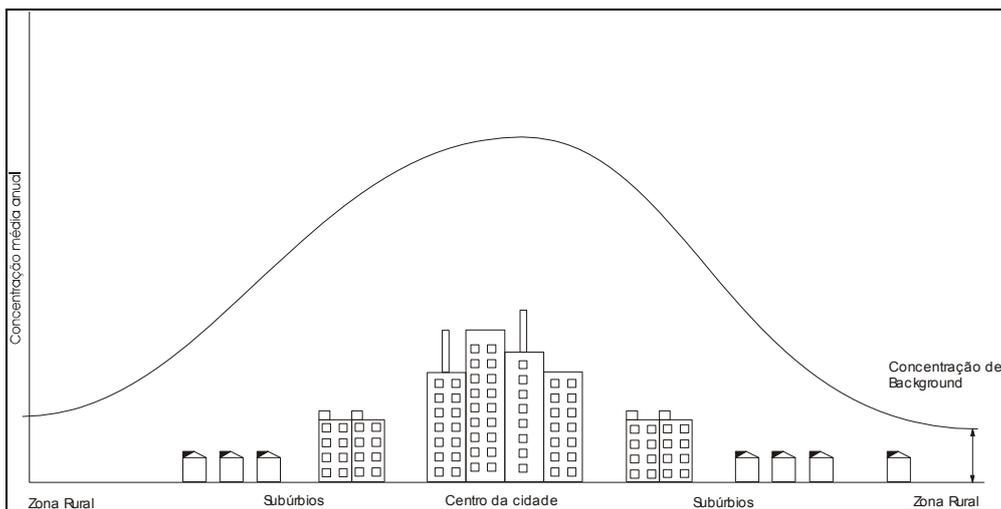


**Figura 3: Dimensão local da poluição do ar**

Fonte: Cavalcanti, 2003

- Urbana — ocorre nos centros urbanos, incluindo a zona suburbana, atingindo o interior. A poluição do ar é o maior problema associado com a maioria das áreas urbanas. Acredita-se que mais do que 1 bilhão de pessoas residam em cidades com qualidade do ar bastante degradada. As fontes de poluição do ar incluem as emissões industriais e veiculares, além da geração de energia elétrica. De uma maneira geral, a poluição do ar é maior nas cidades, pela maior concentração de fontes, seguida das regiões suburbanas, com menor

concentração, porém influenciadas pelas emissões do centro urbano e, por último, nas áreas rurais onde, normalmente, as concentrações observadas são consideradas como *background* das áreas urbanas (Figura 4). Numa área urbana o maior problema de poluição atmosférica ocorre quando há estagnação nos processos de ventilação. Normalmente, uma cidade é ventilada por dois mecanismos: fluxo de vento horizontal, que remove a poluição lateralmente e convecção vertical, que remove a poluição para níveis mais altos da atmosfera. Esses dois mecanismos normalmente ocorrem em qualquer área urbana, em maior ou menor extensão. Entretanto, em determinadas situações meteorológicas um ou ambos os mecanismos podem sofrer alterações, resultando em calmaria e/ou em inversão térmica. Nesses casos, normalmente ocorre uma estagnação atmosférica, podendo ocasionar episódios agudos de poluição do ar.



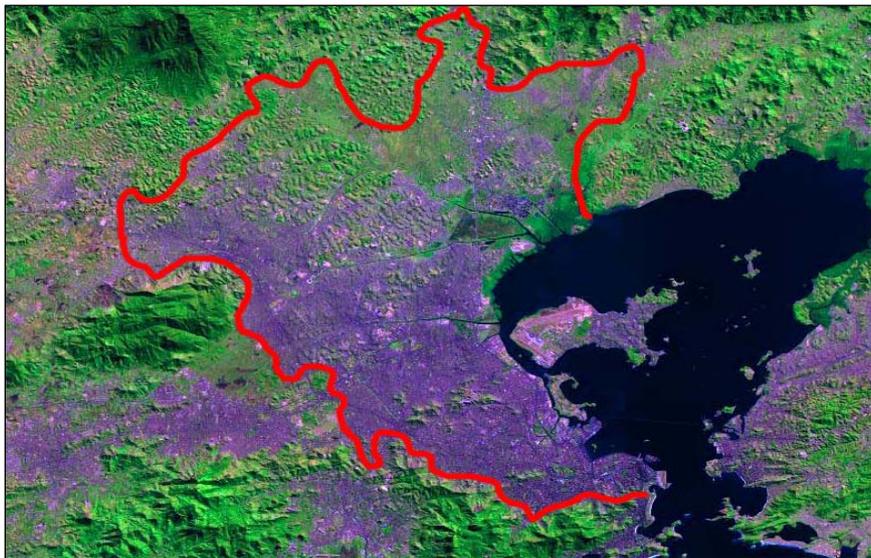
**Figura 4: Poluição do ar urbana**

Fonte: Cavalcanti, 2003

- Regional — a qualidade do ar ambiente é função das características das fontes de emissão presentes, da quantidade e tipo de poluente emitido e das situações microclimáticas, que não só atuam diretamente nos mecanismos de dispersão, como, também, podem agravar ou atenuar as concentrações de poluentes do ar numa determinada região. O relevo, a cobertura do solo e as características climatológicas criam áreas homogêneas em termos dos mecanismos responsáveis pela dispersão de poluentes no ar. Desse modo, áreas não poluídas são influenciadas pelo que é emitido em outras, ou seja, a

poluição do ar de áreas urbanas irá contaminar seu entorno que, originalmente, tem o ar considerado de boa qualidade.

Essas áreas, delimitadas pela topografia e os espaços aéreos vertical e horizontal, constituem uma bacia aérea. A utilização da bacia aérea como unidade de planejamento ambiental é uma das formas adotadas para a gestão da poluição do ar. Dessa forma, levando-se em consideração as influências da topografia e da meteorologia, na capacidade dispersiva dos poluentes atmosféricos de uma região são delineadas as bacias aéreas. Como exemplo, pode-se citar a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), onde são delimitadas quatro bacias aéreas. A Figura 5 mostra a Bacia Aérea III, que compreende a Zona Norte do município do Rio de Janeiro e os municípios da Baixada Fluminense, ocupando uma área de cerca de 700 km<sup>2</sup>. Pode-se visualizar que toda a poluição proveniente do adensamento urbano irá se homogeneizar, causando a degradação da bacia como um todo, degradando o ar das áreas ainda não ocupadas.



**Figura 5: Bacia Aérea III da Região Metropolitana do Rio de Janeiro**  
Fonte: Cavalcanti, 2003

- Continental — nessa dimensão, o problema de poluição do ar está enormemente relacionado ao transporte de poluentes para fronteiras internacionais. Um exemplo típico deste caso é a ação da deposição ácida, como verificado na Europa e entre nordeste dos EUA e sudeste do Canadá, onde ocorrem chuvas ácidas com pH próximo de 4,0. Na parte Oeste dos EUA

a chuva ácida é menos intensa, pois o carvão utilizado nas termelétricas tem menor conteúdo de enxofre.

Na Europa, principalmente pelas termelétricas a carvão e emissões veiculares, as emissões afetam, principalmente, os países escandinavos, em função de ventos predominantes e pela existência de numerosos lagos. O principal agente das deposições ácidas tem sido os óxidos de enxofre. Os óxidos de nitrogênio não são tão eficientes, como os de enxofre, na produção de chuva ácida, pois devem passar por uma série de reações para chegar a se transformar em ácidos e isso ocorre ao longo da dispersão da pluma de emissões, ou seja, em locais distantes da fonte e já mais diluídos. Entretanto, atualmente, verifica-se uma grande preocupação com o aporte de nitrogênio como  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$  pelos impactos provocados pelo excesso de N a ecossistemas aquáticos e terrestres.

- Global — a dimensão global da poluição do ar está relacionada com o transporte de poluentes em torno do globo terrestre. Atualmente, pode ser caracterizada pela redução da camada de ozônio e aumento do efeito estufa. A grande emissão de poluentes para a atmosfera, que caracteriza o estilo de vida da sociedade moderna, faz prever a possibilidade de ocorrência de outros efeitos globais, uma vez que a concentração de poluentes no ar vem ocorrendo em relação a diversas substâncias.

No âmbito da discussão das dimensões da poluição do ar, é importante destacar o conceito de bacia aérea que são áreas constituídas pelos espaços aéreos vertical e horizontal, delimitados pela topografia de uma região, onde os poluentes do ar estão sujeitos aos mesmos mecanismos de circulação e características de dispersão.

## **2.7. Efeitos da Poluição Atmosférica**

Os efeitos da poluição do ar podem ser caracterizados, tanto pela alteração de condições consideradas normais, como pela potencialização de problemas já existentes. De uma maneira geral, os efeitos podem ocorrer em nível local, regional e global.

Os efeitos causados pela concentração de poluentes do ar podem se manifestar na saúde, no bem estar da população, na vegetação e na fauna, sobre os materiais, sobre as propriedades da atmosfera, passando pela redução da visibilidade, alteração da acidez das águas da chuva (“chuva ácida”), mudanças climáticas

(alteração do regime de chuvas, aumento do nível dos oceanos etc.), aumento do efeito estufa e modificação da intensidade da radiação solar (aumento da incidência de radiação ultravioleta sobre a Terra, causado pela redução da camada de ozônio) etc. Os efeitos, também, podem ser assim classificados:

- Agudos — podendo ser de caráter temporário. Originam-se de episódios em que os poluentes ultrapassam os níveis regulares de sua concentração, gerando efeitos imediatos, como irritação nos olhos, tosse e até efeitos graves, como o aumento de mortalidade. Os efeitos agudos são, em geral, reversíveis (como é o caso das irritações na vista) e ocorrem quando há condições climáticas adversas, com conseqüente aumento da concentração de poluentes.
- Crônicos — de caráter permanente, podendo ocasionar prejuízos à vegetação, à visibilidade e à saúde das pessoas, causando-lhes incômodos e desconforto (danos sociais), provocando, também a longo prazo, a corrosão de estruturas e o desgaste dos materiais de construção e obras de arte. Os efeitos crônicos consistem numa intoxicação gradativa, causada pela presença no ar de gases tóxicos e partículas em suspensão, provocando afecções das vias respiratórias mais ou menos permanentes (asma e bronquite).

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU, 2006), hoje, quase metade da humanidade vive nas cidades e a população urbana está crescendo duas vezes e meia mais rápido que a rural. Esse fator acaba contribuindo para o aumento do risco de exposição, uma vez que é estimado que o número de mortes causadas por problemas decorrentes da poluição atmosférica no mundo é de cerca de 3 milhões. Tal valor representa 5% do total de 55 milhões de mortes que ocorrem anualmente no mundo e, em algumas populações, cerca de 30% a 40% dos casos de asma e 20% a 30% de todas as doenças respiratórias podem ser relacionadas à poluição atmosférica (WHO, 2000).

A questão da poluição atmosférica e seus impactos sobre a saúde tem sido foco de vários estudos epidemiológicos realizados pela comunidade científica em vários países do mundo, inclusive no Brasil. Os resultados obtidos têm demonstrado que, mesmo que a concentração de poluentes atmosféricos possa ser compatível com os padrões estabelecidos por normatizações, a exposição contínua a esses poluentes causa efeitos adversos sobre a saúde.

Os impactos mais sérios dos poluentes atmosféricos são observados, sobretudo, no sistema respiratório. Também, podem ser transportados através do

sangue para outras áreas do organismo. Esses poluentes se depositam no solo, nas plantas e na água, contribuindo para aumentar o espectro de exposição humana.

A poluição do ar é caracterizada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como um fator de risco para várias doenças, como infecções respiratórias agudas, doenças pulmonares obstrutivas crônicas, asma e infecções respiratórias das vias aéreas superiores (garganta, nasofaringe, sinus, laringe, traquéia e brônquios). A exposição humana pode se dar por inalação, ingestão ou contato com a pele, mas a inalação pode ser considerada a via mais importante e mais vulnerável (PHILIPPI Jr et al., 2004).

Siqueira (2002) aponta que os efeitos fisiológicos correlacionados com a poluição do ar ocorrem em episódios críticos. Entretanto, muitos problemas de saúde causados pela poluição do ar não são identificáveis, por não serem associados a algum episódio crítico, uma vez que pode ocorrer exposição diária a diversos poluentes, como numa área urbana, e a saúde se degradar gradativamente.

Estudos toxicológicos e epidemiológicos evidenciam o aumento das taxas de morbi/mortalidade em áreas sujeitas à poluição atmosféricas, onde a população fica sujeita à maior incidência de doenças do aparelho respiratório (asma, bronquites, enfisemas, pneumoconioses e edemas pulmonares), dores de cabeça, irritação nos olhos, doenças dermatológicas e gastrointestinais, redução da capacidade pulmonar e, em situações mais críticas, alterações motoras, enzimáticas e genéticas, danos ao sistema nervoso central, efeitos teratogênicos e câncer.

Os efeitos da poluição do ar podem variar conforme o tipo e a concentração dos poluentes, os volumes aspirados, o tempo de exposição e as condições fisiológicas de cada organismo. Entretanto, é sabido que, nas grandes cidades, as crianças e idosos sofrem maiores conseqüências da exposição à poluição, influenciando na saúde e na qualidade de vida dessa faixa populacional.

Saldiva et al (2001) afirma que crianças e adolescentes têm-se mostrado bastante susceptíveis aos efeitos da poluição do ar. Nestes grupos etários, acréscimos no número de internações por doenças respiratórias têm sido associados a acréscimos nos níveis de poluentes atmosféricos urbanos, ocorrendo o mesmo em idosos. Entretanto, entre os idosos, além de promover aumentos na morbidade e na mortalidade por doenças respiratórias, os poluentes do ar apresentam efeitos deletérios sobre a morbidade e a mortalidade por causas cardiovasculares.

Gouveia & Feltcher (2006) apresentam, em vários estudos, associações significativas entre níveis diários de material particulado inalável com diâmetro < 10

µm, monóxido de carbono, ozônio e outros poluentes e uma série de efeitos na saúde, que vão desde mortalidade, passando por adoecimentos para causas específicas, até malformações congênitas ou menor peso durante a gestação.

A Tabela 3 resume os possíveis efeitos de alguns poluentes, relacionados às suas principais fontes de emissão.

**Tabela 3: Efeitos dos Poluentes à Saúde**

Poluentes Monitorados	Fontes de Emissão	Efeitos à Saúde
Partículas Inaláveis (MP10)	Processos de combustão (indústria e veículos automotores), aerossol secundário (formado na atmosfera).	Interfere no sistema respiratório, pode afetar os pulmões e todo o organismo.
Partículas em suspensão (poeira)	Processos industriais, veículos motorizados (exaustão), poeira de rua ressuspensa, queima de biomassa. Fontes naturais: pólen, aerossol, marinho e solo. queimadas e poeiras diversas.	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo.
Dióxido de Enxofre SO <sub>2</sub>	Queima de combustíveis fósseis que contenham enxofre, como óleo combustível, carvão mineral e óleo diesel.	Ação irritante nas vias respiratórias, o que provoca tosse e até falta de ar. Agravando os sintomas da asma e da bronquite crônica. Afeta, ainda, outros órgãos sensoriais.
Óxidos de Nitrogênio NO <sub>2</sub> e NO	Queima de combustíveis em altas temperaturas em veículos, aviões fornos e incineradores.	Agem sobre o sistema respiratório, podendo causar irritações e, em altas concentrações, problemas respiratórios e edema pulmonar.
Monóxido de Carbono CO	Combustão incompleta de materiais que contenham carbono, como derivados de petróleo e carvão.	Provoca dificuldades respiratórias e asfixia. É perigoso para aqueles que têm problemas cardíacos e pulmonares.
Ozônio (O <sub>3</sub> )	Não é um poluente emitido diretamente pelas fontes, mas formado na atmosfera através da reação entre os compostos orgânicos voláteis e óxidos de nitrogênio em presença de luz solar.	Irritação nos olhos e nas vias respiratórias, agravando doenças pré-existentes, como asma e bronquite, reduzindo as funções pulmonares.

Fonte: INEA, 2010

Os efeitos da poluição do ar em escala global são, atualmente, caracterizados pela redução da camada de ozônio e aumento do efeito estufa e, em menor escala, pela deposição ácida merecendo os comentários que se seguem:

- Redução da camada de ozônio — a camada de ozônio da estratosfera é um filtro natural para as radiações ultravioletas do sol, protegendo o planeta dos níveis indesejáveis dessa radiação. A diminuição da concentração de ozônio nesta camada traz como possíveis conseqüências o aumento do câncer de

pele, cataratas, diminuição da resposta do sistema imunológico humano, além de se prever a ocorrência de muitos outros efeitos aos ecossistemas e às espécies vegetais e animais.

O ozônio estratosférico vem sendo eliminado, principalmente, pelo cloro presente nos clorofluorcarbonetos (CFC), estáveis quimicamente, permanecendo na atmosfera por dezenas de anos. Também, contribuem para a destruição dessa camada, o óxido nitroso, emissões de erupções vulcânicas, o gás *halon*, utilizado em sistemas de proteção contra incêndio, o metilclorofórmio e o tetracloreto de carbono.

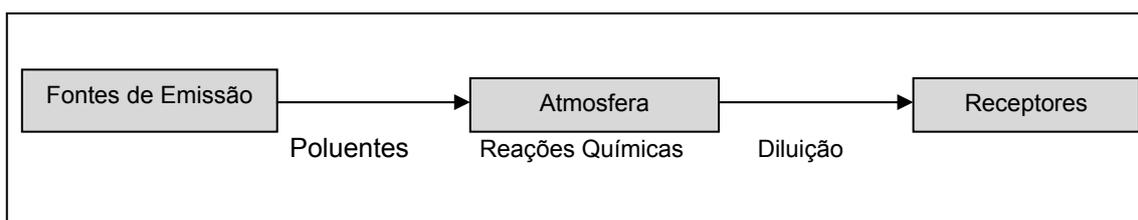
- Aumento do efeito estufa — o efeito está relacionado ao aumento de temperatura da Terra, provocada pela retenção de radiação infravermelha por ela reemitida, em função do aumento da concentração de determinados gases, que têm essa propriedade, tais como: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CFC e N<sub>2</sub>O. A camada de gases que envolve o planeta é, fundamentalmente, importante na manutenção da vida pela retenção de calor que proporciona, fazendo com que haja, naturalmente, um efeito estufa por esta camada. O acréscimo na concentração dos gases mencionados, que absorvem radiação, causa um aumento na retenção de calor, levando a um aumento da temperatura da Terra. Tal fato ocasiona maior degelo das calotas polares, com conseqüente aumento do nível dos oceanos, inundando áreas costeiras; além de alterações climáticas, com efeitos danosos à agricultura, à vegetação em geral; aumento no regime de chuvas, secas e inundações; aumento da proliferação de vetores, causando maior incidência de doenças tropicais (malária, dengue etc.); aumento na frequência de eventos climáticos extremos (por exemplo, ciclones, El Niño etc.); e desaparecimento de corais. O dióxido de carbono é considerado o principal responsável pelo efeito estufa e sua principal fonte de emissão é a queima de combustíveis fósseis.
- Deposição ácida — a chuva ácida é resultado da lavagem da atmosfera pelas chuvas que arrastam os óxidos de enxofre e de nitrogênio nela presentes e outros elementos ácidos, alterando a acidez da água pela formação de ácido sulfúrico e nítrico, causando conseqüências indesejáveis para o meio ambiente, tais como: acidificação de florestas e corpos d'água, principalmente lagos, com efeitos sobre fauna e flora, corrosão de estruturas metálicas, danos a monumentos e edificações, toxicidade para plantas e para a saúde humana.

## 2.8.- Níveis de Referência

A ocorrência de poluição do ar está ligada à alteração da composição da atmosfera. Desse modo, são estabelecidos níveis de referência para diferenciar o ar poluído, daquele não poluído, sendo o nível de poluição medido pela quantificação das substâncias poluentes presentes no ar.

*“Quando se determina a concentração de um poluente na atmosfera, mede-se o grau de exposição dos receptores (seres humanos, outros animais, plantas, materiais) como resultado final do processo de lançamento deste poluente na atmosfera, do ponto de vista físico (diluição) e químico (reações químicas)” (CETESB, 2009).*

A Figura 6 sintetiza o ciclo da poluição do ar:



**Figura 6: Ciclo da Poluição do Ar**

Fonte: Cavalcanti, 2003

Cabe lembrar que a qualidade do ar pode mudar em função das condições meteorológicas, que determinarão uma maior ou menor diluição dos poluentes, mesmo sendo mantidas as emissões.

*“A interação entre as fontes de poluição e a atmosfera vai definir o nível de qualidade do ar, que determina, por sua vez, o surgimento de efeitos adversos da poluição sobre os receptores” (CETESB, 2009).*

Objetivamente, os níveis de referência fornecem suporte para determinar as relações entre as emissões dos poluentes (padrões de emissão) e os efeitos sobre o meio ambiente (padrões de qualidade).

### **2.8.1 Padrão de Qualidade do Ar**

VEROCAI (2007) define que a qualidade ambiental é o resultado dos processos dinâmicos e interativos dos elementos do sistema ambiental, podendo ser conceituada como o estado do meio ambiente, numa determinada área ou região, conforme é percebido objetivamente, em função da medição da qualidade de alguns de seus componentes, ou mesmo subjetivamente, em relação a determinados atributos, como a beleza, o conforto, o bem estar.

Partindo-se do conhecimento científico e das informações sobre o comportamento dos fatores ambientais e suas interações, podem ser estabelecidos critérios de qualidade ambiental para o sistema ambiental como um todo, ou para cada um de seus fatores, que servem de referência para as ações de gestão ambiental, notadamente o controle da degradação e da poluição.

Há fatores ambientais que não podem ser medidos objetivamente, o que significa certo grau de dificuldade e incerteza na definição de sua qualidade, sendo adotados critérios a partir de juízos de valor próprios das necessidades e da percepção da sociedade, como, por exemplo, a beleza de uma paisagem, o valor de uma espécie animal, o estágio cultural de uma comunidade indígena. Outros fatores referentes aos componentes físicos do meio ambiente, como o ar, podem ser medidos por meio de métodos científicos, em função de parâmetros e dos respectivos padrões de qualidade ambiental estabelecidos por normas legais ou por instituições de pesquisa. Para o estudo de certos componentes, antrópicos e bióticos, podem ser usados parâmetros indicadores de qualidade.

Sob o aspecto legal, um dos níveis de referência utilizados é o denominado padrão de qualidade do ar. Um padrão de qualidade do ar define legalmente o limite máximo para a concentração de um componente atmosférico, que garanta a saúde e o bem estar das pessoas.

Os padrões de qualidade do ar são baseados em estudos científicos dos efeitos produzidos por poluentes específicos e são fixados em níveis que possam propiciar uma margem de segurança adequada.

No Brasil, os padrões de qualidade do ar foram estabelecidos pela Resolução CONAMA 03/90 contemplando os parâmetros: partículas totais em suspensão, partículas inaláveis, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio, dióxido de nitrogênio e fumaça.

Os padrões estabelecidos são de dois tipos: primários e secundários. Os padrões primários de qualidade do ar referem-se às concentrações de poluentes que,

uma vez ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população. Os padrões secundários dizem respeito às concentrações de poluentes atmosféricos, abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

O estabelecimento dos padrões secundários visou criar uma referência para a política de prevenção da degradação da qualidade do ar. Tais padrões devem ser aplicados em áreas de preservação, como, por exemplo: os parques nacionais, as áreas de proteção ambiental, as estâncias turísticas. Não se aplicam, pelo menos a curto prazo, às áreas de desenvolvimento, onde devem ser aplicados os padrões primários.

Como prevê a própria Resolução CONAMA nº 03/90 (Tabela 4), a aplicação diferenciada de padrões primários e secundários requer a divisão do território nacional em classes, conforme o uso pretendido. A mesma Resolução prevê, ainda, que enquanto não for estabelecida a classificação das áreas, os padrões primários deverão ser contemplados. Estabelece, também, os critérios para episódios agudos de poluição do ar. Esses critérios são apresentados na Tabela 5.

**Tabela 4: Padrões de qualidade do ar, segundo a Resolução CONAMA nº 03/90**

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão Primário ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Padrão Secundário ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Partículas Totais em Suspensão	24 horas	240	150
	MGA	80	60
Dióxido de Enxofre ( $\text{SO}_2$ )	24 horas	365	100
	MAA	80	40
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	40000	40000
	8 horas	10000	10000
Ozônio ( $\text{O}_3$ )	1 hora	160	160
Fumaça	MAA	60	40
Partículas Inaláveis (PM10)	24 horas	150	150
	MAA	50	50
Dióxido de Nitrogênio ( $\text{NO}_2$ )	1 hora	320	190
	MAA	100	100

Obs.: (1) Não deve ser excedida mais de uma vez por ano; (2) MGA - Média geométrica anual; (3) MAA - Média aritmética anual.

Fonte: Cavalcanti, 2003

**Tabela 5: Critérios para episódios agudos de poluição do ar**  
**Resolução CONAMA 03/90**

Parâmetros	Níveis				
	Unidade	Período Amostral	Atenção	Alerta	Emergência
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	µg/m <sup>3</sup>	24 horas	375	625	875
Dióxido de Enxofre (SO <sub>2</sub> )	µg/m <sup>3</sup>	24 horas	800	1.600	2.100
SO <sub>2</sub> x PTS	µg/m <sup>3</sup> . µg/m <sup>3</sup>	24 horas	65.000	261.000	393.000
Monóxido de Carbono (CO)	Ppm	8 horas	15	30	40
Ozônio (O <sub>3</sub> )	µg/m <sup>3</sup>	1 hora	400	800	1.000
Partículas Inaláveis (PM10)	µg/m <sup>3</sup>	24 horas	250	420	500
Fumaça (FU)	µg/m <sup>3</sup>	24 horas	250	420	500
Dióxido de Nitrogênio (NO <sub>2</sub> )	µg/m <sup>3</sup>	1 hora	1.130	2.260	3.000

Fonte: FEEMA, 2003

Em 2005, a OMS publicou novas diretrizes para a qualidade do ar (AQG - *air quality guidelines*), baseadas em evidências acumuladas sobre os efeitos causados na saúde pela poluição do ar, bem como as concentrações intermediárias estabelecidas como metas a serem alcançadas (IT - *interim target*). Tais padrões de qualidade do ar, segundo a OMS (2005), variam de acordo com a abordagem adotada para balancear riscos à saúde, viabilidade técnica, considerações econômicas e vários outros fatores políticos e sociais, que, por sua vez, dependem, dentre outras coisas, do nível de desenvolvimento e da capacidade dos países de gerenciar a qualidade do ar. Dessa forma, as diretrizes recomendadas pela OMS levam em conta esta heterogeneidade e, em particular, reconhecem que ao formularem políticas de qualidade do ar devem-se considerar, cuidadosamente, suas circunstâncias locais, antes de adotarem os valores propostos como padrões nacionais.

As Tabelas 6, 7, 8, 9 e 10 mostram as metas intermediárias (IT) e as diretrizes a serem alcançadas para cada poluente.

**Tabela 6: Partículas em suspensão – concentrações de longo período**

Concentração média anual	PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
IT - 1	70	35
IT - 2	50	25
IT - 3	30	15
AQG	20	10

Fonte: WHO, *Air Quality Guidelines Global Update, 2005*

Obs.: IT – interim target, AQG – air quality guidelines

**Tabela 7: Partículas em suspensão – concentrações de curto período**

Concentração 24 hs	PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
IT - 1	150	75
IT - 2	100	50
IT - 3	75	37,5
AQG	50	25

Fonte: WHO, *Air Quality Guidelines Global Update, 2005*

Obs.: IT – interim target - AQG – air quality guidelines

**Tabela 8: Ozônio – concentrações**

Concentração máxima de 8 horas durante 1 dia	O <sub>3</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
IT - 1	160
AQG	100

Fonte: WHO, *Air Quality Guidelines Global Update, 2005*

Obs.: IT – interim target, AQG – air quality guidelines

**Tabela 9: Dióxido de Nitrogênio – concentrações**

	NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) Concentração média anual	NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) Concentração máxima de 1 hora
AQG	40	200

Fonte: WHO, *Air Quality Guidelines Global Update, 2005*

Obs.: IT – interim target, AQG – air quality guidelines

**Tabela 10: Dióxido de enxofre – concentrações de curto período**

SO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Concentração 24 hs	Concentração 10 min
IT - 1	125	-
IT - 2	50	-
AQG	20	500

Fonte: WHO, *Air Quality Guidelines Global Update, 2005*

Obs.: IT – interim target, AQG – air quality guidelines

### 2.8.2. Limites de Emissão

A concentração de poluentes no ar é função do acúmulo de substâncias lançadas pelas diversas fontes. Logo, outro nível de referência empregado é o limite de emissão, que nada mais é que um limite estabelecido, legalmente, para a emissão de um poluente na fonte.

Esses limites estabelecidos, também chamados padrões de emissão, quantificam o nível máximo de emissão de um determinado poluente na fonte. Podem ser tanto subjetivos, quanto objetivos.

Os limites subjetivos são baseados na aparência visual ou no odor da emissão. Um exemplo mais comum é a medição da pluma com base na coloração da fumaça, utilizando-se a Escala de *Ringelman*.

Os limites objetivos são baseados em medições físicas ou químicas, podendo-se enquadrar as emissões em duas categorias: aquela cujo limite de um poluente específico independe do processo ou do equipamento que a gerou e aquela cujo limite depende do processo e/ou do equipamento.

Os padrões de emissão podem prever os mesmos limites para todas as fontes, sem levar em conta as capacidades e tamanhos respectivos, ou podem variar de acordo com suas características. De uma maneira geral, são fixados em termos absolutos, ou seja, massa do poluente por unidade de tempo ou em termos relativos: massa do poluente por unidade de combustível queimado, ou material processado, ou produção, ou calor desprendido etc. No caso de poluentes gasosos, os limites são estabelecidos em termos volumétricos e não gravimétricos.

No Brasil, a Resolução CONAMA 08/90 estabeleceu padrões de emissão para instalação de novas fontes de combustão externa, sendo revogada, em 2006, pela Resolução CONAMA 382. Esta, por sua vez, estabeleceu limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes novas, de acordo com as seguintes tipologias industriais: processos de geração de calor pela combustão externa (fornos e caldeiras) de óleo combustível, gás natural, bagaço de cana-de-açúcar e derivados de madeira; turbinas para geração de energia elétrica; processos de refino de petróleo, de fabricação de papel e celulose, de fusão secundária de chumbo; indústria de alumínio primário; fornos de fusão de vidro; indústria de cimento Portland; produção de fertilizantes e ácidos fosfórico, sulfúrico e nítrico; indústrias siderúrgicas integradas; e usinas de pelotização de minério de ferro.

Os limites de emissão propostos foram baseados no uso das tecnologias mais adequadas, sob o ponto de vista ambiental e, ao mesmo tempo, economicamente

viáveis para a indústria nacional, abrangendo todas as fases do processo industrial, desde a concepção, instalação, operação e manutenção das unidades, bem como o uso de matérias primas e insumos.

Outras Resoluções estabelecem limites de emissão para processos térmicos específicos: a Resolução CONAMA 264/2000, para o co-processamento de resíduos em fornos rotativos de clínquer para a fabricação de cimento; e a Resolução CONAMA 316/2002, para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos.

### **3. Fatores que influenciam a poluição do ar**

A concentração de um poluente no ar é o resultado final de processos complexos, sujeitos a vários fatores, que compreendem não só a emissão pelas fontes, como, também, suas interações físicas (diluição) e químicas (reações) na atmosfera.

Segundo Sewell (1978), os fatores que determinam a severidade da poluição do ar podem ser classificados em duas grandes categorias, uma associada às atividades humanas e a outra ao meio natural. As pessoas planejam as tecnologias e selecionam as fontes de energia que conduzem às descargas poluidoras. Mas há um conjunto de fatores naturais que influenciam a localização e severidade de um problema de poluição. Os mais importantes são meteorológicos (relacionados com a atmosfera e seus fenômenos, especialmente o clima) e topográficos.

Sewell (1978) ainda destaca que para evitar um acúmulo desastroso de poluentes, depende-se de movimentos do ar para diluir os gases e partículas e, por fim, facilitar sua remoção por precipitação, lavagem e reações químicas.

Para Alves (2006):

*“A atmosfera terrestre é uma estrutura que está sempre em movimento devido à rotação da Terra, diferenças horizontais e verticais de temperatura induzidas por radiação solar e terrestre, topografia, efeitos físico-químicos na superfície e transferência de energia e massa com a superfície. Suas condições meteorológicas são fator determinante na concentração e transporte de partículas e gases; para uma mesma quantidade de partículas ou gases introduzida na atmosfera, a qualidade do ar pode variar de acordo com estas condições meteorológicas.”*

É a interação entre as fontes de poluição e as condições atmosféricas que define a *qualidade do ar* em uma localidade ou região. Essa combinação, entretanto,

varia no espaço e no tempo. Considerando as emissões como sendo estacionárias, ou seja, invariáveis em concentração e contínuas no tempo, as condições meteorológicas reinantes é que passam a determinar o maior ou menor grau de diluição dos poluentes. Dessa forma, para uma mesma emissão, mantidas as condições de lançamento para a atmosfera, pode-se obter concentrações diversas num mesmo local, dependendo das condições meteorológicas presentes, rugosidade e características do terreno e de outras condições. Os poluentes podem ser diluídos, ou apenas transformados, podendo depositar-se ou aglomerar-se.

A concentração dos poluentes no ar depende, tanto dos mecanismos de dispersão, como de sua produção e remoção. Normalmente, a própria atmosfera é capaz de dispersar os poluentes, misturando-os, eficientemente, a um grande volume de ar, o que contribui para que a poluição fique em níveis aceitáveis. A capacidade de dispersão varia muito com a topografia e as condições meteorológicas. A influência da topografia é importante devido ao aquecimento diferenciado do solo; topos de montanhas se aquecem e se resfriam mais rapidamente que vales, reforçando circulações localizadas e inversão durante a noite. A presença de um vale é geralmente desfavorável à dispersão dos poluentes. As camadas de ar frio mais denso se acumulam no fundo dos vales acentuando a estabilidade e, portanto, facilitando o acúmulo dos poluentes.

A turbulência mecânica provocada pelo vento na sua instabilidade direcional e de velocidade, bem como a turbulência térmica, resultante das parcelas de ar superaquecido que ascendem da superfície sendo substituídas pelo ar mais frio em sentido descendente, no perfil vertical da temperatura são fatores determinantes no movimento dos poluentes na atmosfera, além da topografia e rugosidade do terreno.

### **3.1 Pressão Atmosférica (hPa)**

No geral, a pressão atmosférica é um importante parâmetro no que se refere à caracterização dos sistemas migratórios de larga e meso-escalas. As variações temporais da pressão atmosférica se dão associadas a ciclos bem definidos. Sazonalmente, os valores são maiores no inverno do que no verão. No verão, o mais intenso aquecimento solar na superfície cria movimentos verticais ascendentes, com ou sem formação de nuvens, contrapondo-se ao peso do ar atmosférico e reduzindo a pressão atmosférica sobre a superfície.

### **3.2 Precipitação e Evaporação**

A chuva e a evaporação são os parâmetros que constituem o balanço hídrico de uma região, por meio do qual se pode obter informações climatológicas importantes. A evaporação é um processo contínuo de perda de água das superfícies e da vegetação (evapotranspiração) para a atmosfera. A precipitação possui um regime irregular e pode ser decorrente de diferentes fenômenos meteorológicos, os quais irão determinar sua intensidade e duração.

No âmbito da poluição atmosférica, a evaporação atua diretamente sobre os índices de umidade do ar, ou seja, a quantidade de água presente na atmosfera local, influenciando nas reações químicas de alguns poluentes. Por outro lado, a precipitação possui a função de remover os poluentes presentes no ar, proporcionalmente à frequência e intensidade das chuvas.

As chuvas atuam com muita eficiência na remoção dos poluentes do ar, em maior ou menor grau, dependendo da sua intensidade. São normalmente associadas às penetrações de frentes frias que, além de ocasionar precipitações pluviométricas, promovem a intensificação dos ventos. Em locais onde o escoamento do ar é obstruído por grandes edificações, serras, montanhas, a precipitação pluviométrica passa a ser o único mecanismo capaz de remover os poluentes do ar, uma vez que sob tais circunstâncias estes não sofrem a ação dos ventos. Entretanto, deve-se ressaltar que, com a lavagem da atmosfera, há a transposição dos poluentes para o solo e águas superficiais.

### **3.3 Temperatura do ar**

A temperatura do ar constitui-se num parâmetro de interesse para os estudos que dizem respeito ao meio ambiente. Basicamente, reflete os resultados dos impactos energéticos da radiação solar sobre o sistema solo-superfície-atmosfera, combinados com aspectos astronômicos e dinâmicos de micro, meso e larga-escalas.

É importante lembrar que a temperatura do ar afeta, também, a química do ozônio, pelas constantes taxas das reações químicas. Maiores temperaturas são mais efetivas, favorecendo a formação de ozônio. Diversos estudos revelaram correlações positivas entre as concentrações de ozônio e a temperatura do ar (COMRIE, 1996; SILLMAN, 1999; DIEM e COMRIE, 2001; CETESB, 2002; CARVALHO et al., 2004; ELMINIR, 2005).

Os movimentos verticais de massas de ar dependem do perfil vertical da temperatura, isto é, da variação da temperatura com a altitude. A taxa de resfriamento do ar, para cada 100 metros de altitude, é de aproximadamente 1°C. Quando a temperatura do ar aumenta com a altitude, ocorre “inversão térmica”, fenômeno de origem natural.

As inversões térmicas são caracterizadas por um perfil vertical anormal da temperatura do ar, aumentando com a altura a partir de um determinado nível próximo ao solo e fazendo com que os movimentos verticais ascendentes sejam inibidos neste nível, pois o ar abaixo da camada de inversão é mais denso que o ar acima desta. Esta situação atmosférica funciona como uma fronteira rígida, que provoca o confinamento de substâncias na camada próxima ao solo.

### **3.4 Umidade Relativa do Ar**

Alguns estudos destacam uma correlação entre o poluente ozônio e a umidade relativa do ar em algumas localidades. A CETESB (2002) revelou que índices de umidade relativa do ar, variando entre 30 e 70%, puderam ser relacionados a episódios de poluição por ozônio na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Carvalho et al (2004) e Elminir (2005) verificaram que maiores concentrações de O<sub>3</sub> na RMRJ e na cidade do Cairo (Egito), respectivamente, ocorriam quando a umidade relativa atingia valores mais baixos.

### **3.5 Insolação e Nebulosidade**

O número de horas de brilho solar (insolação) em cada mês do ano é função, não somente da nebulosidade existente, mas, também, da duração dos dias (mais longos no verão e mais curtos no inverno).

A nebulosidade possui uma relação quase que inversa com a insolação. O aumento da nebulosidade faz com que haja uma diminuição da insolação, pois as nuvens bloqueiam ou refletem parte da radiação solar que chega na atmosfera. Ambos os parâmetros refletem as condições sinóticas locais.

### **3.6 Vento**

Dentre os principais parâmetros meteorológicos, o comportamento da direção e velocidade do vento é fundamental para a análise do transporte e da capacidade de dispersão em uma determinada região. Vale ressaltar que a velocidade do vento é

extremamente importante na diluição de contaminantes presentes no ar atmosférico. A ocorrência de ventos fracos, por exemplo, certamente irá influenciar na dispersão de poluentes, porventura presentes no ar da região.

### **3.7 Estabilidade Atmosférica**

A estabilidade atmosférica é o parâmetro meteorológico utilizado para definir as condições de dispersão de uma área. É baseada no poder de diluição natural que o ambiente possui em função da variação da temperatura com a altura (estabilidade estática), das trocas de calor entre a superfície do solo e o ar adjacente (turbulência térmica) e da velocidade do vento e atrito, devido à rugosidade do terreno (turbulência mecânica).

Nos estudos desenvolvidos, mundialmente, sobre a capacidade natural de dispersão de uma região é utilizada a metodologia desenvolvida por Bruce Turner (1964), para o cálculo da estabilidade atmosférica. Segundo este método, foram definidas classes de estabilidade, como função de parâmetros meteorológicos, responsáveis pelos mecanismos de dispersão atmosférica de poluentes no ar. Foram estabelecidas seis classes de estabilidade:

- A – extremamente instável
- B – instável
- C – levemente instável
- D – neutra
- E – estável
- F – extremamente estável

As condições para ocorrência de instabilidade são alta radiação solar e ventos de baixa velocidade. A condição de estabilidade ocorre na ausência de radiação solar, ausência de nuvens e ventos leves. Céu nublado ou ventos fortes caracterizam a condição neutra da atmosfera.

A reatividade dos poluentes na atmosfera, também, é um fator significativamente importante para sua transformação no ar, alterando sua concentração e produzindo outros compostos e/ou radicais livres. Como exemplo, pode-se citar os óxidos de nitrogênio e os hidrocarbonetos que, sob a ação da radiação solar, podem reagir fotoquimicamente produzindo os oxidantes fotoquímicos, em especial, o ozônio.

## Capítulo 2: Instrumentos de Gestão da Qualidade do Ar

### 2.1 Gestão Ambiental

A expressão “gestão ambiental” é bastante abrangente e tem sido usada para uma gama de significados, dos quais alguns deles se confundem com o de manejo racional de recursos naturais ou para designar ações ambientais em determinados espaços geográficos, tais como: gestão ambiental de bacias hidrográficas, parques e reservas, micro e macro-regiões, áreas de proteção ambiental, reservas da biosfera (Malheiros, 2002). Vários são os estudos, projetos e documentos institucionais que fazem referência à gestão ambiental para designar o manejo de florestas, com finalidade econômica e de conservação, a exploração de recursos minerais ou o aproveitamento de recursos hídricos.

Na literatura são registradas diversas interpretações e conceitos sobre o tema, uma vez que estes sofrem modificações, de acordo com os avanços da sociedade. À medida que é ampliado o conhecimento em relação às questões ambientais mudam as percepções, conseqüentemente, outros conceitos são gerados.

Segundo Coelho (1996):

*"gestão ambiental é a forma pela qual a empresa ou o Estado se mobilizam, interna ou externamente, na conquista de uma qualidade ambiental desejada".*

O Vocabulário Básico de Meio Ambiente (FEEMA, 1990) conceitua gestão ambiental como:

*"A condução, a direção e o controle pelo governo do uso dos recursos naturais, através de determinados instrumentos, o que inclui medidas econômicas, regulamentos e normalização, investimentos públicos e financiamento, requisitos interinstitucionais e judiciais" (Selden, 1973).*

Também podem ser citados:

*"A tarefa de administrar o uso produtivo de um recurso renovável sem reduzir a produtividade e a qualidade ambiental, normalmente em conjunto com o desenvolvimento de uma atividade" (Hurtubia, 1980).*

*"O controle apropriado do meio ambiente físico, para propiciar o seu uso com o mínimo abuso, de modo a manter as comunidades*

*biológicas, para o benefício continuado do homem” (Encyclopedia Britannica, 1978).*

*“Tentativa de avaliar valores limites das perturbações e alterações que, uma vez excedidos, resultam em recuperação bastante demorada do meio ambiente, e de manter os ecossistemas dentro de suas zonas de resiliência, de modo a maximizar a recuperação dos recursos do ecossistema natural para o homem, assegurando sua produtividade prolongada e de longo prazo” (Interim Mekong Committee, 1982).*

Para SACHS (1975):

*“a gestão do meio ambiente deve ir além da tarefa modesta e defensiva de poluições locais mais incômodas, preocupando-se com os equilíbrios ecológicos globais e a longo prazo, os processos cumulativos e muitas vezes irreversíveis a nível de oceanos e clima, que um dia poderão culminar com uma deterioração drástica das condições do habitat total do homem”.*

Segundo Verocai (2007):

*“O conceito original de gestão ambiental diz respeito à administração, pelo governo, do uso dos recursos e de outras atividades humanas que afetam o meio ambiente, por meio de ações ou medidas econômicas, investimentos e providências institucionais e jurídicas, com a finalidade de manter ou recuperar a qualidade do meio ambiente, assegurar a produtividade dos recursos e o desenvolvimento social.”*

Para Santos (1998), a gestão ambiental deve integrar a informação ecológica ou ambiental à tomada de decisões técnicas, econômicas e políticas. O que requer entendimento dos conceitos de conservação, recursos naturais, impactos, conflitos e das leis da termodinâmica. Na concepção de Kraemer (2004), a gestão ambiental é um aspecto funcional da gestão de uma empresa, que desenvolve e implanta as políticas e estratégias ambientais.

Santos (1998) expõe, ainda, que a gestão ambiental envolve diagnóstico, planejamento e gerenciamento. O diagnóstico representa a identificação das potencialidades e problemas que ocorrem em determinado sistema. O planejamento ambiental é um processo que busca identificar e hierarquizar alternativas de uso dos recursos naturais, privilegiando o potencial em detrimento da demanda, a qualidade de

vida do ser humano, sob o enfoque da felicidade, a participação da comunidade e a premissa de desenvolvimento sustentável.

Nos últimos anos, o conceito de gestão ambiental não tem se limitado apenas à gestão pública do meio ambiente, incluindo-se a gestão ambiental empresarial, que são os programas de ação desenvolvidos por empresas para administrar suas atividades de modo responsável, no sentido de proteger o meio ambiente e cumprir com a legislação e suas responsabilidades sociais.

Para Meyer (2000), a gestão ambiental é apresentada da seguinte forma:

- objeto de manter o meio ambiente saudável (à medida do possível), para atender as necessidades humanas atuais, sem comprometer o atendimento das necessidades das gerações futuras;
- meio de atuar sobre as modificações causadas no meio ambiente pelo uso e/ou descarte dos bens e detritos gerados pelas atividades humanas, a partir de um plano de ação viável técnica e economicamente, com prioridades perfeitamente definidas;
- instrumentos de monitoramentos, controles, taxações, imposições, subsídios, divulgação, obras e ações mitigadoras, além de treinamento e conscientização;
- base de atuação de diagnósticos (cenários) ambientais da área de atuação, a partir de estudos e pesquisas dirigidos em busca de soluções para os problemas que forem detectados.

O mesmo autor subdivide a gestão ambiental em quatro níveis:

- Gestão de Processos — envolvendo a avaliação da qualidade ambiental de todas as atividades, máquinas e equipamentos relacionados a todos os tipos de manejo de insumos, matérias primas, recursos humanos, recursos logísticos, tecnologias e serviços de terceiros;
- Gestão de Resultados — envolvendo a avaliação da qualidade ambiental dos processos de produção, por meio de seus efeitos ou resultados ambientais, ou seja, emissões gasosas, efluentes líquidos, resíduos sólidos, particulados, odores, ruídos, vibrações e iluminação;
- Gestão de Sustentabilidade (Ambiental) — envolvendo a avaliação da capacidade de resposta do ambiente aos resultados dos processos produtivos que nele são realizados e que o afetam, com monitoração sistemática da qualidade do ar, água, solo, flora, fauna e ser humano;

- Gestão do Plano Ambiental — envolvendo a avaliação sistemática e permanente de todos os elementos constituintes do plano de gestão ambiental elaborado e implementado, aferindo-o e adequando-o em função do desempenho ambiental alcançado pela organização.

## **2.2 Identificação e apresentação dos instrumentos de gestão da qualidade do ar utilizados no Brasil**

A gestão ambiental no Brasil teve seu início com o estabelecimento de legislações que evoluíram, passo a passo, dentro da realidade de cada época, mantendo-se, em praticamente todas elas, a noção de inesgotabilidade dos recursos naturais. O desenvolvimento e a industrialização do país, associados ao processo de difusão de informações acelerado levou à necessidade da estruturação da atividade de controle ambiental no âmbito dos governos. Esta estruturação ocorreu, inicialmente, nos Estados mais industrializados, onde começavam a surgir conflitos de uso do solo mais perceptíveis. Conseqüentemente, o governo federal foi forçado a iniciar o estabelecimento de sua estrutura ambiental e, dessa forma, irradiou-se aos demais estados e municípios.

A Constituição Republicana de 1891 não apresentava considerações sobre meio ambiente. Apenas no Código Civil Brasileiro, de 1916, ocorreram mudanças: no Capítulo relativo aos Direitos da Vizinhança, dava ao proprietário de um prédio o direito de impedir o mau uso da propriedade vizinha, caso viesse a causar prejuízos à segurança, ao sossego e à saúde.

Em dezembro de 1923, o Decreto nº 16.300 proibiu a instalação de indústrias nocivas e prejudiciais à saúde, próximo a residências.

A Constituição de 1934, por sua vez, estabelecia a competência concorrente dos Estados e da União para proteger as belezas naturais, os monumentos históricos e impedir a evasão das obras de arte do País. À União competia a legislação sobre bens federais, subsolo, mineração, metalurgia, água, energia elétrica, florestas e sobre caça e pesca.

Também, em 1934, outros instrumentos legais tiveram importância na evolução da gestão ambiental no Brasil: a Lei sobre Caça (Decreto nº 24.645), o Código das Águas (Decreto nº 24.643) e o Código Florestal (Decreto-Lei nº 23.793).

A Lei da Caça evoluiu significativamente na teoria de reparação civil e criminal para danos causados ao meio ambiente, fixando a responsabilidade solidária dos prepostos

e dos proprietários pela prática de atos nocivos aos animais. Já o Código de Águas proibia construções capazes de poluir águas de poços ou nascentes e classificava como ilícito a contaminação proposital da água. Já o Código Florestal estabelecia as florestas protetoras, visando a proteção de cursos de água, de estradas, de valores científicos e históricos, revogado pela Lei nº 4.771, em 1965. Uns dos mais significativos avanços trazidos pela Lei nº 4.771 foi a ampliação do conceito de florestas de preservação permanente para além daquelas denominadas protetoras pelo Código de 1934.

A Constituição de 1937 mantinha a competência exclusiva da União para legislar basicamente sobre os mesmos temas da Constituição de 1934, porém avançou ao estender aos Estados e Municípios a competência para proteger monumentos artísticos, históricos, naturais e as paisagens naturais especiais.

Posteriormente, três Decretos-Lei avançaram bastante na legislação florestal: o Decreto-Lei nº 2.014, de 1940, que autorizava os governos estaduais a guardar e fiscalizar florestas; o Decreto-Lei nº 3.583, de 1941, que proibia a derrubada de cajueiros, tal como já havia sido feito à época da ocupação holandesa no nordeste; e o terceiro, o Decreto-Lei nº 6.912, de 1944, reorganizava o Serviço Florestal.

A Constituição de 1946, no art.5º, inciso XV, atribuiu à União a competência para legislar sobre o subsolo, a mineração, a metalurgia, as águas, a energia elétrica, as florestas e a caça e a pesca. No art.175 mantém a competência concorrente à União, aos Estados e Municípios para legislar sobre proteção a obras, aos monumentos naturais e de valor histórico e artístico, às paisagens e os locais de rara beleza.

*Era evidente a “ausência de uma estrutura, em todos os níveis de governo, para trabalhar os assuntos ligados ao meio ambiente, uma vez que não havia procedimentos específicos para, de forma sistemática, fazer valer o que se previa na legislação e nem se dispunha de estruturas capacitadas para estabelecê-los, somando-se a outros fatores que faziam e, ainda fazem, com que a eficácia da legislação seja discutível” (Padula, 2004).*

A partir dos anos de 1960, surgem os primeiros órgãos governamentais com atribuições específicas no campo sanitário e ambiental. No antigo Estado da Guanabara foi criada a Superintendência de Urbanização e Saneamento (SURSAN); no antigo Estado do Rio de Janeiro surgiu a Saneamento do Estado do Rio de Janeiro (SANERJ); em São Paulo, a Superintendência de Saneamento Ambiental (SUSAM)

(poluição do ar) e a Companhia Estadual de Saneamento Básico (CETESB) (poluição hídrica) e no Paraná, a Administração de Recursos Hídricos (ARH).

Nos demais estados, o processo veio se repetindo e, hoje, todos os estados contam em suas estruturas administrativas com órgãos voltados à questão ambiental.

A Constituição de 1967 não avançou no campo ambiental e, somente os anos de 1970 foram marcados por um posicionamento do Governo Brasileiro frente ao problema ambiental. O fato pode ser bem exemplificado pelo trecho de palestra proferida pelo Embaixador Miguel Osório de Almeida, em 1971 (Silveira, 2000) *“Para o país subdesenvolvido, os problemas de preservação ambiental têm de classificar-se, em geral, na mesma categoria do problema do consumo, cujo sacrifício parcial em curto prazo, é condição necessária do crescimento em longo prazo. Sempre que a perspectiva do impacto de uma melhoria ou preservação ambiental não puder ser ligada diretamente a um aumento de produtividade (ou de produção) e se esse aumento não for, no mínimo igual ou superior à média obtida em outras áreas em que se realizam investimentos equivalentes, então, não se justificará nesse estágio do desenvolvimento, a melhoria ambiental. Atingidos altos níveis de renda, não só se torna economicamente prioritária a ação corretiva ou compensatória para restauração ambiental, como também será ela, área de atuação com as mais altas produtividades marginais.”*

Também, o posicionamento do então Ministro do Planejamento, Reis Velloso, em 1971, demonstra a postura do governo: *“O Brasil pode se tornar um importador de poluição, nós ainda temos o que poluir, eles não”*.

A Conferência Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada em 1972 em Estocolmo, sob o patrocínio das Nações Unidas, foi o grande marco representativo da preocupação com o tema ambiental. Somente a partir de Estocolmo começaram surgir, em diversos países, órgãos governamentais de controle ambiental, as primeiras legislações e pesquisas nesse sentido.

O Brasil enviou como seu representante à Conferência, o Ministro do Interior Costa Cavalcanti, que transmitiu a posição do Governo Brasileiro de aceitar de bom grado a vinda de atividades e empreendimentos, mesmo que poluentes, mas geradores de riquezas. Tal posicionamento provocou repercussão altamente negativa, induzindo à colocação no relatório final da delegação brasileira à Conferência a recomendação da instituição de órgão específico para tratar do tema Meio Ambiente, na estrutura do governo federal.

Dessa forma, é criada a Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA), em 1973, (Decreto Federal nº 73.030), subordinada ao Ministério do Interior. Sendo a SEMA um órgão do governo federal e, dada a inexistência de uma estrutura anterior que tratasse do assunto meio ambiente, houve bastante dificuldade em estruturar seus quadros técnicos.

No Brasil, apenas a partir do final da década de 70, as preocupações ambientais da sociedade começaram a se refletir mais efetivamente e, conseqüentemente, culminaram em um conjunto de políticas que visavam estabelecer as bases para a conservação dos recursos naturais, tendo começado a se desenvolver, então, a gestão ambiental, pelas equipes técnicas das entidades de meio ambiente, em resposta aos problemas a resolver e em cumprimento de suas responsabilidades institucionais. Essas políticas foram regulamentadas por diversos textos jurídicos que estabeleceram diretrizes, procedimentos, padrões de qualidade ambiental, que compõem um processo dinâmico, sofrendo aprimoramento e alterações permanentemente.

As estratégias ambientais do País estavam contidas nos Planos Nacionais de Desenvolvimento (PND). No I PND (1972-1974), a questão ambiental foi tratada com atenção para os problemas gerados de poluição ambiental nos grandes centros urbanos – São Paulo e Rio de Janeiro, em função do modelo de desenvolvimento adotado de industrialização rápida e concentrada. Já o II PND (1975-1979), apesar de ter definido como prioridade o controle da poluição industrial, não adotava mudanças na postura do tratamento das questões ambientais, pois ao mesmo tempo em que autorizava a criação do licenciamento nos Estados e Municípios, centralizava no Ministério do Interior e no da Indústria e Comércio as decisões maiores.

Somente na década de 80 foram registrados, de fato, alguns avanços, sendo instituída, em 1981, a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) e, em 1995, criado o Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, consolidando estratégias e arranjos institucionais para a área ambiental.

A PNMA foi instituída pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 97.632, de 10 de abril de 1989, e alterada, em sua redação, pelas Leis nº 7.804, de 18 de julho de 1989 e 8.028, de 12 de abril de 1990.

Por estes instrumentos legais foi instituído, também, o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), constituído por um órgão superior, na forma de um Conselho de Governo, com função de assessorar o Presidente da República na

formulação da política nacional e nas diretrizes governamentais para o meio ambiente e recursos ambientais.

No que concerne à questão consultiva e deliberativa, foi criado o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), presidido pelo Ministro do Meio Ambiente com funções de assessorar, estudar e propor ao Conselho de Governo diretrizes de políticas governamentais para o meio ambiente e os recursos naturais e deliberar, no âmbito de sua competência, sobre normas e padrões compatíveis com os propósitos do SISNAMA. O CONAMA é composto de um Plenário e de Câmaras Técnica.

### **2.2.1 Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA)**

A Lei nº 6.938/81 delimitou os objetivos, princípios e instrumentos da PNMA e permaneceram os mesmos, apesar das alterações sofridas posteriormente. São os seguintes os princípios:

- I – ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente como um patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo;
- II – racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar;
- III – planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais;
- IV – proteção dos ecossistemas, com preservação de áreas representativas;
- V – controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras;
- VI – incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais;
- VII – acompanhamento do estado da qualidade ambiental;
- VIII – recuperação de áreas degradadas;
- IX – proteção de áreas ameaçadas de degradação;
- X – educação ambiental a todos os níveis de ensino, inclusive a educação da comunidade objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente.

Quanto aos objetivos, a PNMA visa:

- I – à compatibilização do desenvolvimento econômico e social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico;

II – à definição de áreas prioritárias de ação governamental relativa à qualidade e ao equilíbrio ecológico, atendendo aos interesses da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios;

III – ao estabelecimento de critérios e padrões de qualidade ambiental e das normas relativas ao uso e manejo de recursos ambientais;

IV – ao desenvolvimento de pesquisas e de tecnologias nacionais orientadas para o uso racional de recursos ambientais;

V – à difusão de tecnologias de manejo do meio ambiente, à divulgação de dados e informações ambientais e à formação de uma consciência pública sobre a necessidade de preservação da qualidade ambiental e do equilíbrio ecológico;

VI – à preservação e restauração dos recursos ambientais com vistas à sua utilização racional e disponibilidade permanente, concorrendo para a manutenção do equilíbrio ecológico propício à vida;

VII – à imposição, ao poluidor e ao predador, da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário, da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos.

A Lei nº 6.938/81, com as modificações introduzidas pelo inciso VI do artigo 1º, da Lei nº 7.904/89, determina como seus instrumentos:

I – o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental;

II – o zoneamento ambiental;

III – a avaliação de impactos ambientais;

IV – o licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras;

V – os incentivos à produção e instalação de equipamentos e a criação ou absorção de tecnologia, voltados para a melhoria da qualidade ambiental;

VI – a criação de espaços territoriais especialmente protegidos pelo Poder Público federal, estadual e municipal, tais como áreas de proteção ambiental, de relevante interesse ecológico e reservas extrativistas;

VII – o sistema nacional de informações sobre o meio ambiente;

VIII – o Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental;

IX – as penalidades disciplinares ou compensatórias ao não cumprimento das medidas necessárias à preservação ou correção da degradação ambiental;

X – a instituição do Relatório de Qualidade do Meio Ambiente, a ser divulgado anualmente pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – IBAMA;

XI – a garantia da prestação de informações relativas ao meio ambiente obrigando-se o Poder Público a produzi-las, quando inexistentes;

XII – o Cadastro Técnico Federal de atividades potencialmente poluidoras e/ou utilizadoras dos recursos ambientais.

Tais instrumentos foram regulamentados pela legislação ambiental e, alguns deles, encontram-se previstos na Constituição Federal, nas Constituições Estaduais e nas Leis Orgânicas e Planos Diretores dos municípios.

### **2.2.2 Constituição Federal de 1988**

A Constituição Federal (CF), promulgada em 1988, nos seus nove Títulos, possui um total de 245 artigos. Destes Títulos, o II - Dos Direitos e Garantias Fundamentais, em seu Capítulo I - Dos Direitos Individuais e Coletivos, artigo 5º, estabelece que *“Todos são iguais perante a lei, sem distinção de qualquer natureza, garantindo-se aos brasileiros e aos estrangeiros residentes no País a inviolabilidade do direito à vida, à liberdade, à igualdade, à segurança e à propriedade”*, e em seu Inciso LXXIII que *“qualquer cidadão é parte legítima para propor ação popular que vise a anular ato lesivo ao patrimônio público ou de entidade de que o Estado participe, à moralidade administrativa, ao meio ambiente e ao patrimônio histórico e cultural, ficando o autor, salvo comprovada má-fé, isento de custas judiciais e do ônus da sucumbência”*. Desta forma, um dos Princípios Constitucionais do Brasil é a Proteção do Meio Ambiente.

Em seu Título VIII – Da Ordem Social, Capítulo VI – Do Meio Ambiente – Artigo 225, a CF estabelece que:

*“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”*.

Por meio desse artigo 225, sacramenta princípios de direito ambiental, fundamentais à proteção da qualidade ambiental, como a prevenção, a precaução, a

reparação do dano, a informação, o poluidor pagador. Assim é que a Constituição obriga a preservação dos processos ecológicos essenciais, a definição de espaços territoriais a serem especialmente protegidos e o controle da produção, comercialização e emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportam risco à vida e à qualidade ambiental.

Também, eleva o estudo prévio de impacto ambiental ao *status* de instrumento constitucional e acata a responsabilidade objetiva pelo dano ambiental. No intuito de ordenar as ações e medidas de proteção da qualidade ambiental, a CF atribuiu competências gerais aos entes da Federação. Definiu como concorrente a competência para legislar, como mencionado, e como comum a competência administrativa, obrigando a que União, estados e municípios atuem de forma cooperada e coordenada na proteção ambiental.

Assim é que, o art.1º do Decreto Federal 99.274/90, que regulamentou a Lei 6.938/91, atribuiu competências comuns aos órgãos das três esferas de governo para: manter a fiscalização permanente dos recursos ambientais, visando à compatibilização do desenvolvimento econômico e a proteção do meio ambiente; manter o controle permanente das atividades potencial ou efetivamente poluidoras, de modo a compatibilizá-las com os critérios vigentes de proteção ambiental; incentivar o estudo e a pesquisa de tecnologias para o uso racional e proteção dos recursos ambientais, utilizando, neste sentido, os planos e programas regionais ou setoriais de desenvolvimento industrial e agrícola; implantar, nas áreas críticas de poluição, um sistema permanente de acompanhamento dos índices locais da qualidade ambiental; identificar e informar, aos demais órgãos do SISNAMA, a existência de áreas degradadas ou ameaçadas de degradação, propondo medidas de recuperação; orientar a educação, em todos os níveis, para a participação ativa do cidadão e da comunidade na defesa do meio ambiente.

### **2.2.3 PRONAR**

As disposições da PNMA têm sido continuamente normatizadas por meio de Resoluções do CONAMA. Quanto à poluição do ar, as mais importantes são a Resolução 05/1989, que instituiu o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar (PRONAR); a Resolução 18/86, que instituiu o PROCONVE; a Resolução 03/1990, que definiu os padrões de qualidade do ar; a Resolução 382/2006, que estabeleceu limites de emissão de poluentes atmosféricos para determinadas fontes estacionárias

e um conjunto de Resoluções disciplinadoras do Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE).

A Resolução CONAMA nº 05 instituiu o PRONAR como um dos instrumentos básicos da gestão ambiental para proteção da saúde e bem-estar das populações e melhoria da qualidade de vida. Com o objetivo de permitir o desenvolvimento econômico e social do País, de forma ambientalmente segura, pela limitação dos níveis de emissão de poluentes por fontes de poluição atmosférica, com vistas a: (i) melhoria na qualidade do ar; (ii) atendimento aos padrões estabelecidos; (iii) o não comprometimento da qualidade do ar em áreas consideradas não degradadas.

A estratégia era limitar, a nível nacional, as emissões por tipologia de fontes e poluentes prioritários, reservando o uso dos padrões de qualidade do ar como ação complementar de controle, conceituando e propondo-se a estabelecer:

- Limites Máximos de Emissão — a quantidade de poluentes permissível de ser lançada por fontes poluidoras para a atmosfera, que serão diferenciados em função da classificação de usos pretendidos para as diversas áreas e serão mais rígidos para as fontes novas de poluição — aqueles empreendimentos que não tenham obtido a licença prévia do órgão ambiental na data da publicação da Resolução;
- Adoção de Padrões Nacionais de Qualidade do Ar — para uma avaliação permanente das ações de controle estabelecidas são adotados padrões de qualidade do ar, como ação complementar e referencial aos limites máximos de emissão estabelecidos. Foram estabelecidos dois tipos de padrões de qualidade do ar: os primários e os secundários (ver item 2.7.1 Padrão de Qualidade do Ar);
- Prevenção de Deterioração Significativa da Qualidade do Ar — para implementar uma política de não deterioração significativa da qualidade do ar em todo o território nacional, previa que as áreas deveriam ser enquadradas de acordo com a seguinte classificação de usos pretendidos:
  - Classe I — áreas de preservação, lazer e turismo, tais como Parques Nacionais e Estaduais, Reservas e Estações Ecológicas, Estâncias Hidrominerais e Hidrotermais. Nestas áreas deverá ser mantida a qualidade do ar em nível o mais próximo possível do verificado sem a intervenção antropogênica;
  - Classe II —: áreas onde o nível de deterioração da qualidade do ar seja limitado pelo padrão secundário de qualidade;

- Classe III — áreas de desenvolvimento onde o nível de deterioração da qualidade do ar seja limitado pelo padrão primário de qualidade;

Através de Resolução específica do CONAMA serão definidas as áreas Classe I e Classe III, sendo as demais consideradas Classe II.”

- Monitoramento da Qualidade do Ar — com base na necessidade de conhecer e acompanhar os níveis de qualidade do ar, como forma de avaliação das ações de controle estabelecidas, estabeleceu a criação de uma Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade do Ar, que deveria permitir o acompanhamento e a comparação com os respectivos padrões estabelecidos;
- Gerenciamento do Licenciamento de Fontes de Poluição do Ar — estabeleceu um sistema de disciplinamento da ocupação do solo baseado no licenciamento prévio das fontes de poluição, por meio do qual o impacto de atividades poluidoras deve ser analisado previamente, prevenindo uma deterioração descontrolada da qualidade do ar;
- Inventário Nacional de Fontes e Poluentes do Ar — estabeleceu a criação objetivando desenvolver metodologias que permitam o cadastramento e a estimativa das emissões, bem como o devido processamento dos dados referentes às fontes de poluição do ar;
- Gestões Políticas — estabeleceu que o IBAMA coordene gestões junto aos órgãos da Administração Pública Direta ou Indireta, Federais, Estaduais ou Municipais e Entidades Privadas, no intuito de se manter um permanente canal de comunicação visando viabilizar a solução de aplicação de medidas de controle da poluição do ar nos diferentes setores da sociedade;
- Desenvolvimento Nacional na Área de Poluição do Ar — promover junto aos órgãos ambientais meios de estruturação de recursos humanos e laboratoriais a fim de se desenvolver programas regionais que viabilizarão o atendimento dos objetivos estabelecidos no PRONAR;
- Ações de Curto, Médio e Longo Prazo — definiu metas de curto, médio e longo prazo para as ações, considerando:
  - Curto Prazo — definição dos limites de emissão para fontes poluidoras prioritárias; definição dos padrões de qualidade do ar; enquadramento das áreas na classificação de usos pretendidos; apoio a formulação dos Programas Estaduais de Controle de Poluição do Ar; capacitação laboratorial; e capacitação de recursos humanos;

- Médio Prazo — definição dos demais limites de emissão para fontes poluidoras; implementação da Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade do Ar; criação do Inventário Nacional de Fontes e Emissões; capacitação laboratorial (continuidade); e capacitação de recursos humanos (continuidade);
- Longo Prazo — capacitação laboratorial (continuidade); capacitação de recursos humanos (continuidade); e avaliação e retro-avaliação do PRONAR.

Para que as ações de controle definidas pudessem ser concretizadas e como meio de instrumentalizar tais medidas foram estabelecidos alguns instrumentos de apoio e operacionalização: limites máximos de emissão; padrões de qualidade do ar; o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE ); o Programa Nacional de Controle da Poluição Industrial (PRONACOP); o Programa Nacional de Avaliação da Qualidade do Ar; o Programa Nacional de Inventário de Fontes Poluidoras do Ar; e os Programas Estaduais de Controle da Poluição do Ar, que, sob uma perspectiva conceitual, dá ao PRONAR uma ótica de gestão.

Ficou estabelecido que não só o gerenciamento do PRONAR é competência do IBAMA, como também o apoio na formulação dos programas de controle, avaliação e inventário.

Em conformidade com o PRONAR, os estados têm competência para o estabelecimento e implementação dos Programas Estaduais de Controle, para fixar valores mais rígidos de limite de emissão e adotar ações de controle complementares.

Para complementar a Resolução CONAMA 05/89, de acordo com as metas de curto prazo, foram aprovadas, tanto a Resoluções 03/90, que define os padrões de qualidade do ar e critérios mínimos para o monitoramento, quanto a Resolução 06/90, revista na Resolução 382/96, que estabeleceu limite de emissão para processos de combustão externa de fontes fixas.

A Resolução CONAMA 03/90 define que

*“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”.*

Também, conceitua poluente atmosférico como:

*“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”.*

A Resolução CONAMA 03/90 também determina que “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 da Poluição do Ar”.

Assim, foram estabelecidos os padrões primários e secundários para os níveis de partículas em suspensão, partículas inaláveis, fumaça, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio e dióxido de nitrogênio, determinando que, enquanto os estados não definem as áreas de Classe I, II e III adotam-se os padrões primários de qualidade do ar. A mesma Resolução estabeleceu critérios para a elaboração de planos de emergência para episódios críticos de poluição do ar, indicando os limites de poluentes para os níveis de atenção, alerta e emergência. Da mesma forma, atribuiu aos estados o monitoramento da qualidade do ar.

Os padrões de qualidade do ar fixados por tal Resolução continuam vigindo até hoje, apesar de já terem sido revistos pela OMS e outros países.

Também, de acordo com as metas de curto prazo do PRONAR, a Resolução CONAMA 06/90 estabeleceu limites máximos de emissão em fontes fixas, somente para processos de combustão externa, que utilizam óleo combustível e carvão mineral, que deveriam ser revistos em dois anos e, depois, a cada cinco anos. No texto da Resolução é mencionado que o estabelecimento de limites máximos de emissão “constitui-se no mais eficaz instrumento de controle de poluição atmosférica”, evidenciando a visão de comando e controle focada na fonte de poluição e não na qualidade do meio.

Somente em 2006, ou seja, 16 anos depois, foi realizada a revisão da Resolução CONAMA 06/90.

A Resolução 382 fixou limites de emissão apenas para novas fontes, por poluente e por tipologia. Diferentemente da anterior, considera que o atendimento aos limites de emissões objetiva minimizar os impactos sobre a qualidade do ar e, assim, proteger a saúde e o bem-estar da população, além da necessidade de compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico e que a determinação de limites nacionais de emissão atmosférica deve, também, levar em conta seu custo e o impacto deste nas economias regionais, dentre outros aspectos.

Associado ao PRONAR, surgiu o Programa Nacional de Controle da Poluição Industrial (PRONACOP), que teve como objetivo equipar laboratorialmente e treinar pessoal dos órgãos ambientais. Foram disponibilizados equipamentos de monitoramento ambiental para doze instituições, naqueles estados que apresentavam quadro crítico de poluição industrial. Constatou-se, no entanto, que a maioria desses órgãos não fez uso adequado desses equipamentos. O PRONACOP está com suas ações finalizadas, desde 1995.

Passados 20 anos desde a criação do PRONAR, nenhum dos programas nele previstos foi implantado, com exceção do PROCONVE, que será abordado adiante.

No ano de 2002, de forma complementar ao PROCONVE, surgiu o Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares (PROMOT), que veio a contribuir de forma decisiva para a redução da poluição por fontes móveis.

Outros aspectos importantes à implantação do PRONAR não foram regulados, como a definição de áreas de Classe I e III, a definição de metodologia padrão para o Inventário Nacional de Fontes e Poluentes, procedimentos, critérios e regras de dimensionamento, redimensionamento e localização da rede de monitoramento.

À exceção do conjunto Resoluções que complementam as ações do CONAMA, nos últimos 20 anos somente a Resolução 382 deu continuidade ao PRONAR.

O fato de o PRONAR ter sido instituído por uma Resolução do CONAMA lhe dá uma competência normativa muito limitada e, de acordo com o MMA (Plano Nacional da Qualidade do Ar, 2010): “*sob a perspectiva material, o PRONAR não pode ser tido como um sistema de gestão*”. A utilização de limites de emissão como principal estratégia, reservando o uso dos padrões de qualidade do ar como ação complementar de controle, evidencia seu pouco alcance para a gestão da qualidade do ar, pois parte de uma visão estreita de comando e controle focada na fonte de poluição e não na qualidade do meio. Desse modo, possibilita a ocorrência de situações em que, apesar do controle das fontes, são mantidos os problemas de

degradação da qualidade do ar, não sendo, portanto, condizente com a operacionalização coordenada dos instrumentos de gestão presentes no ordenamento jurídico brasileiro.

É importante observar que no Brasil há legislação, no *stricto sensu*, ordenadoras dos sistemas de proteção dos recursos hídricos, da biodiversidade e da fauna, definindo diretrizes claras sobre competências, princípios, instrumentos, recursos financeiros. Para o recurso atmosférico, o PRONAR não é capaz de suprir tais quesitos, por questões formais e materiais.

Existem outras disposições legais que, indiretamente, impactam e influenciam a gestão da qualidade do ar, tais como: as leis sobre zoneamento industrial (Lei 6.803/1980), Estatuto da Cidade (Lei 10.257/2001), Lei de Crimes Ambientais (Lei 9.605/1998), Código Florestal (Lei 4.771/1965), a do SUS (Lei 8.080/1990) e a Política Energética Nacional (Lei 9.478/1997). Em alguns casos, essa relação é direta, como a Lei de Crimes Ambientais, mas, em outros, a interconexão com a gestão da qualidade é absolutamente indireta, como no caso das normas sobre planejamento urbano.

#### **2.2.4 Plano Nacional da Qualidade do Ar (PNQA)**

Em 2009, o Ministério das Cidades, o Ministério da Saúde e o Ministério do Meio Ambiente lançaram em conjunto o Plano Nacional de Qualidade do Ar. Segundo o documento:

*“Ações de gestão são necessárias para prevenir ou reduzir as emissões de poluentes e os efeitos da degradação do meio aéreo, o que já foi demonstrado ser compatível com o desenvolvimento econômico e social. A gestão da qualidade do ar envolve, portanto, medidas mitigadoras que tenham como base a definição de limites permissíveis de concentração dos poluentes na atmosfera, a restrição de emissão dos mesmos, bem como um melhor desempenho na aplicação dos instrumentos de comando e controle, entre eles o licenciamento ambiental e o monitoramento.”*

Os objetivos estratégicos do PNQA compreendem:

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

- Integrar políticas públicas e instrumentos que se complementem nas ações de planejamento territorial, setorial e de fomento, e na aplicação de mecanismos de comando e controle necessários ao alcance de metas de qualidade do ar temporalmente definidas; e
- Contribuir para a diminuição da emissão de gases do efeito estufa.

Observa-se que apesar da abordagem mais moderna sobre o tema, ainda persiste a ênfase no “comando e controle”.

O PNQA estabeleceu as seguintes linhas de ação:

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

Grande parte das ações previstas no Plano já está em andamento por meio dos Grupos de Trabalho do CONAMA. Entretanto, são introduzidas as questões das fontes agrossilvopastoris e gases de efeito estufa, cujo tratamento das emissões é bastante diferenciado, ou seja, coloca em um mesmo patamar a poluição do ar local/regional e a poluição global.

Dentre as ações propostas para serem implementadas, de acordo com o PNQA, para fontes fixas, todas correspondem àquelas já previstas no PRONAR. Para as fontes móveis, à exceção do Inventário de Fontes Móveis, as ações já vêm sendo implementadas pelo PROCONVE, por meio de Resoluções do CONAMA. Com relação às queimadas, as ações, também, já estão em curso.

Complementarmente à legislação federal vigente, os estados também possuem uma série de instrumentos legais destinados a medidas de controle da poluição e prevenção da degradação da qualidade do ar.

## 2.2.5 – PROCONVE

O Brasil foi o primeiro país da América do Sul a adotar uma legislação visando reduzir as emissões veiculares. Em 1976, o Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) estabeleceu, por meio da Resolução nº 507/76, o controle das emissões de gases e vapores do cárter dos veículos. No mesmo ano, o Governo do Estado de São Paulo promulgou a Lei nº 997 que, por intermédio do Decreto nº 8.468/76, estabeleceu, entre outras exigências, o padrão nº 2 da Escala de Ringelmann<sup>1</sup> como limite de emissão de fumaça emitida por veículos a diesel em circulação, bem como condicionou a autorização de comercialização de veículos novos no Estado somente para aqueles em conformidade com limites de emissão de monóxido de carbono, hidrocarbonetos e NOx.

Em 1985, o Governo de São Paulo, por meio da CETESB, submeteu à apreciação do CONAMA, uma proposta para a criação de um programa de controle de emissões veiculares para veículos novos. Essa proposta foi fundamentada naquilo que se apresentava como o pior caso no Brasil, ou seja, na necessidade de se reduzir os valores máximos das concentrações de poluentes registrados na atmosfera da RMSP aos padrões de qualidade de ar.

Desse modo, foi criado, em 1986, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), instituído pela Resolução CONAMA 18/86 e pela Lei 8723, de outubro de 1993. Resoluções adicionais, editadas posteriormente, estabeleceram diretrizes, prazos e padrões legais de emissão admissíveis para as diferentes categorias de veículos e motores, nacionais e importados.

O PROCONVE, segundo o IBAMA, tem como principal meta a *“redução da poluição atmosférica através do estabelecimento de limites de emissão veicular, induzindo o desenvolvimento tecnológico dos fabricantes e determinando que os veículos e motores atendam aos limites de emissões, em ensaios padronizados e com combustível de referência”* (IBAMA, 2000).

Impõe, também, *“a certificação de protótipos e o acompanhamento estatístico em veículos de produção, a autorização do IBAMA para uso de combustíveis alternativos, o recolhimento e reparo de veículos e motores encontrados em desconformidade com a produção ou projeto e proíbe a comercialização de modelos de veículos não homologados, além da melhoria das características técnicas dos*

---

<sup>1</sup> Escala Ringelmann-escala inventada na década de 1890, pelo Prof. Maximilian Ringelmann, Eng<sup>o</sup> Agrônomo do *Institute National Agronomique* e Diretor da *Station d'Essais de Machines* de Paris, França. O propósito dessa escala foi de permitir o controle da queima das caldeiras a vapor então comuns, pela observação das matizes de cinza da fumaça emitida pelas chaminés. Essa escala foi adotada quando do surgimento dos veículos diesel (na década de 1920) e permaneceu até o aparecimento dos opacímetros. A Escala de Ringelmann é a referência para a fiscalização, rodoviária e urbana, da emissão de fumaça no Brasil, conforme a resolução 510/77 do CONTRAN.

*combustíveis automotivos, criação de programas de inspeção e manutenção para veículos em uso e promoção da conscientização da população com relação à poluição atmosférica originada pelos veículos e o desenvolvimento tecnológico no País”.*

O PROCONVE foi concebido segundo os seguintes princípios:

- Adoção de procedimentos avançados e utilizados internacionalmente para ensaio de veículos, motores e medição de poluentes, objetivando promover a harmonização normativa e estabelecer no País um referencial tecnológico atualizado;
- Adoção de limites de emissão gradualmente mais restritivos, visando estabelecer, em bases factíveis para a indústria automobilística e de combustíveis derivados de petróleo, os períodos necessários para a modernização desses setores e produção, em escala industrial, dos sistemas de controle de emissões necessários para cada uma das etapas do cronograma definido;
- Homologação de protótipos dos veículos novos produzidos, visando demonstrar e comprovar previamente à produção em massa do veículo ou motor, por meio de especificações técnicas e resultados de medição das emissões, a sua conformidade com as exigências legais;
- Exigência de requisitos mínimos de durabilidade dos sistemas de controle de emissão, para evitar o uso de técnicas e tecnologias que se degradem rapidamente com o uso do veículo;
- Controle de conformidade da linha de produção e importação dos produtos homologados, por meio de relatórios de acompanhamento estatístico dos níveis de emissão de poluentes;
- Definição de combustíveis de referência representativos dos combustíveis comerciais para utilização nos ensaios de homologação, porém com características técnicas mais severas objetivando garantir a reprodutibilidade dos testes;
- Exigência de melhoria das características técnicas dos combustíveis comerciais, envolvendo medidas como o banimento da aditivação da gasolina com aditivos a base de chumbo e a redução na concentração de enxofre na gasolina e no óleo diesel, tornando-os apropriados para uso nos veículos equipados com sistemas de controle de emissões;
- Responsabilização legal do fabricante e importador pelas informações prestadas para homologação dos protótipos e demais informações exigidas, inclusive quanto a modificações introduzidas nos veículos homologados;

- Implementação de medidas de fiscalização em campo das emissões, por meio de programas de Inspeção e Manutenção (I/M) e outras formas, para evitar a circulação de veículos sem os sistemas de controle originalmente instalados e com níveis de emissão excessivos; e
- Implementação de medidas voltadas para a informação do público em geral e dos serviços especializados na reparação dos veículos quanto à necessidade e importância em se operar e manter o veículo em condições adequadas. Dentre essas medidas consta a obrigatoriedade de todas as veiculações publicitárias de veículos homologados fazerem menção cumprimento das exigências do PROCONVE, ao uso de mensagens colocadas em adesivos existentes nos veículos novos e informações contidas nos manuais de proprietário do veículo e de serviços.

A estratégia do PROCONVE objetiva o controle das emissões de poluentes dos veículos leves e pesados. Desta forma, foram estabelecidos limites máximos para emissão de poluentes, implantados em fases sucessivas, e cada vez mais severos, com prazos para a adequação dos veículos. O PROCONVE envolve, também, a homologação prévia e acompanhamento da conformidade de produtos e programas de inspeção e manutenção. Para o atendimento aos limites é necessária, ainda, a adequação das especificações dos combustíveis, tarefa que é atribuição da Agência Nacional do Petróleo, Gás natural e Biocombustíveis (ANP).

São denominadas “fases” do PROCONVE os intervalos de tempo entre a vigência de um determinado limite de emissão, dado pela legislação, e a entrada em vigor de novos limites mais restritivos. Nessas fases se deram inovações tecnológicas nos veículos que possibilitaram a redução das emissões.

Inicialmente, o PROCONVE priorizou o segmento de veículos leves, em razão de sua utilização intensiva, caracterizando o setor como o maior emissor de poluentes atmosféricos. Assim, ao estabelecer limites de emissão de poluentes no escapamento desses veículos, foi necessário conceder prazos para que a indústria automobilística nacional viesse a promover as adaptações necessárias. As inovações tecnológicas dos motores que se seguiram, objetivando a otimização de seu funcionamento como forma de obtenção de uma queima mais equilibrada de combustível, apresentaram como reflexos imediatos a adaptação da indústria de autopeças e a melhoria nas especificações dos combustíveis.

A rota tecnológica a ser eleita pelos fabricantes é de livre escolha, desde que os limites sejam atingidos. A Tabela 11 apresenta os limites previstos para os veículos leves de passageiros e a Tabela 12 para veículos a diesel.

**Tabela 11: Limites Máximos de Emissão de Poluentes para Veículos Leves de Passageiros**

POLUENTES	FASE I até 31/12/1991	FASE II até 31/12/1996	FASE III até 31/12/2006	FASE IV Desde 01/01/2005 (1)	FASE V a partir de 01/01/2009
Monóxido de carbono (CO em g/km)	24,00	12,00	2,00	2,00	2,00
Hidrocarbonetos (HC em g/km)	2,1	1,2	0,30	0,30(2)	0,30(2)
Hidrocarbonetos não metano (NMHC em g/km)	NE	NE	NE	0,16	0,05
Óxidos de nitrogênio (NOx em g/km)	2,00	1,40	0,60	0,25(3) ou 0,60(4)	0,12(3) ou 0,25(4)
Material particulado (MP em g/km)	NE	NE	0,05	0,05	0,05
Aldeídos (CHO g/km)	NE	0,15	0,03	0,03	0,02
Emissão evaporativa (g/ensaio)	6,00	6,00	2,00	2,0	2,0
Emissão de gás no cárter	nula	nula	nula	nula	nula

(1) em 2005 → para 40% dos veículos comercializados; em 2006 → para 70% dos veículos comercializados; e a partir de 2007 → para 100% dos veículos comercializados.

(2) Aplicável somente a veículos movidos a GNV.

(3) Aplicável somente a veículos movidos a gasolina ou etanol.

(4) Aplicável somente a veículos movidos a óleo diesel.

(NE) não exigível.

Fonte: IBAMA/PROCONVE, 2005

**Tabela 12: Limites do PROCONVE para veículos diesel (g/kW.h)**

	CO	HC	NOx	MP
P1	14,0*	3,50*	18,00*	*
P2	11,2	2,45	14,40	0,60*
P3	4,9	1,23	9,00	0,40
P4	4,0	1,10	7,00	0,15
P5	2,1	0,66	5,00	0,10
P6	1,5	0,46	3,50	0,02

\*Emissão Gasosa (fase) 1 e MP ( fase 2) não foram exigidos legalmente.

Fonte: IBAMA/PROCONVE, 2005

A Resolução CONAMA nº 415 estabeleceu uma nova fase do PROCONVE para veículos leves. A nova Resolução, basicamente, estabeleceu novos limites máximos para a emissão de poluentes do escapamento de veículos automotores leves novos de passageiros de massa menor ou igual a 1.700 quilogramas e veículos comerciais com massa superior a 1.700 quilogramas. Ambas as categorias são para uso rodoviário e contemplam os veículos dos ciclos Otto e Diesel. Os novos limites devem entrar em vigor a partir de 1º janeiro de 2013, para veículos do ciclo Diesel e 1º de janeiro de 2014, para os novos modelos de veículos do ciclo Otto, além da data de 1º janeiro 2015 para os modelos já existentes, de acordo com as Tabelas 13,14 e 15.

**Tabela 13: Limites máximos de emissão para veículos automotores leves de passageiros: vigência em 2013/2014 para novos modelos e 2015 para os demais**

Poluentes	Limites de Emissão
CO	1,30 g/km
HC (somente para veículos a gás)	0,30 g/km
COV	0,05 g/km
NOx	0,08 g/km
Aldeídos (para ciclo Otto)	0,02 g/km
MP (para ciclo diesel)	0,025 g/km
CO (marcha lenta, ciclo Otto)	0,2% em volume

Fonte: PROCONVE

**Tabela 14: Limites máximos de emissão para veículos automotores leves comerciais, com massa do veículo para ensaio menor ou igual a 1.700 kg: vigência em 2013 ciclo diesel, 2014 novos modelos e 2015 os demais**

Poluentes	Limites de emissão
CO	1,30 g/km
HC (somente para veículos a gás)	0,30 g/km
COV	0,05 g/km
Nox	0,08 g/km
Aldeídos (para ciclo Otto)	0,02 g/km
MP (para ciclo diesel)	0,03 g/km
CO (marcha lenta, ciclo Otto)	0,2% em volume

Fonte: PROCONVE

**Tabela 15: Limites de emissão para veículos automotores leves comerciais, com massa do veículo para ensaio maior que 1.700 kg, com vigência em 2013 ciclo diesel, 2014 novos modelos e 2015 para os demais**

Poluentes	Limites de emissão
CO	2,00 g/km
HC (somente para veículos a gás)	0,50 g/km
COV	0,06 g/km
NOx (para ciclo Otto)	0,25 g/km
NOx (para ciclo Otto)	0,35 g/km
Aldeídos (para ciclo diesel)	0,03 g/km
MP (para ciclo diesel)	0,040 g/km
CO (marcha lenta, ciclo Otto)	0,2% em volume

Fonte: PROCONVE

A Resolução CONAMA 403 estabeleceu limites mais rígidos de emissão de poluentes para veículos pesados, estando prevista a entrada em operação em 1º de janeiro de 2012. Essa fase implicará na disponibilização ao mercado de um óleo diesel com teor, aproximado, de 10 ppm de enxofre, competindo a tarefa de especificar o novo combustível e a logística de abastecimento a ANP.

Pelo cronograma em vigor, as indústrias automobilísticas e de combustíveis têm até 2016 para se adaptarem às novas normas técnicas, disponibilizando no mercado brasileiro diesel e motores nos padrões que já são adotados na Europa, onde os veículos movidos a diesel emitem uma quantidade de enxofre até 200 vezes menor do que é lançado pelos ônibus e caminhões brasileiros. Os novos limites são mostrados na Tabela 16.

**Tabela 16: Novos limites de emissão para veículos pesados (g/kWh)**

	NOx	HC	CO	CH <sub>4</sub> <sup>2</sup>	MP	COV	Opacidade (m <sup>-1</sup> )	NH <sub>3</sub> (ppm)
Ensaio ESC <sup>4</sup> /ELR <sup>5</sup>	2,00	0,46	1,50	NA	0,02	NA	0,50	25,00
Ensaio ETC <sup>1</sup>	2,00	NA	4,00	1,10	0,03 <sup>3</sup>	0,55	NA	25,00

(1) Ciclo E.T.C. - denominado Ciclo Europeu em Regime Transiente - ciclo de ensaio que consiste de mil e oitocentos modos transientes, segundo a segundo, simulando condições reais de uso. Motores a gás são ensaiados somente neste ciclo.

(2) Somente motores a gás são submetidos a este limite.

(3) Motores a gás não são submetidos a este limite.

(4) Ciclo E. S. C - denominado Ciclo Europeu em Regime Constante - consiste de um ciclo de ensaio com 13 modos de operação em regime constante;

(5) Ciclo E.L.R. - denominado Ciclo Europeu de Resposta em Carga - ciclo de ensaio que consiste numa sequência de quatro patamares a rotações constantes e cargas crescentes de dez a cem por cento, para determinação da opacidade da emissão de escapamento.

Fonte: MMA, 2009

O PROCONVE tem contribuído de forma importante para a redução das emissões de poluentes de origem veicular. Desde a sua implantação ocorreu a redução no escapamento dos veículos em até 97% de poluentes. Em 1988, a emissão média de monóxido de carbono, por veículo, era de 54 g/km, hoje essa emissão é de 0,3 g/km. Comprovadamente, pode-se afirmar que com os resultados alcançados, a qualidade do ar melhorou nos últimos 23 anos, mesmo com o crescimento de 215% da frota desde 1980 (12 vezes mais que o crescimento da população, da ordem de 18%).

Além da redução de emissões, o PROCONVE foi importante no sentido de propiciar ao setor automobilístico nacional (montadoras, autopeças e serviços) e ao setor de combustíveis a capacitação para adequar-se tecnologicamente a limites mais restritivos de emissões, atualizando-se em relação aos países mais desenvolvidos e

ganhando competitividade em mercados mais restritos por limitações de ordem ambiental.

Segundo o PNQA,

*“O êxito do PROCONVE se deve a cronogramas bem elaborados, com etapas cada vez mais restritivas, e sempre em sintonia com a realidade brasileira. Os expressivos resultados ambientais alcançados, bem como a eficácia na implantação das fases, demonstram que o PROCONVE se constitui num dos programas mais bem sucedidos em termos de políticas públicas para o setor ambiental adotado pelo Governo Brasileiro”.*

### **2.2.6 Programa de Controle da Poluição do Ar por Motocicletas (PROMOT)**

O notável crescimento do número de motocicletas vem se destacando no mercado automobilístico, principalmente devido a sua utilização predominante no segmento econômico de prestação de serviços de entregas. Suas emissões de escapamento, particularmente as de hidrocarbonetos e de monóxido de carbono, chegam a ser várias vezes maiores que a dos automóveis novos, o que gera preocupações no que tange as emissões e a qualidade do ar.

Os problemas associados ao crescimento acelerado dessa modalidade de veículo fez com que se priorizasse o estabelecimento de um programa específico para o controle da emissão de escapamento das motocicletas, o PROMOT. Instituído por meio da Resolução CONAMA nº 297/2002, estabeleceu limites de emissão para gases poluentes de motocicletas novas e previu exigências quanto à durabilidade e controle da qualidade da produção e critérios para a implantação de programas de inspeção e manutenção periódica e fiscalização em campo.

Da mesma forma que o PROCONVE, a base normativa do PROMOT são Resoluções específicas que estabelecem diretrizes, prazos e padrões legais de emissão admissíveis para as diferentes categorias de motociclos e veículos similares nacionais e importados. Dentre suas principais ações, pode-se citar: atuar diretamente sobre as categorias de ciclomotores; estabelecer limites máximos de emissão de poluentes cada vez mais severos, em fases sucessivas; estabelecer metodologias de ensaios; conceder prazos para desenvolvimento dos veículos, adaptação da indústria de autopeças; não estabelecer tecnologia específica; promover a homologação prévia dos produtos em concessão de Licença para Uso de da Configuração de

Ciclomotores, Motociclos e Similares (LCM); acompanhar a conformidade da produção; e prever a implantação dos programas de inspeção e manutenção.

Também, de maneira análoga ao PROCONVE, são denominadas “fases” do PROMOT os intervalos de tempo entre a vigência de um determinado limite de emissão, dado pela legislação, e a entrada em vigor de novos limites de emissão mais restritivos. Mais uma vez, é importante notar que nessas fases estão contempladas inovações tecnológicas nos ciclomotores e similares que possibilitam a redução das emissões (Tabela 17).

**Tabela 17: Limites de emissão para Ciclomotores, Motociclos e Similares**

Categoria	Data de Vigência	Limites					
		CO (g/km)	HC + NOx (g/km)				
Ciclomotores	1/1/2003	6,0	3,0				
	1/1/2005 (1)	1,0	1,2				
	1/1/2006 (2)						
Obs.:	(1) Para os novos lançamentos de modelos (2) Para todos os modelos						
Categoria	Data da Vigência	Motor	Limites				
			CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	CO Marcha Lenta % em volume	
Motociclos e Similares	1/1/2003	Todos	13,0	3,0	0,3	<250 cc	> 250 cc
	1/1/2005 (1)	< 150 cc	5,5	1,2		6,00%	0
	1/1/2006 (2)	< 150 cc		2,0	1,2		
		≥150 cc	1,0				
	1/1/2009	< 150 cc	0,8	0,15			
		≥150 cc			0,3		
Obs:	(1) Para os novos lançamentos de modelos (2) Para todos os modelos						

Fonte: CONAMA

Igualmente para o PROMOT, os resultados alcançados comprovadamente mostram que a estratégia para implantação de programas de controle de emissão de poluentes por veículos automotores dessa categoria específica foi montada acertadamente, uma vez que, em 2000, uma motocicleta nova emitia uma quantidade 16 vezes superior de monóxido de carbono que um veículo novo (12 g/km para 0,73 g/km de um automóvel). No ano de 2006, esse valor foi reduzido para 2,3 g/km em motos, contra 0,33 g/km dos carros (os dados referem-se a motos com motores de 150 cilindradas ou menos).

A implantação do PROMOT reduziu as emissões em cerca de 80% para o monóxido de carbono e 70% para os hidrocarbonetos.

### **2.2.7 Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários**

Em 2010, o Ministério do Meio Ambiente, por meio da Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental, em convênio de cooperação técnica entre diferentes setores e parceiros elaborou o 1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários, tendo como um de seus objetivos restaurar a missão do PRONAR, que pressupunha a implantação do Programa Nacional de Inventários de Fontes Poluidoras do Ar.

Segundo o documento, o inventário *“representa um subsídio valioso para a atuação da esfera Federal, dos Estados, dos Municípios e da própria sociedade no planejamento, implantação e acompanhamento de políticas públicas voltadas à melhoria da qualidade ambiental e à mitigação das mudanças climáticas.”*

No trabalho realizado foram estimadas as emissões provenientes dos gases de escapamento dos veículos do ciclo Otto e diesel, excluindo-se as motocicletas. Foram quantificados os poluentes que afetam a qualidade do ar, bem como os que contribuem para o aumento do efeito estufa. Entretanto, o inventário, elaborado com base na frota nacional, não apresenta os fatores de emissão empregados, impossibilitando que o instrumento seja utilizado para tratar as questões regionais/locais relacionadas à gestão da qualidade do ar.

De uma maneira geral, o inventário aborda as questões locais de qualidade do ar da mesma forma que as questões globais, reduzindo a gestão da qualidade do ar a uma questão de emissões, reforçando a postura de comando-controle.

### **2.2.8 Instrumentos Preventivos da Política, do Planejamento e da Gestão Ambiental Pública**

O estabelecimento de padrões de qualidade, bem como o zoneamento, a avaliação de impacto e o licenciamento ambiental são instrumentos de caráter preventivo, criados para a execução dos objetivos da Política Nacional do Meio Ambiente, principalmente, o de *“harmonizar o desenvolvimento econômico e social com a proteção do meio ambiente, promovendo o uso racional dos recursos ambientais”* (Malheiros, 2002).

Segundo Verocai (2002), *“os instrumentos preventivos ...compreendem o licenciamento ambiental, a avaliação de impacto ambiental, a avaliação ambiental*

*estratégica, os planos diretores do uso do solo e de outros recursos ambientais, a criação de unidades de conservação da natureza*". Cabe destacar alguns deles, uma vez que são o foco desta tese.

### **2.2.8.1 Licenciamento ambiental**

O licenciamento ambiental foi instituído por um conjunto de leis, decretos, normas técnicas e administrativas que integram as obrigações e responsabilidades do Poder Público e dos responsáveis pelos empreendimentos quanto à autorização para implantação de atividades potenciais ou efetivamente capazes de alterar as condições do meio ambiente.

O licenciamento ambiental consiste num processo de acompanhamento sistemático das consequências ambientais de uma atividade econômica que se pretenda desenvolver, desde as etapas iniciais de seu planejamento, pela emissão de licenças e pela verificação do cumprimento das restrições determinadas em cada uma delas, que condicionam sua execução às medidas de controle ambiental e às regras de operação.

De acordo com a Resolução CONAMA 237/97, art. 1º, inciso I:

*“O licenciamento ambiental é o procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso”.*

A legislação atribui a competência para administrar o sistema de licenciamento ambiental aos estados, por meio de seus órgãos e instituições de meio ambiente, e ao governo federal (IBAMA), em caráter supletivo ou em casos previstos em Resolução do CONAMA. Isto inclui a emissão das licenças ambientais obrigatórias e a fiscalização do cumprimento de suas restrições e condições de validade.

Recentemente, alguns municípios estabeleceram em suas leis orgânicas o licenciamento ambiental, em casos de sua competência. Em alguns estados, já vem sendo repassado aos municípios, por meio de convênios e outras formas de delegação de competência, o controle ambiental de atividades de efeitos ambientais localizados, que normalmente provocam incômodos significativos à vizinhança por estarem disseminadas na malha urbana, como os bares e restaurantes, as oficinas mecânicas, as padarias, entre outras instalações de serviço. O controle ambiental

dessas atividades relaciona-se com a localização inadequada, o desrespeito ao zoneamento urbano e o cumprimento das posturas municipais, podendo ser resolvido por meio de soluções padronizadas de tratamento.

O processo de licenciamento ambiental compreende três fases que correspondem, respectivamente, a três licenças ambientais (Decreto n° 99.274, de 06.06.90 e Resolução CONAMA n° 237/97):

- **Licença Prévia (LP)** – concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação. A concessão da LP não autoriza a execução de quaisquer obras ou atividades destinadas à implantação do empreendimento.
- **Licença de Instalação (LI)** - autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes, da qual constituem motivo determinante. A concessão da LI resulta no compromisso do empreendedor em manter o projeto final compatível com as condições aprovadas, sendo necessário que todas as exigências constantes na LP sejam atendidas.
- **Licença de Operação (LO)** - autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação. A concessão da LO implica no compromisso do empreendedor em adotar, implantar e manter em perfeitas condições de funcionamento os equipamentos de controle de poluição previstos.

#### **2.2.8.2 Avaliação de Impacto Ambiental – AIA**

A avaliação de impactos ambientais foi regulamentada como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente, e suas definições, responsabilidades, critérios básicos e diretrizes gerais para seu uso e implementação foram estabelecidos através da Resolução CONAMA 01/86, sendo sua aplicação vinculada ao licenciamento ambiental, ou seja, só podendo ser determinada sua realização nos processos de licenciamento ambiental. Em 1988, a sua obrigatoriedade também foi assegurada no texto da Constituição Federal e, posteriormente, nas Constituições Estaduais.

De acordo com a Resolução CONAMA 01/86, as diretrizes gerais da AIA são estabelecidas no Art. 5º:

- I - Contemplar todas as alternativas tecnológicas e de localização do projeto, confrontando-as com a hipótese de não execução do projeto;
- II - Identificar e avaliar sistematicamente os impactos ambientais gerados nas fases de implantação e operação da atividade;
- III - Definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada área de influência do projeto, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza;
- IV - Considerar os planos e programas governamentais, propostos e em implantação na área de influência do projeto, e sua compatibilidade.

Da mesma forma, o Art. 6º contempla as seguintes atividades técnicas que deverão ser desenvolvidas no EIA:

- I - Diagnóstico ambiental da área de influência do projeto completa descrição e análise dos recursos ambientais e suas interações, tal como existem, de modo a caracterizar a situação ambiental da área, antes da implantação do projeto, considerando:
  - a) o meio físico - o subsolo, as águas, o ar e o clima, destacando os recursos minerais, a topografia, os tipos e aptidões do solo, os corpos d'água, o regime hidrológico, as correntes marinhas, as correntes atmosféricas;
  - b) o meio biológico e os ecossistemas naturais - a fauna e a flora, destacando as espécies indicadoras da qualidade ambiental, de valor científico e econômico, raras e ameaçadas de extinção e as áreas de preservação permanente;
  - c) o meio sócio-econômico - o uso e ocupação do solo, os usos da água e a socioeconomia, destacando os sítios e monumentos arqueológicos, históricos e culturais da comunidade, as relações de dependência entre a sociedade local, os recursos ambientais e a potencial utilização futura desses recursos.
- II - Análise dos impactos ambientais do projeto e de suas alternativas, através de identificação, previsão da magnitude e interpretação da importância dos prováveis impactos relevantes, discriminando: os impactos positivos e negativos (benéficos e adversos), diretos e indiretos, imediatos e a médio e longo prazos, temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade; suas

propriedades cumulativas e sinérgicas; a distribuição dos ônus e benefícios sociais.

III - Definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos, entre elas os equipamentos de controle e sistemas de tratamento de despejos, avaliando a eficiência de cada uma delas.

IV - Elaboração do programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos positivos e negativos, indicando os fatores e parâmetros a serem considerados.

O licenciamento ambiental de atividades e empreendimentos considerados efetiva ou potencialmente causadores de significativa degradação do meio ambiente está sujeito à Avaliação de Impactos Ambientais (AIA), dependendo de prévio Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA). Desse modo, consistindo a LP na primeira etapa do licenciamento ambiental, é antes da sua emissão que os estudos citados devem ser elaborados. Segundo Verocai (1985), os procedimentos da AIA *“devem assegurar que a avaliação seja realizada desde o início do processo de planejamento ou da tomada de decisão, de modo a possibilitar a comparação entre as alternativas e a adoção de medidas corretivas e mitigadoras dos impactos. Avaliar impactos ambientais após ter sido tomada uma decisão, ou depois de executado um projeto, faz com que a AIA perca suas finalidades, limitando-se os estudos a oferecer sugestões para a correção dos efeitos mais evidentes”*.

A aplicação da AIA no Brasil, anos após a sua adoção, tem-se mostrado pouco eficiente no que se refere à tomada de decisão que integre as variáveis ambientais, econômicas, sociais e tecnológicas e para fornecer informações para que se incorpore a variável ambiental ao planejamento (Verocai, 2006), não demonstrando, de fato, seu caráter preventivo.

No Brasil, a AIA, embora tenha sido criada como um instrumento abrangente, tem tido sua prática consolidada na instância de projetos, caracterizada por lacunas importantes, que a distancia dos propósitos e objetivos definidos pela legislação ambiental. Segundo Teixeira (2008), *“essas lacunas compreendem aspectos normativos e procedimentais, técnicos, institucionais e legais”* como, por exemplo, *“a baixa qualidade técnica dos termos de referência dos estudos ambientais e por conseqüência dos próprios estudos; a pouca capacidade instalada em técnicas de previsão de impactos ambientais; a ineficiência dos procedimentos de comunicação social e participação do público; a falta de verificação do cumprimento das condições de licenças concedidas e da avaliação contínua da mitigação de impactos, a desconsideração continuada da cumulatividade dos impactos e da sinergia de efeitos”*.

Também, segundo EGLER (2002), o estudo de impacto ambiental “*é um critério utilizado para demonstrar que o ambiente (físico e social) está sendo considerado na implementação de empreendimentos, independentemente se esse processo está sendo apenas usado como um procedimento formal de legitimação ou como um instrumento efetivo de negociação e mediação*”.

A experiência de aplicação da AIA tem sugerido a necessidade de sua ampliação para lidar com discussões prévias do planejamento ambiental, para interferir nos planos e programas geradores dos projetos de infra-estrutura e para avaliar os impactos cumulativos decorrentes (MMA, 2002).

Nesse sentido, alguns argumentos têm sido ressaltados, segundo Teixeira (2008): “*é possível identificar e evitar nas etapas de formulação de políticas públicas, planos e programas de desenvolvimento alguns tipos de impactos; a variável ambiental não é considerada na tomada de decisão que define os projetos de investimentos, sendo tratada somente no licenciamento quando da abordagem dos possíveis impactos; a análise individual de projetos dificulta a identificação e a avaliação de impactos cumulativos decorrentes da implantação de vários empreendimentos numa mesma região; os projetos de grande impacto ambiental representam, via de regra, baixa consistência nas justificativas técnicas, políticas, institucionais e legais em termos das alternativas selecionadas; a falta de envolvimento da sociedade no processo de planejamento e de tomada de decisão que define os projetos de investimentos determina que estes só sejam conhecidos no processo de licenciamento ambiental, o que pode contribuir para o acirramento de conflitos socioambientais*”.

Apesar da existência da base legal, historicamente, não se observa, na prática, a abordagem dos impactos cumulativos nos estudos ambientais (Brasil, 1986). A importância da análise de cumulatividade e sinergia e sua abordagem no cenário brasileiro têm despertado a preocupação de alguns setores públicos e privados, que já começam a discutir o tema, no contexto da AAE.

Várias são as definições encontradas na literatura para o conceito de impacto ou efeito cumulativo. De maneira bastante sintética, Sadler (1996) define como sendo o “*resultado líquido de impactos ambientais de diversos projetos e atividades*”. A regulamentação da lei ambiental norte-americana conceitua como “*impacto sobre o ambiente resultante de uma ação presente, quando somada a outras ações passadas, presentes ou futuras, razoavelmente previsíveis*” (Council on Environmental Quality, 1987; Environmental Protection Agency, 1969).

Quanto aos impactos sinérgicos, conceitua-se como o impacto de um empreendimento associado ao mesmo impacto de outro empreendimento, produzindo um efeito total diferente daquele que seria obtido pela adição dos impactos individuais. Essa diferença poderá ocorrer em função de eventuais interações ocorridas.

Para a Comunidade Européia, as técnicas empregadas de avaliação de impactos devem quantificar e prognosticar sua magnitude e significância (Walker & Johnston, 1999), sendo indicada a aplicação da modelagem matemática para a sua quantificação e resultados na qualidade do ar.

A modelagem, por meio da simulação das condições ambientais, é uma ferramenta analítica que permite a quantificação dos impactos que podem afetar o meio ambiente. Apresenta vantagens em relação a outras técnicas, uma vez que explicita os limites geográficos e temporais, além de indicar relações específicas de causa-efeito. Entretanto, requer maior investimento de tempo e recurso e qualidade de informações de referência (*baseline*).

Há uma série de modelos que podem ser utilizados, desde os mais simples, que consideram apenas um aspecto ambiental, até os mais complexos, que prevêm o comportamento de vários aspectos concomitantemente.

Em 1997 o CEQ identificou e listou métodos considerados úteis para o exercício da avaliação de impactos cumulativos (Tabela 18) que têm sido continuamente estudados e melhorados (Council on Environmental Quality, 1997).

**Tabela 18: Métodos de avaliação de impactos cumulativos**

<b>Método</b>	<b>Descrição</b>
Questionários, Entrevistas e Painéis de discussão	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Essenciais para a definição do escopo;</li> <li>• Ajudam a identificar potenciais impactos cumulativos;</li> <li>• Funcionam como painéis de discussão multidisciplinares (de peritos de várias áreas).</li> </ul>
Listas de Verificação ( <i>checklists</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usadas para identificar potenciais impactos cumulativos de uma forma estruturada, com base em uma lista com os impactos mais comuns ou prováveis.</li> </ul>
Matrizes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• São <i>checklists</i> bidimensionais com o objetivo de quantificar as interações entre as atividades humanas e os recursos naturais;</li> <li>• Consideram os impactos cumulativos de múltiplas ações, combinando os valores inseridos em cada uma das suas células individuais.</li> </ul>
Fluxogramas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relacionam os componentes de um sistema ambiental ou social numa rede ou corrente de causalidade, permitindo assim identificar as relações causa-efeito que podem resultar em impactos cumulativos.</li> </ul>
Modelagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Boa técnica para quantificar as relações causa-efeito que podem resultar em impactos cumulativos.</li> </ul>
Análises de tendência	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avalia o estado do ecossistema ao longo do tempo e desenvolve projeções gráficas de condições passadas ou futuras;</li> <li>• Ajuda a identificar impactos cumulativos e a estabelecer cenários de referência adequados.</li> </ul>
Sistema de Informação Geográfica (SIG) e sobreposição de mapas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incorpora informação local na avaliação, ajudando dessa forma a estabelecer os limites espaciais do estudo, analisar parâmetros paisagísticos e identificar as áreas onde os impactos terão uma maior intensidade.</li> </ul>
Análise da capacidade de suporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifica limiares (como condicionantes ao desenvolvimento) e fornece os mecanismos necessários para o monitoramento do uso da capacidade dos componentes do ecossistema de forma a averiguar se a chegada ao limiar está próxima;</li> <li>• Possibilita a determinação da significância dos impactos.</li> </ul>
Análise do ecossistema	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Envolve a consideração de todos os recursos ecológicos e as suas interações com o ambiente. Assim, proporciona uma perspectiva regional e um pensamento holístico, que são reconhecidos requisitos para o sucesso de uma avaliação de impactos cumulativos.</li> </ul>
Análise do impacto econômico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É um componente importante para analisar os efeitos cumulativos, porque o bem-estar econômico de uma comunidade local depende de muitas ações diferentes. As principais etapas desta análise são: (1) estabelecer a região de influência; (2) modelar os impactos econômicos; e (3) determinar a significância dos impactos.</li> </ul>
Análise do impacto social	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aborda os efeitos cumulativos relacionados com a sustentabilidade das comunidades humanas.</li> </ul>

Fonte: Elaboração própria, adaptado de (Canter L, 2008)

De acordo com a tendência observada em outros países, não só o governo, como também alguns seguimentos da sociedade civil têm incentivado a adoção da Avaliação Ambiental Estratégica (AAE) como um instrumento de gestão ambiental que cubra a lacuna criada entre o planejamento estabelecido para uma determinada região e a implantação de cada projeto previsto, individualmente.

### **2.2.8.3 Avaliação Ambiental Estratégica – AAE**

A avaliação ambiental de políticas, planos e programas (PPP) acompanha a história da avaliação ambiental, que teve início em 1969, com a aprovação, pelo Congresso norteamericano, da *National Environmental Policy Act* (NEPA). A partir da década de 1980, algumas propostas internacionais destacaram a necessidade da realização da AAE, contribuindo para a evolução e a consolidação deste instrumento, materializados, por exemplo, na Diretiva do Banco Mundial (*Organization Directive - OD. 4.00 – 1989*), sobre a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA), que inclui a preparação de estudos de avaliação ambiental para alguns setores governamentais (avaliação ambiental setorial) e bacias hidrográficas e territórios (avaliação ambiental regional) (LIMA/COPPE/UFRJ, 2008).

Na década de 1990, a AAE dissociou-se da AIA a partir da definição deste termo em documento da *Commission of the European Communities* (Dalal-Clayton & Sadler, 2005). Com base neste novo termo, surgiram definições, metodologias e diretrizes de aplicação da AAE em distintas instâncias, como: a Convenção da CEE-ONU (1991) sobre os impactos de alcance transfronteiriço, que promoveu a aplicação da avaliação ambiental de políticas, planos e programas; a Diretiva da Comissão Européia (2001/42/CE) que adotou uma proposta sobre a avaliação dos efeitos de certos planos e programas sobre o ambiente e, atualmente, todos os países da CE dispõem de medidas legislativas para cumpri-la; e a adoção pela CEE-ONU, em 2001, de uma proposta de protocolo sobre AAE, com aplicação a políticas, planos e programas (LIMA/COPPE/UFRJ, 2008).

O Ministério do Meio Ambiente (MMA) tomou a iniciativa de avaliar e estabelecer alguns elementos conceituais da AAE, com o propósito de orientar seu emprego nos processos de planejamento dos principais setores governamentais. Os resultados de estudos e discussões com alguns desses setores e a comunidade ambientalista estão expressos na publicação *Avaliação Ambiental Estratégica* (MMA, 2002), no qual se conceitua a AAE como:

*“(...) o procedimento sistemático e contínuo de avaliação da qualidade do meio ambiente e das conseqüências ambientais decorrentes de visões e intenções alternativas de desenvolvimento, incorporadas em iniciativas tais como a formulação de políticas, planos e programas (PPP’s), de modo a assegurar a integração efetiva dos aspectos biofísicos, econômicos, sociais e políticos, o mais cedo possível, aos processos públicos de planejamento e tomada de decisão.” (Partidário, 1999)*

Embora possuam a mesma origem, a AAE de políticas, planos e programas e a AIA de projetos, diferem quanto aos objetivos a serem alcançados. A AAE avalia estratégias de desenvolvimento e envolve um elevado nível de incerteza. A AIA avalia propostas e medidas concretas e objetivas para execução de projetos (Partidário, 2000; Partidário, 2007). Entretanto, esses instrumentos se complementam, pois na seqüência de planejamento das políticas, planos e programas estão os projetos, necessários para sua implementação.

Como instrumento de política e gestão ambiental, a AAE tem como objetivo principal fornecer subsídios para a tomada de decisão nas diversas instâncias dos processos de planejamento. De uma maneira geral, contribui para *“uma decisão ambientalmente correta, que assegure opções sustentáveis de desenvolvimento e melhore as condições de avaliação de impacto ambiental de projetos, trazendo uma série de benefícios em termos de contribuição para o desenvolvimento sustentável”* (LIMA/COPPE/UFRJ, 2008).

O uso atual da AAE não está restrito aos países desenvolvidos. O que se vê é uma liderança na Europa desse processo e uma grande movimentação internacional em torno da adoção do instrumento. No Brasil, há experiências nos setores de petróleo, como o caso do Gasbol e da exploração de petróleo e gás natural na Bacia de Camamu-Almada, na Bahia; no setor de transportes, AAE do Programa Rodoviário de Minas Gerais; turismo, com o Prodetur II e a AAE do Plano Integrado do Turismo na Costa Norte, e outras como a AAE do Pólo Mineiro-Industrial de Corumbá e Influências sobre a Planície Pantaneira, do Programa de Investimentos da Petrobras na Área de Abrangência da Baía de Guanabara; do Complexo Industrial Porto do Açú/RJ; e do Programa Multimodal de Transporte e Desenvolvimento Mineiro-Industrial da Região Cacaueira – Complexo Porto Sul/BA. (LIMA/COPPE/UFRJ, 2008).

Estes exemplos de aplicação do instrumento da AAE envolvem iniciativas do setor governamental (turismo, transporte), privado (petróleo, portos) e, inclusive, do terceiro setor (mineiro-industrial). A AAE tem sido também, usualmente adotada por instituições financeiras multilaterais, como o Banco Mundial e o Banco Interamericano

de Desenvolvimento, com o intuito de avaliar as diversas alternativas de investimentos, alterações de políticas setoriais, capacidade institucional e requisitos para o fortalecimento da gestão ambiental e a definição de impactos cumulativos de projetos.

### **2.3 Gestão da qualidade do ar no Estado de São Paulo**

O Estado de São Paulo se distingue dos demais estados da Federação por ter avançado consideravelmente nas questões relacionadas à poluição do ar. Várias medidas já foram adotadas, pioneiramente, no sentido de reduzir a poluição urbana, principalmente a de origem veicular.

No estado, o Decreto 8.468, de 08 de setembro de 1976, aprova e regulamenta a Lei n.º 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente.

Segundo consta no Art. 41, do citado Decreto, as fontes de poluição para as quais não foram estabelecidos padrões de emissão adotarão sistemas de controle de poluição do ar baseados na melhor tecnologia prática disponível para cada caso.

Em seu Art. 42, as fontes novas de poluição do ar, que pretendam se instalar serão:

- I - obrigadas a comprovar que as emissões provenientes da instalação ou funcionamento não acarretarão, para a Região ou Sub-Região tida como saturado, aumento nos níveis de poluentes que as caracterizem como tal;
- II - proibidas de instalar-se ou funcionar quando, a critério da CETESB, houver o risco potencial a que alude o inciso V do artigo 3º, ainda que as emissões provenientes de seu processamento estejam enquadradas nos incisos I, II, III. IV do mesmo artigo.

Parágrafo 1º - Para configuração do risco mencionado no inciso II, levar-se-á em conta a natureza da fonte, bem como as construções e edificações ou propriedades passíveis de sofrer os efeitos previstos no inciso V do artigo 39.

Parágrafo 2º - Ficará a cargo do proprietário da nova fonte comprovar, sempre que a CETESB exigir, o cumprimento do requisito previsto no inciso I.

Também, dispõe sobre a prevenção e controle da poluição do meio ambiente ao estabelecer padrões de emissão de poluentes para fontes fixas e móveis, além de

dividir o território do Estado de São Paulo em onze regiões, denominadas Regiões de Controle de Qualidade do Ar (RCQA), para fins de utilização e preservação da qualidade do ar. Tais regiões coincidem com as onze regiões administrativas do Estado, estabelecidas no Decreto Estadual 52.576/70. Para a execução de programas de controle da poluição do ar, qualquer RCQA poderia ser dividida em sub-regiões, constituídas de um, dois ou mais municípios, ou ainda, parte de um ou de partes de vários.

Segundo consta no Art. 21, da Lei 997/76, considera-se ultrapassado um padrão de qualidade do ar, numa Região ou Sub-Regiões de Controle de Qualidade do Ar, quando a concentração aferida em qualquer das estações medidoras, localizadas na área correspondente, exceder, pelo menos, uma das concentrações máximas especificadas no artigo 29. A partir da vigência da Resolução CONAMA 003/90, que estabelece os padrões nacionais de qualidade do ar, o mencionado artigo 29 deixou de ser utilizado por ser menos abrangente (CETESB 2000b).

O Decreto Estadual 48.523, de 02/03/2004 e o Decreto estadual 50.753, de 28/04/2006 e, posteriormente, o Decreto Estadual 52.469, de 12/12/2007, introduziram alterações significativas na citada regulamentação e, por conseguinte, no Decreto Estadual 8.468/76, definindo critérios para estabelecimento dos graus de saturação da qualidade do ar de uma sub-região quanto a um poluente específico, possibilitando a CETESB, nas sub-regiões em vias de saturação e nas saturadas, fazer exigências especiais para as atividades em operação, com base nas metas, planos e programas de prevenção e controle de poluição, quer na renovação da licença de operação, quer durante sua vigência, incentivando a competitividade e a inovação tecnológica.

Os Decretos 48.523/04 e 50.753/06 estabeleceram que a sub-região de gerenciamento da qualidade do ar para os poluentes primários é o território do município, exceto no caso de conurbação, em que a sub-região compreenderá todos os municípios conurbados. Considera, também, como sub-região de gerenciamento da qualidade do ar para os poluentes secundários, toda a área que diste até 30 km de qualquer estação que gere dados validados pela CETESB, podendo esta alterar o contorno da área mediante decisão motivada.

O Decreto 52.469/07 altera, mais uma vez, o conceito de abrangência estabelecendo que a sub-região de gerenciamento onde houver estação de medição da qualidade do ar será:

- para o ozônio — o território compreendido pelos municípios que, no todo ou em parte, estejam situados a uma distância de até 30 km da estação de monitoramento da qualidade do ar;
- para os demais poluentes — o território do município onde está localizada a estação de monitoramento da qualidade do ar;
- nos casos de conurbação — a CETESB poderá, mediante decisão tecnicamente justificada, ampliar a área compreendida pela sub-região, de modo a incluir municípios vizinhos.

Dessa forma, tais Decretos alteraram significativamente os critérios de determinação de área saturada e seu gerenciamento e a forma de licenciamento de fontes de poluição, tendo como referência o conceito de gestão (licenciamento em área saturada) e o de desenvolvimento sustentável, com comércio de emissões no âmbito do Estado. Assim, segundo os Decretos 48.523/04 e 50.753/06 “*determina-se o grau de saturação da qualidade do ar de uma sub-região quanto a um poluente específico, cotejando-se as concentrações verificadas nos últimos três anos com os Padrões de Qualidade do Ar (Pqar) estabelecidos...*”. Já o Decreto 52.469/07 estabelece que as regiões serão classificadas, anualmente, pela CETESB e aprovadas pelo Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONSEMA). Nas alterações realizadas, em 2007, foram incluídos o conceito de grau de severidade para concentração de poluentes e a maior participação da sociedade na discussão das regiões saturadas e em vias de saturação, que passam a ser discutidas no âmbito do CONSEMA, garantindo maior legitimidade na aplicação da legislação.

Ainda, está previsto que, nas sub-regiões saturadas ou em vias de saturação, a CETESB estabelecerá um Programa de Redução de Emissões Atmosféricas (PREA), para os empreendimentos que se encontrarem em operação. As novas fontes, ou no caso da ampliação das já existentes, serão obrigadas a compensar em 110% e 100%, respectivamente, as emissões atmosféricas a serem adicionadas dos poluentes que causaram tais resultados. A compensação das emissões poderá se dar tanto em fontes fixas, quanto em fontes móveis. Além disso, estabelecem linhas de corte para obrigatoriedade de compensação de emissões adicionadas.

Assim sendo, com a nova legislação, o Estado de São Paulo prevê limite territorial quando do licenciamento de fontes fixas e móveis, nas áreas saturadas ou em vias de saturação, sendo as compensações definidas pelos limites político-administrativos dos municípios aonde a fonte irá se instalar.

## **2.4 Gestão da qualidade do ar no Estado do Rio de Janeiro**

Para se realizar a gestão da qualidade do ar o Estado tem utilizado uma série de instrumentos amparados por leis, decretos, resoluções, portarias e deliberações. Pioneiramente, o Rio de Janeiro foi o primeiro Estado da Federação a fazer constar, explicitamente, a questão ambiental em seu texto. Com a promulgação da Constituição Federal, em 1988, viu-se compelido a adequar sua Constituição à Federal, resultando em instrumento legal bastante atual.

### **2.4.1 Constituição do Estado do Rio de Janeiro**

A Constituição Federal vigente elevou o meio ambiente à Capítulo Constitucional. Como consequência direta de sua promulgação, os Estados foram compelidos a tornarem suas Constituições compatíveis com a nova Carta Magna.

Segundo Padula (2004), do conjunto de Constituições Estaduais alguns pontos comuns merecem ser comentados:

- de alguma forma admitem, e até incentivam, a criação de consórcios e assemelhados entre municípios para a solução de problemas relativos à proteção ambiental — as associações de usuários podem ser incluídas em “assemelhados”;
- estabelecem que a unidade de gerenciamento dos recursos hídricos será a bacia hidrográfica;
- exigem que todo aquele que utilize recursos ambientais contribua para os programas de monitoramento, prevenção e recuperação do meio ambiente a serem estabelecidos pelos órgãos competentes — o monitoramento torna-se obrigatório e com a contribuição dos usuários do ambiente;
- instituem programas de administração da qualidade ambiental, estabelecendo e controlando padrões de qualidade ambiental — o monitoramento constitui-se em parte fundamental na administração ambiental, pois só com ele é possível o conhecimento das condições do ambiente e sua comparação com os padrões estabelecidos;
- estabelecem a tributação das atividades que utilizem recursos naturais e que impliquem em potencial ou efetiva degradação ambiental — a tributação pode vir a se constituir em uma das fontes de recursos financeiros para o monitoramento;

- incumbem o poder público competente a garantir o monitoramento ambiental visando conhecer a situação real e as tendências de alteração da qualidade ambiental — em princípio, esta obrigatoriedade não impede que a operacionalização seja feita pela associação de usuários;
- obrigam o Estado a manter Sistema de Prevenção e Controle da Poluição Ambiental de forma a atingir padrões de qualidade ambiental previstos na legislação — esse sistema tem fundamental importância na atenuação dos impactos ambientais causados por acidentes, contribuindo sobremaneira na manutenção da qualidade ambiental;
- estabelecem que, independente da capacidade de absorção dos corpos receptores, a implantação e operação de atividades poluidoras dependerão da adoção de técnicas de prevenção e controle dos processos passíveis de poluir.

O Estado do Rio de Janeiro foi o primeiro Estado da Federação a fazer constar, explicitamente, a questão ambiental em seu texto Constitucional, resultando em instrumento legal bastante atual.

#### **2.4.2 Legislação Ambiental do Estado do Rio de Janeiro**

Em 1975, quando da fusão do Estado da Guanabara com o Estado do Rio de Janeiro, havia poucos anos da criação da SEMA (1973), vinculada ao Ministério do Interior. O tema ambiental, cada vez mais, vinha merecendo destaque na sociedade mundial e, em especial, na brasileira. Sendo o novo Estado do Rio de Janeiro a mais nova unidade da Federação, os cuidados com o meio ambiente eram uma preocupação constante dos dirigentes. Desta forma, na sua organização administrativa fizeram-se presentes diversas estruturas ligadas, direta ou indiretamente, ao tema e, para possibilitar seu funcionamento, diversos instrumentos legais foram publicados.

O sistema institucional de meio ambiente do Estado do Rio de Janeiro foi pioneiro e serviu de modelo para a concepção em outros estados brasileiros, inclusive, na esfera federal.

Em consonância com os princípios da gestão ambiental integrada, o Sistema de Prevenção e Controle da Poluição, que tinha como órgão normativo e decisório a Comissão Estadual de Controle Ambiental (CECA), vinculada à Secretaria de Estado de Obras e Serviços Públicos, e, como entidade técnica responsável pela execução da política estadual de meio ambiente, a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA). Com o tempo, e após a criação da Secretaria de Estado de Meio

Ambiente, em 1987, passou a integrar o Sistema, o Instituto Estadual de Florestas (IEF) e a Superintendência Estadual de Rios e Lagoas (SERLA), além de instituições como o Fundo Estadual de Controle Ambiental (FECAM) e o Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONEMA).

Em 2007, a Lei 5.101, de 4 de outubro, com o objetivo de unificar a administração da matéria ambiental, o Estado reformulou o Sistema por meio da extinção de três instituições (FEEMA, IEF e SERLA) e da criação do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), cuja instalação se deu no início de 2009. A nova estrutura institucional, ainda em processo de consolidação, é liderada pela Secretaria de Estado do Ambiente (SEA) e composta pelo INEA, CECA, CONEMA, FECAM e, ainda, pela Câmara de Compensação Ambiental do Estado do Rio de Janeiro (CCA/RJ).

O Decreto-Lei 134, de 16 de junho de 1975, que dispunha sobre a prevenção da poluição do meio ambiente no Estado do Rio de Janeiro, proibia o lançamento no ambiente de resíduos em corpos de água, no ar ou no solo que causassem ou tendessem a causar poluição. Ao mesmo tempo, exigia que todo e qualquer lançamento de resíduos no ambiente fosse precedido de autorização da CECA, representando um avanço no controle ambiental, àquela época em que ainda não havia sido instituído o Licenciamento Ambiental tal qual existe atualmente.

Em seu Art. 4º previa que a CECA, observada a política de desenvolvimento econômico e social do Estado, atuaria na prevenção e controle da poluição ambiental e na utilização racional do meio ambiente, competindo-lhe ainda aprovar e propor as medidas de controle necessárias. É interessante observar, sob a ótica histórica, a idéia existente à época de antagonismo entre a proteção ao meio ambiente e o progresso econômico. Era vivido um período em que o Brasil receberia de braços abertos qualquer indústria, mesmo que trouxessem projetos e processos que causassem impactos ambientais considerados inaceitáveis pela sociedade de outros países.

Com esse Decreto-Lei começava-se a esboçar o Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras (SLAP), que iria ser instituído pelo Decreto 1.633, de 21 de dezembro de 1977.

No Sistema Ambiental do Estado do Rio de Janeiro, a CECA, órgão colegiado, subordinado diretamente ao Secretário do Ambiente, coordena, supervisiona, e controla a utilização racional do meio ambiente. Em sua estrutura, conta com duas Câmaras: a de Normatização e a de Licenciamento e Fiscalização.

Como órgão técnico da CECA, ao INEA compete a implementação das políticas estaduais de controle ambiental, gestão de recursos hídricos e conservação

da biodiversidade, tendo sido atribuída a competência para expedir normas técnicas e licenciar atividades modificadoras do meio ambiente, excluídas as de atribuição da CECA, e o exercício do poder de polícia em matéria ambiental e de gestão de recursos hídricos, o que implica a aplicação sanções e medidas acauteladoras aos casos de infração da legislação ambiental. Fazem parte do rol de competências do INEA a outorga e a extinção de direito de uso da água, a aprovação de projetos de alinhamento de orla e faixas marginais de cursos d'água, a gestão de unidades de conservação, a promoção de projetos de recuperação ambiental e o controle florestal (LIMA, 2009).

Dentro ainda de suas prerrogativas legais, o INEA orienta a iniciativa privada no sentido de utilização racional do meio ambiente, assessorando, ao mesmo tempo, o poder público na formulação de uma política ambiental adequada à melhoria da qualidade de vida da população.

O CONEMA tem por finalidade orientar a gestão ambiental e aprovar as diretrizes da Política Estadual de Meio Ambiente, no que inclui a definição de prioridades de atuação, a proposição de objetivos e metas, a aprovação de zoneamentos ambientais e a articulação com outros órgãos colegiados que tratam de matéria ambiental.

O FECAM foi instituído, em 1986, com o objetivo de atender às necessidades financeiras de projetos e programas ambientais, tendo sido ratificado pela Constituição Estadual de 1989. Seu alcance ampliou-se, em 2003, para incluir o financiamento de projetos de desenvolvimento urbano. Seus recursos provêm dos *royalties* do petróleo atribuídos ao estado, das multas administrativas e das condenações judiciais por irregularidade constatadas pelos órgãos fiscalizadores do meio ambiente, entre outras fontes.

A CCA/RJ, outro órgão colegiado vinculado à SEA, tem como principal atribuição a aplicação dos recursos oriundos da compensação ambiental devida por empreendimentos de significativo impacto ambiental. Instituída, em 2004 (Resolução SEMADRU 078), em atenção aos dispositivos da legislação federal referente ao Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), é responsável pela definição da distribuição dos recursos para implantação e a gestão das unidades de conservação. Teve alterada suas atribuições e representação, em 2007 (Resolução SEA 08), passando não apenas a privilegiar estruturas já existentes, mas a estimular a criação de novas áreas protegidas e a buscar minimizar os impactos causados.

Conforme previsto no Art. 2º, da Resolução CONAMA 371/06, é atribuição das Câmaras de Compensação Ambiental o estabelecimento de metodologia para gradação de impactos ambientais, visando à definição do percentual do valor do investimento que o empreendedor deverá aplicar em unidades de conservação. No Estado do Rio de Janeiro essa metodologia foi definida pela Deliberação CECA 4.888, em outubro de 2007, após aprovação na CCA. Além do impacto ambiental previsto, foi introduzido, para o cálculo do percentual, o Fator de Vulnerabilidade da Mata Atlântica, que objetiva induzir a recuperação da mata nativa do Rio de Janeiro. Portanto, a metodologia adotada pela SEA estimula o empreendedor a buscar a localização menos impactante sobre o meio ambiente, uma vez que o grau de impacto (e conseqüente percentual de compensação) do empreendimento pode ser previsto e levado em consideração durante o processo de tomada de decisão dos empresários.

### **2.4.3 Sistema de Licenciamento Ambiental**

O Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras do Estado do Rio de Janeiro – SLAP (Decreto Estadual nº 1.633, de 21 de dezembro de 1977), serviu de padrão para o processo de licenciamento e avaliação de impactos adotado em nível federal.

Inicialmente, a área de atuação do SLAP se restringiu apenas às atividades industriais do Estado. A partir de 1983, a FEEMA iniciou o processo de ampliação da área de abrangência de seu sistema de licenciamento atuando, também, em atividades não industriais como loteamentos e empreendimentos turísticos em áreas de expansão urbana, grandes obras públicas e empresas vinculadas à extração mineral.

No Estado do Rio de Janeiro, a Lei nº 5.101, de 4 de outubro de 2007, autoriza a delegação da competência do licenciamento ambiental, de atividades de pequeno e médio impacto ambiental, aos municípios que dispuserem de infra-estrutura administrativa e funcionários capacitados para as atividades técnicas pertinentes, mantenham conselhos de meio ambiente, possuam legislação complementar apropriada e tenham aprovado plano diretor físico territorial, além de implantado fundo de meio ambiente.

Posteriormente, o SLAP foi substituído pelo Sistema de Licenciamento Ambiental (SLAM), instituído pelo Decreto Estadual nº 42.159, de 2 de dezembro de 2009, em consonância com o Decreto-lei nº 134, de 16 de junho de 1975, alterados em parte pela Lei Estadual nº 5.101, de 4 de outubro de 2007, que criou o Instituto Estadual do Ambiente – INEA.

O SLAM estabelece os seguintes tipos de licença ambiental:

### **Licença Prévia – LP**

Concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento, aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo as condicionantes a serem atendidas nas próximas fases de sua implantação.

Em função da magnitude das alterações ambientais efetivas ou potenciais decorrentes da implantação de determinados tipos de empreendimentos, esses têm seu licenciamento condicionado à realização de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), conforme disposto na Resolução Conama nº 001, de 23/01/1986, na Lei Estadual nº 1.356/88 e suas alterações, e na DZ-0041.R-13 – Diretriz para Realização de Estudo de Impacto Ambiental – EIA e do respectivo Relatório de Impacto Ambiental – Rima

### **Licença de Instalação – LI**

Autoriza a instalação do empreendimento de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes.

A LI pode autorizar a pré-operação, por prazo especificado na licença, visando à obtenção de dados e elementos de desempenho necessários para subsidiar a concessão da Licença de Operação.

### **Licença de Operação – LO**

Expedida após a verificação do efetivo cumprimento do que consta nas licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e demais condicionantes determinadas para a operação.

### **Licença Ambiental Simplificada – LAS**

Concedida em uma única fase, atesta a viabilidade ambiental, aprova a localização e autoriza a implantação e/ou a operação de empreendimentos ou atividades enquadrados na Classe 2, definida na Tabela 1 do Decreto 42.159/09, estabelecendo as condições e medidas de controle ambiental que deverão ser observadas.

### **Licença Prévia e de Instalação – LPI**

Atesta a viabilidade ambiental de empreendimentos e, concomitantemente, aprova sua implantação, quando a análise de viabilidade ambiental da atividade ou empreendimento não depender elaboração de EIA/RIMA nem RAS, estabelecendo as condições e medidas de controle ambiental que deverão ser observadas.

### **Licença de Instalação e de Operação – LIO**

Aprova, concomitantemente, a instalação e a operação de empreendimentos cuja operação represente um potencial poluidor insignificante, estabelecendo as condições e medidas de controle ambiental que devem ser observadas na sua implantação e funcionamento.

### **Licença Ambiental de Recuperação – LAR**

Aprova a remediação, recuperação, descontaminação ou eliminação de passivo ambiental existente, na medida do possível e de acordo com os padrões técnicos exigíveis, em especial aqueles em empreendimentos fechados, desativados ou abandonados.

### **Licença de Operação e Recuperação – LOR**

Autoriza a operação do empreendimento concomitante à recuperação ambiental de passivo existente em sua área, caso não haja risco à saúde da população e dos trabalhadores.

#### **2.4.4 Deliberação CECA 3520**

Dentre as várias deliberações expedidas pela CECA, a de número 3520 merece destaque por tratar-se da primeira aplicação do conceito de gestão apresentado neste trabalho.

A Deliberação CECA 3.520, de 25 de julho de 1996, estabeleceu critério experimental para orientar o licenciamento de atividades poluidoras, uma tentativa de introduzir, no licenciamento ambiental, parte dos conceitos e critérios nos quais viria a se basear a Estratégia de Gestão pela Qualidade Ambiental.

Estabelece prazo para a constituição de uma Comissão Mista para propor e submeter à CECA um plano das unidades ambientais do Estado do Rio de Janeiro, definindo as respectivas regiões, bacias e sub-bacias de gerenciamento (considerando as características hidrográficas, aéreas e as hidrogeológicas, quando conveniente),

bem como apresentar estudo preliminar que defina a classificação dos corpos de água e os padrões de qualidade de ar de cada unidade ambiental. A referida Comissão não foi constituída.

A Deliberação previa que a estratégia de gestão estabelecida fosse implantada com apoio de associação de usuários de recursos ambientais, constituída em cada uma das regiões, dentro do que fosse preconizado no plano a ser proposto para cada unidade ambiental. Definia o que se deveria entender por usuário e por aplicação da Estratégia de Gestão e no artigo 4º previa, ainda, a realização de monitoramento contínuo da qualidade do ar e das águas, nas respectivas bacias, pela associação de usuários e que tais dados seriam utilizados nas ações de gestão ambiental das bacias, nos licenciamentos ambientais e demais ações de controle.

Estabelecia o limite de 80% do padrão de qualidade, determinado na legislação ambiental vigente, como o patamar a partir do qual a associação de usuários teria que reestudar os níveis de lançamentos individuais, com a finalidade de definir e adotar as medidas de redução necessárias. Esta Deliberação também abria a possibilidade dos usuários dos recursos ambientais não aderirem às associações, o que os manteria obrigados a atender aos padrões vigentes.

Quando os padrões de qualidade ambiental prevalecessem sobre os padrões de emissão, a decisão de conceder a licença caberia a CECA, estando prevista a reserva de áreas e facilidades para a instalação de tratamentos complementares aos existentes, sempre que a qualidade do recurso natural o exigisse e a associação de usuários não apresentasse soluções para melhoria da qualidade do recurso ambiental em vias de saturação.

Por fim, previa que as determinações da Deliberação seriam válidas por dois anos, findo os quais seriam avaliados os resultados de sua aplicação e a validade de sua aplicação a outras regiões do Estado. Esta Deliberação orientou e balizou o licenciamento de uma fábrica de vidros planos que se instalou no Vale do Paraíba.

## 2.5. Gestão da qualidade do ar nos EUA

De acordo com Reitze e Arnold (1991), o controle da poluição do ar nos EUA teve início no período compreendido entre o fim do século XVIII e a Primeira Guerra Mundial, quando houve o crescimento das cidades industrializadas, como Pittsburg, Cincinnati, St. Louis, Cleveland, Detroit, Chicago e Louisville, estrategicamente situadas junto a cursos d'água e, por isso, sujeitas à inversões térmicas, sendo chamadas de "Londrinhas" na virada do século.

Segundo Santos (2004), a necessidade de combustível próximo e barato fez com que cada cidade escolhesse o seu: São Francisco gás natural; Philadelphia, New York e Boston, carvão mineral e antracita; as cidades do meio-oeste escolheram o carvão betuminoso de alta porcentagem de enxofre, gerador de uma grave poluição e causa dos pioneiros movimentos de controle de poluição, como o ocorrido em Chicago, em 1881, que proibiu emissões de fumaça densa.

Na virada do século, Cincinnati, Pittsburg, Cleveland, St. Louis e St. Paul proibiram, por lei, a perturbação pública por fumaça. A relação entre o uso de carvão rico em enxofre e a poluição foi reconhecida em 1902, quando o Secretário Municipal de Saúde de New York tentou impedir o uso de carvão betuminoso, durante greve dos mineiros do carvão de antracita.

Em 1910, a "*Escala Ringelmann*" regulou as emissões de fumaça em Boston e, em 1912, vinte e três das vinte e oito cidades americanas com mais de 200.000 habitantes tinham programas de redução de fumaça, o único poluente visado. Já Los Angeles também adotava medidas de controle para combater o *smog* fotoquímico. Cabe ressaltar que a fumaça era vista como sinal de industrialização e progresso, sendo tolerada por muito tempo.

Os tribunais estaduais reformaram decisões municipais de controle, declarando-se os únicos com poder para legislar sobre o assunto.

Antes da virada do século XIX para o XX, na era progressista, os ricos queixavam-se da poluição por fumaça nas cidades, seguidos por grupos cívicos e associações feministas, construtores e pequenos empresários. Nessa mesma ocasião, os médicos correlacionavam a poluição aos males das vias respiratórias, além de distúrbios psicológicos devidos à "*queda de forças vitais*", por falta de luz do sol, ofuscadas pelas densas nuvens de fumaça. Mais adiante, engenheiros mecânicos interessados no controle da poluição, aderiram às campanhas, pois atribuíam à emissão de fumaça a perda de energia. Associações comerciais, civicamente,

apoiaram a redução das emissões, mas como membros da comunidade financeira, não queriam grandes restrições.

Com a Primeira Guerra Mundial (1914-1918) houve um convite a poluir, assim como na grande depressão de 1929, uma vez que as indústrias não suportariam mais encargos.

Em 1940, na Feira da Administração para o Progresso Mundial, em St. Louis, foram apresentadas técnicas de controle de fumaça.

A Segunda Guerra Mundial (1939-1945) impediu o avanço dos programas de controle de poluição do ar, apesar da tecnologia já ter avançado em novas técnicas de combustão, melhoria na emissão de óxidos de enxofre e de material particulado. Com a substituição do carvão por petróleo, houve a redução destes poluentes, mas outros já causavam preocupação, como os óxidos de nitrogênio e oxidantes fotoquímicos, emitidos, principalmente, pelo aumento do uso dos automóveis.

Em 1948, o governo federal foi pressionado a encarar o problema da poluição do ar após uma violenta inversão térmica em Donora, na Pensylvania — o caso foi rápido, mas resultou em paralisação do trânsito, prejuízos e mortes —, e pela crônica situação na região sul da Califórnia. Em Los Angeles, o *smog* custou milhões de dólares à cidade, indústrias e ao estado, na pesquisa de suas causas.

Em 1949 o Serviço de Saúde Pública começou as pesquisas das causas e tratamentos da poluição do ar, porém, até 1960, não houve evolução na legislação, pois os órgãos do governo acreditavam que a verdadeira poluição fosse a da água e que a poluição do ar fosse um “problema local”.

Assim, no início dos anos 60, as normas de controle de poluição eram municipais e pouco definidas quanto às fontes, materiais e intensidades, além de manterem conflitos com os Tribunais Estaduais. O problema era agravado pela baixa dotação de verbas do Governo. Apesar da criação da Divisão de Poluição do Ar, no Serviço de Saúde Pública, em 1960, o governo limitou ao mínimo a pesquisa federal quanto ao assunto, mas o Congresso indicou que havia a necessidade de se pesquisar o risco das emissões automotivas.

Foi nessa época que a nação despertou para a questão ambiental. Até aquele momento, somente eram proibidas as emissões de fuligem e mal cheirosas. Algumas cidades criaram leis de controle de poluição antes das leis federais serem aplicadas mas, basicamente, fiscalizavam as fontes, intimando-as a se cadastrar para licenciamento, com poder de fechá-las ou privá-las de recursos.

Em 1961 já era publicado um relatório sobre a urgência de um programa de controle eficaz da poluição do ar. Em 1962, o Congresso criava leis mais abrangentes. A pressão popular aumentou neste ano, após a morte de 320 pessoas em Londres, derivada do *smog*, passando a ser conhecido como “*smog mortal*”. Em 1963, ocorreram 200 mortes em New York, por uma inversão térmica. Nesse contexto, o Governo Federal encaminhou projetos para que estados e municípios criassem convênios e programas para controle da poluição, o que levou à criação do Ato do Ar Limpo (CAA), em 1963.

O Ato do Ar Limpo, de 1963, previa que, a pedido de um estado, o HEW (*Department Health Education and Welfare*) podia promover audiências públicas sobre poluição, conferências regionais e, finalmente, solicitar providências nos Tribunais, caso os poluidores não atendessem às normas.

Também, se a poluição gerada num estado atingisse outro, o HEW entraria em ação, assumindo o problema. Esta foi a primeira lei federal, com efeito, impositivo.

Em 1965, o Congresso aprovou uma Emenda ao Ato do Ar Limpo para permitir o controle federal sobre as emissões de automóveis novos, com validade para veículos a partir de 1968.

Em novembro de 1966, durante uma inversão térmica ocorreu a morte de 168 pessoas associadas a problemas respiratórios. Em dezembro ocorreu a 3ª Conferência sobre Poluição do Ar em Washington, que despertou a atenção geral para a necessidade de uma Lei mais abrangente para a poluição do ar.

O Ato da Qualidade do Ar, de 1967, fixou padrões de qualidade para toda a nação americana. O Secretário do HEW foi designado para definir as condições de controle de qualidade do ar, delimitando jurisdições. Os critérios usados refletiam as pesquisas mais recentes para identificar os efeitos à saúde devidos aos efeitos da poluição do ar. Então os estados foram chamados a criar os seus padrões, baseados nos padrões federais e a apresentar projetos de aplicação e fiscalização das fontes poluidoras. Não havia previsão de punição aos faltosos, mas o HEW podia encaminhá-los à Corte Federal.

Em 1968 o Congresso passou para a Administração Nacional do Controle da Poluição do Ar (NAPCA) o comando e controle de poluição do ar. Mesmo assim, entre 1967 e 1970, apenas 21 estados americanos tinham apresentado programas de controle e todos foram rejeitados pelo governo federal.

Em 1970 o assunto “poluição do ar” era uma discussão nacional. O Senado e a Câmara passaram a propor leis muito mais abrangentes, com total apoio da opinião

pública. Em dezembro desse ano foram assinadas as Emendas ao Ato do Ar Limpo, dando à recém criada *Environmental Protection Agency* (EPA), autoridade para criar padrões nacionais de qualidade do ar.

- **Clean Air Act**

Atualmente, o amparo legal para programas do Governo dos EUA, com relação ao controle da poluição do ar, está baseado no “*1990 Clean Air Act Amendments*” (1990 CAAA). A última de uma série de alterações realizadas, que modificou e ampliou o arcabouço legal previsto nas versões anteriores.

O “*Air Pollution Control Act*”, de 1955, foi a primeira legislação federal que envolveu a poluição atmosférica, mas apenas proveu recursos para pesquisas.

O “*Clean Air Act*”, de 1963, já tratou especificamente do controle da poluição atmosférica, estabelecendo um programa do governo federal, dentro do Serviço de Saúde Pública (*US Public Health Service*) e autorizou a pesquisa em técnicas de monitoramento e controle.

Em 1967, o “*Air Quality Act*” foi promulgado de forma a expandir as atividades do governo federal, dando início aos procedimentos para avaliar as áreas sujeitas ao transporte interestadual de poluentes atmosféricos e, pela primeira vez, realizou extensos estudos sobre inventários de emissões de poluentes do ar, técnicas de monitoramento e técnicas de controle de fontes fixas.

A promulgação da “*Clean Air Act*”, de 1970, resultou em uma grande mudança no papel do governo federal no controle da poluição do ar. Esta legislação autorizou a criação e implementação de regulamentações federais e estaduais para limitar as emissões de fontes estacionárias e de fontes móveis. Quatro principais programas de regulamentação que afetavam as fontes estacionárias foram iniciados: “*National Ambient Air Quality Standards*” (NAAQS), “*State Implementation Plans*” (SIP), “*New Source Performance Standards*” (PTS), e “*National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants*” (NESHAP). Além disso, o poder executivo foi substancialmente expandido, uma vez que a adoção desta legislação ocorreu, aproximadamente, ao mesmo tempo da *National Environmental Policy Act* (NEPA), que criou a *E.U. Environmental Protection Agency* (EPA). A EPA foi criado em 2 de maio de 1971, a fim de implementar as diversas exigências incluídas no *Clean Air Act*, de 1970.

Algumas alterações importantes foram adicionadas ao “*Clean Air Act*”, em 1977. As emendas, principalmente, estabeleceram subsídios para a Prevenção de

Deterioração Significativa (PSD) da qualidade do ar nas áreas de atendimento e não atendimento ao NAAQS — uma “*área de não atendimento*” corresponde a área geográfica que não atende um ou mais dos padrões de qualidade do ar estabelecidos pelo NAAQS.

Outro conjunto de importantes alterações ocorreu em 1990, quando aumentou, significativamente, a autoridade e a responsabilidade do governo federal: novos programas regulatórios foram autorizados para o controle da deposição ácida e para a emissão de licenças de operação de fontes estacionárias, os NESHAP foram incorporados a um programa maior para controlar poluentes tóxicos do ar e os requisitos para o atendimento e manutenção do NAAQS foram, substancialmente, modificados e ampliados. Outras alterações incluem a proteção da camada de ozônio, o aumento do poder das autoridades e a expansão dos programas de pesquisa.

O CAA fornece a estrutura jurídica para promover a saúde e bem-estar<sup>2</sup> públicos, por meio de seus cinco objetivos principais de qualidade do ar:

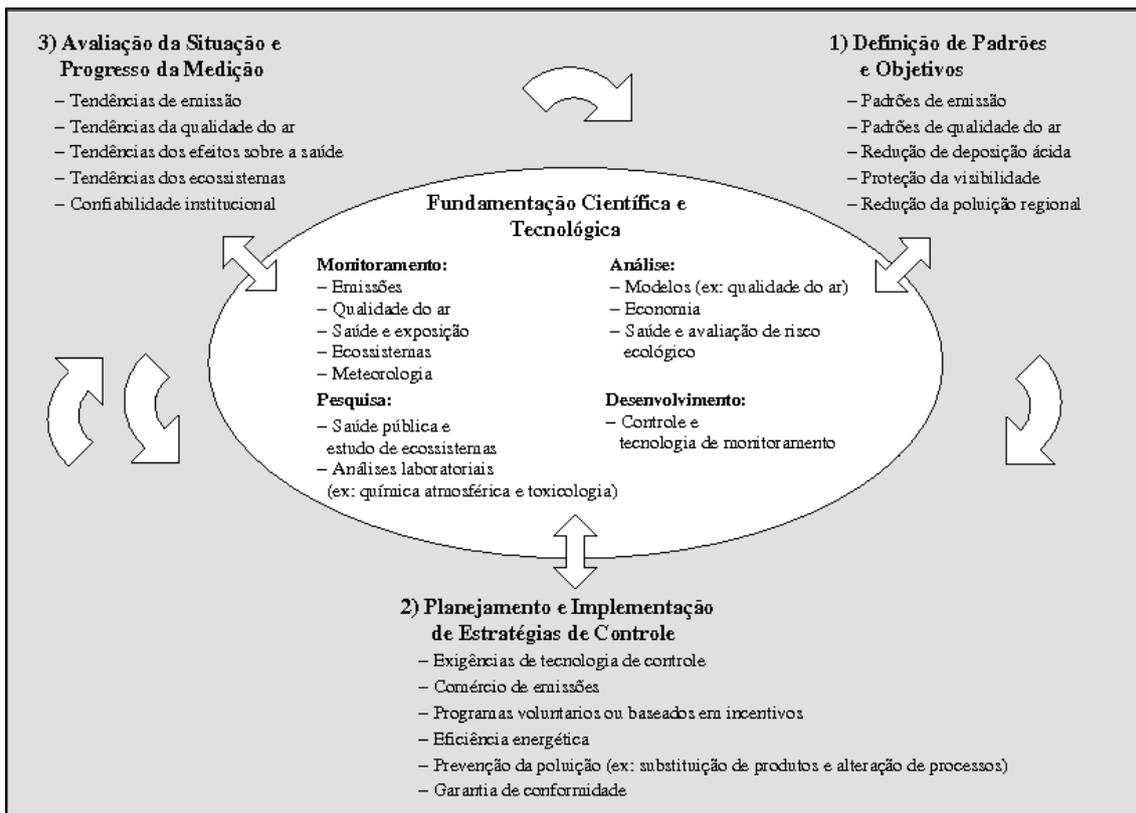
1. Mitigar as concentrações nocivas ao ambientes dos seis poluentes “*criteria*”: monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), ozônio (O<sub>3</sub>), material particulado (MP) e chumbo (Pb);
2. Limitar as fontes de exposição para poluentes perigosos (HPA);
3. Proteger e melhorar a visibilidade nas áreas de floresta e parques nacionais;
4. Reduzir emissões de substâncias que causam deposição ácida, especificamente dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio;
5. Restringir o uso de substâncias químicas que têm o potencial de destruir a camada de ozônio estratosférico.

Para atender ao primeiro objetivo, a CAA autoriza a EPA a definir a máxima concentração permitida na qualidade do ar para os seis principais poluente, de acordo com o NAAQS.

Os estados, individualmente, devem desenvolver a implementação de planos específicos (*State Implementation Plans*) que demonstrem, com o apoio dos programas nacionais, como pretendem alcançar os padrões nacionais de qualidade do ar para os seis poluentes prioritários. Para tal e, também, para alcançar outras metas do CAA, procuram regular as emissões de uma variedade de fontes fixas e móveis com base em sistema de gestão da qualidade do ar (AQM), de acordo com a Figura 7.

---

<sup>2</sup> De acordo com a CAA, “bem-estar” refere-se à viabilidade da agricultura e ecossistemas (vegetação e florestas), a proteção de materiais (monumentos e edifícios) e manutenção da visibilidade.



**Figura 7: Característica interativa da gestão da qualidade do ar**

Fonte: Committee on Air Quality Management in the United States, 2004

Em cada estado, para fins de gestão da qualidade do ar, com base em dados de monitoramento, as áreas são classificadas como:

- Áreas de atendimento – aquelas que atendem aos padrões de qualidade do ar;
- Áreas de não atendimento – aquelas que não atendem aos padrões, ou que contribuem para a degradação da qualidade do ar de áreas vizinhas; e
- Áreas não classificadas – não possuem informações disponíveis para serem enquadradas nas categorias anteriores. Para fins regulatórios, são consideradas com áreas de atendimento.

O SIP (*State Implementation Plan*) é um plano aprovado e obrigatório para cada estado nos EUA, devendo identificar como atenderá ou manterá a conformidade com os padrões de qualidade do ar (NAAQS). Inclui normas, inventários de emissão, dados de monitoramento, estratégias de controle e metas de redução de emissões, além de resultados de modelagem matemática que comprovem as medidas propostas. Cada item do SIP deve ser adaptado pelos estados, de acordo com suas peculiaridades e, após consulta pública, ser encaminhado ao EPA para aprovação.

Os SIP são submetidos ao EPA dentro de três anos após a promulgação do NAAQS e devem fornecer subsídios para “implementação, manutenção e adequação” dos padrões de qualidade do ar. Dessa forma, é primordial que:

- Inclua limites de emissão obrigatórios e controles, bem como planos e cronograma para assegurar a verificação de conformidade;
- O monitoramento da qualidade do ar seja realizado;
- Inclua um programa para adequar os limites de emissão e medidas de controle;
- Contenha subsídios adequados para proibir que as emissões de um estado possam contribuir para a degradação da qualidade do ar de outro;
- Ofereça garantia que o estado terá pessoal adequado, recursos e autoridade para executar o plano proposto;
- Solicite a realização de monitoramento nas fontes de emissão e o envio de relatórios periódicos;
- Execute consulta pública e estabeleça critérios de prevenção de deterioração da qualidade do ar;
- Avalie por meio de modelagem matemática e outras informações como as emissões afetam a qualidade do ar;
- Requeiram dos empreendedores responsáveis pelas maiores fontes de emissão que custeiem as despesas para revisão das ações, implementação e adequação das restrições das licenças ambientais; e
- Dê participação aos demais atores envolvidos no plano.

Com relação ao atendimento do NAAQS, em caso de “áreas de não atendimento”, especificamente, o SIP deve incluir:

- Plano de aprovação, em três anos, que demonstre, com base em modelagem matemática, que após a implantação da estratégia proposta os padrões serão alcançados;
- Subsídios para a implementação de tecnologias de controle razoáveis;
- Compilação de inventários de emissão compreensivos para todos os poluentes relevantes;
- Implementação de limites de emissão muito mais restritivos para fontes fixas novas ou modificadas, além da necessidade de compensação das emissões em outras fontes, para garantir o atendimento ao NAAQS; e
- Implementação de medidas de contingência, caso não seja possível alcançar o NAAQS.

Um novo SIP deve ser aprovado e submetido ao EPA após a comprovação da área ser reconhecida como “área de atendimento”. Entretanto, isso ocorrerá apenas se o monitoramento da qualidade do ar comprovar que os padrões de qualidade do ar não estão sendo ultrapassados. Caso a EPA desaprove ou avalie que um determinado estado negligenciou a implantação do SIP, estará sujeito a sanções, tais como a perda de recursos para determinados programas.

Em 2007, a Suprema Corte norte-americana concluiu que os gases do efeito estufa são poluentes abrangidos pelo “Clean Air Act”, uma vez que colocam em risco a saúde e o bem-estar público das gerações atual e futura.

Nesse sentido, em 2009, a EPA incluiu os gases do efeito estufa dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorcarbonetos (HFCs), perfluorcarbonetos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>) na seção 202 (a) da legislação ambiental, com o objetivo de serem estabelecidos limites de suas emissões nos veículos automotores, como forma de evitar o crescimento das concentrações desses gases na atmosfera.

Além da legislação, por solicitação do Congresso, foi formado o Comitê de Gestão da Qualidade do Ar, pelo Conselho Nacional de Pesquisa, com o objetivo de avaliar o papel da ciência e da tecnologia na aplicação do CAA e de recomendar formas pelas quais as bases científicas e técnicas para a gestão da qualidade do ar pode ser melhorada. Dessa forma, durante um período de 2 anos, o Comitê ouviu os especialistas e as partes interessadas, analisando a operação, sucessos e limitações dos vários componentes do sistema de gestão implantado, devendo resultar em futuras alterações.

### **2.5.1 Gestão da qualidade do ar na Califórnia**

A Assembléia da Califórnia criou o *Air District*, em 1955, como a primeira Agência Regional de controle da poluição do ar no País, reconhecendo que as emissões atmosféricas ultrapassam as fronteiras políticas. Os nove municípios da baía de São Francisco formam uma bacia aérea regional, partilhando as mesmas características geográficas e meteorológicas e, portanto, com as mesmas responsabilidades sobre a poluição do ar, que não pode ser abordada pelos municípios agindo por conta própria.

O “*Bay Area Air Quality Management District*” (BAAQMD) é o órgão público responsável pela regulação das fontes fixas de poluição do ar em nove municípios que

cercam a baía de San Francisco: Alameda, Contra Costa, Marin, Napa, San Francisco, San Mateo, Santa Clara, sudoeste de Solano e municípios do sul de Sonoma.

As suas primeiras ações foram no sentido de proibir a queima a céu aberto em lixões e estações de destruição de resíduos e o estabelecimento da adoção de controles de poeira, vapores e gases de combustão de certas fontes industriais.

É regido por um do Conselho de Administração, com 22 membros, composto por funcionários eleitos, localmente, em cada um dos nove municípios da bacia aérea. O número de membros de cada município é proporcional à sua população. O Conselho supervisiona as políticas e aprova os regulamentos para o controle da poluição do ar dentro do Distrito. Há um Diretor Executivo que implementa as políticas e dirige o corpo funcional, da mesma forma que o Conselheiro Distrital gerencia os assuntos legais da agência. O Distrito do Ar possui de mais de 350 funcionários dedicados, incluindo engenheiros, inspetores, planejadores, cientistas e outros profissionais.

O Distrito é auxiliado por um Conselho Consultivo composto por 20 representantes da comunidade, saúde, meio ambiente e outras organizações, dentre suas responsabilidades julgam questões de conformidade regulatória que possam surgir entre o Distrito e as indústrias locais.

Os objetivos estratégicos do Distrito são:

- Reduzir e eliminar disparidades de saúde devido à poluição atmosférica;
- Estabelecer e manter padrões de qualidade do ar para todos os poluentes “criteria”, utilizando a experiência e a inovação do Distrito do Ar e agências parceiras;
- Implementar programas regulatórios e garantir a conformidade com normas federais, estaduais e regulamentos do Distrito do Ar;
- Estabelecer a área da baía como um centro principal para as reduções de emissões nas áreas de fontes móveis, planejamento do uso da terra, tecnologia inovadora e de energia, com base em incentivos e parcerias;
- Utilizar programas educacionais e parcerias para engajar todos os atores da bacia aérea na preservação do recurso atmosférico;
- Servir como autoridade da qualidade do ar no desenvolvimento da política de ar e da informação;
- Aplicar o estado-da-arte em ferramentas, técnicas e tecnologias nas operações do Distrito do Ar;
- Manter um alto desempenho e força de trabalho motivadora;

- Implementar as melhores práticas em gestão ambiental nas operações do Distrito do Ar.

Em 2003, o Distrito de Qualidade do Ar da Costa Sul (*South Coast Air Quality Management District – SCAQMD*), da Califórnia, desenvolveu uma “Estratégia de Redução de Impactos Cumulativos”, ou CIRS (*Cumulative Impacts Reduction Strategy*) com o objetivo de apresentar uma estratégia ampla para identificar os impactos cumulativos na qualidade do ar, de forma que todas as comunidades do Distrito recebam tratamento equitativo e atenção para suas questões relativas à qualidade do ar local. Assim, foi elaborado um documento “Estratégias de controle potencial para tratar os impactos cumulativos da poluição do ar” sobre as opções e regulamentações para tratar os impactos cumulativos das emissões atmosféricas.

## **2.6 Gestão da qualidade do ar na União Européia**

A partir do início dos anos 70, a Europa comprometeu-se firmemente a defender o meio ambiente: a proteção da qualidade do ar e da água, a preservação dos recursos e da biodiversidade, a gestão dos resíduos e das atividades com impacto negativo são alguns dos alvos da ação europeia, quer ao nível dos Estados-Membros quer ao nível internacional. A política ambiental europeia está fundamentada no artigo 174º do Tratado que institui a Comunidade Europeia e tem por objetivo garantir o desenvolvimento sustentável do modelo de sociedade europeu.

As normas ambientais da UE foram sendo desenvolvidas ao longo de décadas, em resposta a toda uma variedade de problemas. Hoje em dia, a luta contra a redução dos problemas de saúde causados pela poluição do ar está entre as grandes prioridades e tais iniciativas, na medida em que incentivam a inovação e o empreendedorismo, contribuem para o crescimento económico.

Ao abrigo de uma parte da legislação que visa, principalmente, proteger a saúde dos cidadãos, os países da UE são obrigados a controlar vários poluentes e a tomar medidas caso os seus níveis excedam os limites de segurança.

A estratégia utilizada é fixar objetivos de redução de determinados poluentes e reforçar o quadro legislativo de luta contra a poluição atmosférica, em função de dois eixos principais: melhoria da legislação e integração das questões ligadas à qualidade do ar nas políticas conexas.

Para além da luta contra os gases com efeito de estufa, responsáveis pelas alterações climáticas, a legislação ambiental tem, também, o grande objetivo de melhorar a qualidade do ar, cuja poluição é responsável, nomeadamente, por doenças

que afetam o Homem e por ameaças ambientais, como a acidificação ou a eutrofização. A política europeia neste domínio incide nos diferentes tipos de poluentes e nas suas fontes. Acresce que a Comissão propôs, em 2005, uma estratégia temática a fim de, até 2020, reduzir em 40%, em relação aos valores de 2000, o número de mortes relacionadas com a poluição atmosférica.

Em 2008, numas das suas iniciativas mais recentes na matéria, a UE decidiu estabelecer limites obrigatórios para as emissões de partículas PM<sub>2,5</sub>, que são emitidas pelos veículos automotores e podem causar doenças respiratórias. Ao abrigo da nova legislação, que começa a ser aplicada em 2011, e vai até 2020, os países da UE têm de reduzir, em média, em 20% a exposição a estas partículas poluentes nas áreas urbanas (com base nos níveis de 2010).

A gestão da qualidade do ar ambiente tem sido guiada por meio de uma diretriz, que institui os princípios básicos de uma estratégia comum, destinada a definir e estabelecer objetivos de qualidade do ar a fim de evitar, prevenir ou reduzir os efeitos nocivos para a saúde humana e o meio ambiente, como, também, avaliar a qualidade do ar nos Estados-Membros e informar o público.

Dessa forma, a Diretiva<sup>3</sup> 96/62/CE, de 27 de setembro de 1996, define princípios básicos e estratégia para a gestão da qualidade do ar, já tendo sido alterada pelo Regulamento CE n. 188/2003 e Diretiva 2008/50/CE, que passou a vigor em junho de 2010. Os Estados-Membros são responsáveis pela sua aplicação. Essa Diretiva é parte do “Quinto Programa de Ação de Meio Ambiente da CE”, de 1992, que recomendou o estabelecimento de objetivos de longo prazo para a qualidade do ar. Ela complementa a legislação europeia no domínio da melhoria da qualidade do ar que envolve: a Diretiva 80/779/CEE, sobre padrões de qualidade do ar e valores de referência para o dióxido de enxofre e partículas em suspensão; a Diretiva 82/884/CEE, relativa ao limite para o chumbo contido na atmosfera; a Diretiva 85/203/CEE, relativa às normas de qualidade do ar para o dióxido de enxofre; e a Diretiva 92/72/CEE, relativa à poluição do ar pelo ozônio.

Em suma, até o momento, para manter e melhorar a qualidade do ar na CE, a Diretiva contém princípios de base que permitem:

- Definir objetivos para a qualidade do ar ambiente;
- Estabelecer métodos e critérios comuns de avaliação;
- Dispor de informações sobre a qualidade do ar e divulgá-las.

---

<sup>3</sup> Diretiva (Aurélio Século XXI, 1999) – Conjunto de instruções ou indicações para se tratar e levar a termo um plano, uma ação, um negócio etc.

Os valores-limite e os limiares de alerta estão fixados pelo Parlamento Europeu para os poluentes: dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio, óxidos de nitrogênio, partículas, chumbo, benzeno, monóxido de carbono, ozônio, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP), cádmio, arsênio, níquel e mercúrio.

A qualidade do ar ambiente é controlada em todo o território e a avaliação efetuada utilizando-se diferentes métodos: medição ou modelagem matemática, ou pela combinação destes dois métodos, ou por estimativas. Esta avaliação é obrigatória nas aglomerações de mais de 250.000 habitantes ou nas zonas em que as concentrações se aproximam dos valores-limite.

Caso sejam excedidos os valores-limite, os Estados-Membros devem estabelecer um programa que permita alcançar tais limites num determinado prazo pré-fixado. Este programa, a que o público deve ter acesso, deve conter, nomeadamente, as seguintes informações: localização em que foi excedida a poluição; natureza e avaliação da poluição; e origem da poluição.

Os Estados-Membros devem estabelecer uma lista das zonas e aglomerações em que os níveis de poluição são superiores aos valores-limite. Caso sejam excedidos os limiares de alerta, a população deve ser informada e transmitida à Comissão todas as informações pertinentes (nível registrado de poluição, duração do alerta etc.).

No caso de certas zonas geográficas e aglomerações com níveis de poluição inferiores aos limites fixados, os Estados-Membros devem manter os níveis de poluição abaixo desses valores. A Diretiva contém disposições relativas à transmissão das informações e os relatórios sobre os níveis de poluição e as zonas em causa. Merece destaque as Diretivas específicas que derivam da 96/62/CE:

- Diretiva 2004/107/CE — relativa ao arsênio, cádmio, mercúrio, níquel e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP) no ar ambiente, que corresponde à última fase do processo de reformulação da legislação europeia, lançado pela Diretiva-Quadro 96/62/CE, relativa à presença de poluentes que representam riscos para a saúde humana.

*“Visto que as substâncias mencionadas são agentes cancerígenos para o homem e para os quais não é possível identificar limiares no que respeita aos efeitos nocivos para a saúde humana, a presente diretiva destina-se a aplicar o princípio segundo o qual a exposição a estes poluentes deve ser tão baixa quanto possível.”*

A diretiva não fixa valor-limite para as emissões de HAP, mas utiliza o benzo(a)pireno como marcador do risco cancerígeno destes poluentes e estabelece para esta substância um valor-alvo a respeitar na medida do possível. Além disso, determina métodos e critérios para avaliar as concentrações e deposição das substâncias mencionadas e garante a obtenção de informações adequadas e a sua divulgação junto do público.

- Diretiva 2002/3/CE — relativa às concentrações de ozônio, cujo objetivo é fixar metas de longo prazo, ou seja, valores-alvo para 2010, um limite de alerta e a informação para a Comunidade; estabelece métodos e critérios comuns para avaliar as concentrações; assegura que a informação adequada é obtida e garante o acesso ao público; mantém ou melhora a qualidade do ar; e promove a cooperação entre os Estados-Membros na redução dos níveis.

Os objetivos de longo prazo fixados respeitam as orientações da Organização Mundial da Saúde relativas ao ozônio. O desrespeito dos valores-alvo obriga os Estados-Membros a estabelecer planos de ação para a redução do ozônio.

- Diretiva 2000/69/CE — estabelece limites para o benzeno e o monóxido de carbono na qualidade do ar, sendo para o benzeno  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e para o monóxido de carbono  $10 \text{mg}/\text{m}^3$ .

Por sua vez, a Diretiva 2008/50/CE, já vigente, se propõe a definir estratégia para um ar mais limpo na Europa; revê a legislação sobre qualidade do ar com o objetivo de reduzir a poluição para níveis que minimizem os efeitos prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente; além de melhorar a informação do público sobre os riscos envolvidos.

Os Estados-Membros determinam as autoridades e os organismos responsáveis pela avaliação da qualidade do ar, aprovação dos sistemas de medição, garantia da precisão das medições, análise dos métodos de avaliação e cooperação com os Estados-Membros e a Comissão.

A Diretiva, também, estabelece um regime de avaliação da qualidade do ar no que se refere ao dióxido de enxofre, ao dióxido de nitrogênio e aos óxidos de nitrogênio, às partículas em suspensão  $\text{PM}_{10}$  e  $\text{PM}_{2,5}$ , ao chumbo, ao benzeno e ao monóxido de carbono, bem como ao ozônio, sendo responsabilidade do Estados-Membros definirem as regiões (urbana, suburbana, rural, rural de fundo) em todo o seu território para avaliação e gestão da qualidade do ar.

Além disso, estabelece limites e critérios para os métodos a serem empregados, o objetivo e a obrigação de reduzir a exposição da população às

partículas em suspensão (PM<sub>2,5</sub>), os limiares de informação e de alerta, os níveis críticos para a proteção da vegetação e a lista das informações a incluir nos planos de ação para a melhoria da qualidade do ar ambiente.

Cada Estado-Membro instala, pelo menos, uma estação de medição, podendo, mediante acordo com Estados-Membros vizinhos, instalar uma ou várias estações de medição comuns.

Estabelece, ainda, que caso os níveis de concentração de poluentes no ar ambiente sejam inferiores aos limites fixados, os Estados-Membros devem manter os níveis desses poluentes abaixo desses valores e esforçar-se por preservar a melhor qualidade do ar compatível com o desenvolvimento sustentável.

Caso os níveis de poluentes no ar excedam qualquer valor-limite ou valor-alvo, bem como as respectivas margens de tolerância, os Estados-Membros asseguram a elaboração de planos de qualidade do ar para essas zonas e aglomerações.

Em caso de serem excedidos os valores-limite em relação aos quais já tenha expirado o prazo para a consecução dos objetivos, os planos de qualidade do ar estabelecem medidas adequadas para que esse período possa ser o mais curto possível e podem, adicionalmente, incluir medidas específicas tendentes à proteção dos grupos sensíveis da população, incluindo as crianças.

Ainda, caso exista o risco de o nível de poluentes excederem os limiares de alerta indicados, os Estados-Membros devem estabelecer planos de ação que indiquem as medidas a tomar a curto prazo, a fim de reduzir esse risco e limitar a sua duração. Estes planos de ação podem, por exemplo, suspender determinadas atividades — circulação dos veículos automotores, trabalhos de construção, utilização de instalações industriais. Situações em que sejam excedidos os limites devido a um transporte transfronteiriço de poluentes atmosféricos, os Estados-Membros em causa devem colaborar e coordenar-se a fim de por termo à ultrapassagem de tais valores.

Os processos de gestão da qualidade do ar na Europa variam de país para país, embora as diretrizes principais sejam estabelecidas pela Comunidade Européia.

Na Itália, a gestão da qualidade do ar é delegada aos vinte governos regionais. Cada Governo Regional prepara um Plano – PRQA (*Piano di Risanamento della Qualità dell'Aria*), no qual estudam a região, desenvolvem e implementam o plano. O foco é avaliar as emissões e modelar as concentrações, identificar áreas críticas e estabelecer metas de redução de emissões para cada setor, no sentido de obter

ganhos da qualidade do ar. Para instalação de uma nova fonte, ou para renovação de licença de fontes existentes, deve ser considerado o PRQA.

Na França, para grandes áreas urbanizadas e contaminadas, as leis especificam que os planos de proteção da atmosfera são desenhados pelas autoridades locais que estabelecem planos de redução de emissões.

Os Estados-Membros asseguram que o público e as organizações relevantes sejam sistemática e devidamente informados sobre as concentrações de poluentes no ar ambiente. Em caso de violação dos limites de alerta e dos limites de informação, os Estados-Membros devem publicar:

- informações sobre as ultrapassagens observadas;
- previsões para as horas e dias seguintes;
- informações sobre o tipo de população afetada, os possíveis efeitos na saúde e o comportamento recomendado;
- informações sobre ações preventivas e as medidas destinadas a reduzir as emissões.

Colocam, igualmente, à disposição do público, relatórios anuais relativos a todos os poluentes abrangidos pela Diretiva.

É relevante comentar que os Estados-Membros determinam o regime de sanções aplicáveis às violações das disposições nacionais aprovadas e tomam todas as medidas necessárias para assegurar a sua aplicação. As sanções previstas devem ser eficazes, proporcionais e dissuasivas.

De acordo com o objetivo de se atingir uma qualidade do ar desejável, várias diretrizes, derivadas da Diretiva 96/62/CE, têm sido estabelecidas como instrumentos de gestão, dispostas em vários grupos, conforme apresentadas a seguir:

- Diretrizes para o Setor de Transporte

A estratégia sobre transporte e meio ambiente define os objetivos para integrar os requisitos ambientais com a política de transportes. Estabelece diretrizes para um amplo número de medidas e para os vários setores: rodoviário, aéreo, ferroviário, marítimos.

#### Veículos Automotores

- Todos os veículos:
  - normas Euro 5 e Euro 6: redução das emissões poluentes dos veículos leves;

- emissões de poluentes pelos veículos leves;
  - gases e partículas poluentes emitidos pelos motores diesel;
  - teor de enxofre de determinados combustíveis líquidos;
  - qualidade da gasolina e do combustível para motores diesel: enxofre e chumbo;
  - estratégia da UE no domínio dos biocombustíveis ;
  - veículos a motor: uso de biocombustíveis.
- Veículos rodoviários:
    - veículos rodoviários limpos e energeticamente eficientes;
    - limites de emissões de CO<sub>2</sub> de veículos novos;
    - vigilância das emissões de CO<sub>2</sub> dos veículos automotores novos;
    - tributação de veículos;
    - informações sobre o consumo de combustível e as emissões de CO<sub>2</sub> dos veículos novos ;
    - emissões provenientes de sistemas de ar condicionado;
    - promoção dos veículos de transporte rodoviário limpos junto das autoridades públicas;
    - problemas ambientais devidos aos veículos pesados.
- Veículos não rodoviários:
    - emissões de gases poluentes por máquinas móveis não rodoviárias;
    - emissões de gases poluentes pelos tratores agrícolas e florestais.
- Outros meios de transporte:
    - aviação e alterações climáticas;
    - Iniciativa Tecnológica Conjunta '*Clean Sky*';
    - estratégia de redução das emissões dos navios de mar.

#### Para os Poluentes Atmosféricos

- padrões de qualidade do ar para o dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio e óxidos de nitrogênio, partículas em suspensão e chumbo no ar ambiente;
- limites nacionais de emissão de determinados poluentes atmosféricos;
- dióxido de nitrogênio;

- substâncias que destroem a camada de ozônio;
- eliminação dos CFC;
- convenção sobre a poluição atmosférica transfronteiriça;
- protocolo relativo aos metais pesados;
- eliminar e limitar a produção, utilização e emissão de poluentes orgânicos persistentes (POP);
- Indústrias:
  - prevenção e controle integrados da poluição: Diretiva IPPC;
  - grandes instalações de combustão;
  - compostos orgânicos voláteis (COV) resultantes do armazenamento de gasolinas;
  - compostos orgânicos voláteis resultantes de determinados processos e instalações.

### **Programa CAFE (*Clean Air for Europe*)**

O objetivo do Programa CAFE é estabelecer uma estratégia integrada de longo prazo para a gestão da poluição do ar e a proteção de seus efeitos sobre a saúde humana e ao meio ambiente em geral.

A Diretiva de 1996 e as várias outras que dela derivaram foram adotadas com o objetivo de melhorar a qualidade do ar. Nos últimos anos, têm sido adotadas estratégias para combater a acidificação, os níveis de ozônio e a eutroficação, com o estabelecimento de limites máximos de emissão nacionais. Assim, medidas e propostas para melhorar a qualidade do ar incluem: limites para os níveis de qualidade do ar; limites máximos de emissão, em nível nacional, para a gestão da poluição transfronteiriça; programas de redução de poluição em áreas-alvo; e medidas específicas para limitar emissões ou elevar o padrão dos produtos.

CAFE estabeleceu as bases para a primeira estratégia temática anunciada no Sexto Programa de Ação do Meio Ambiente, cujos objetivos são:

- desenvolver, coletar e validar informação científica sobre efeitos da poluição do ar — incluindo validação de inventários de emissão; avaliação da qualidade do ar; projeções; estudos de custo-efetividade; e avaliação integrada com modelagem;

- dar suporte à correta implementação e revisar a legislação existente, além de desenvolver novas propostas quando necessário;
- assegurar que as medidas estabelecidas são tomadas num nível relevante e desenvolver ligações estruturais com áreas de importância política;
- desenvolver uma estratégia integrada para incluir objetivos apropriados e medidas custo-efetivo. Os objetivos da primeira fase do programa são: material particulado, ozônio troposférico, acidificação, eutroficação e dano ao patrimônio cultural;
- divulgar as informações do programa.

### **2.6.1 Gestão da qualidade do ar no Reino Unido**

A Lei de Meio Ambiente, de 1995, “*Environment Act 1995*”, estabeleceu que o Reino Unido e as administrações descentralizadas, Escócia e País de Gales, adotassem uma estratégia nacional de qualidade do ar contendo normas, objetivos e medidas para melhorar a qualidade do ar ambiente, além de implementar ações e revê-las. Não havia legislação equivalente na Irlanda do Norte.

Em janeiro de 2000, a estratégia vigente foi substituída pela “*Estratégia de Qualidade do Ar para a Inglaterra, Escócia, País de Gales e Irlanda do Norte*”, quando foi estabelecido o quadro para alcançar melhorias na qualidade do ar a partir de 2003.

A estratégia identificou as ações a nível local, nacional e internacional para melhorar a qualidade do ar. Foi seguida por um *Addendum*, em fevereiro de 2003, que reforçou vários dos objetivos e introduziu novos.

O Governo do Reino Unido estabeleceu que as administrações descentralizadas são responsáveis por questões políticas e legislativas que afetam o meio ambiente, incluindo a qualidade do ar. No entanto, devido ao caráter transfronteiriço de poluentes do ar, é conveniente ter uma estratégia apresentada em um documento, com objetivos comuns:

*“primordial é assegurar que todos os cidadãos devem ter acesso ao ar ambiente sem risco significativo para a sua saúde, de acordo com a viabilidade técnica e econômica”.*

Dessa forma, para que alcancem este objetivo, a estratégia parte de dois conceitos fundamentais que constituem sua estrutura central:

- Padrões de qualidade do ar — são concentrações de poluentes na atmosfera que podem alcançar um determinado nível de qualidade ambiental. Os padrões são avaliados com base nos efeitos de cada poluente na saúde humana, incluindo efeitos em subgrupos mais sensíveis ou nos ecossistemas; e
- Objetivos — metas políticas sempre expressas como a concentração máxima que não pode ser excedida, ou sem exceção, ou com um número permitido de violações, dentro de determinada escala temporal.

O *Environment Act 1995* e o *Environmentnt Order 2002* introduziram o sistema local de gestão da qualidade do ar *Local Air Quality Management (LAQM)*. Desde então, as autoridades de cada local têm tido que rever, periodicamente, e avaliar se suas áreas estão cumprindo os objetivos nacionais para os sete poluentes propostos. Caso algum objetivo não esteja sendo alcançado, as autoridades locais devem designar aquelas áreas como de gestão da qualidade do ar (AQMA) e trabalhar no sentido de alcançar tais objetivos.

Os planos de ação locais devem, primordialmente, incluir as seguintes medidas:

- compromisso corporativo para colocar a qualidade do ar no centro do processo de tomada de decisão, em especial em outras áreas políticas, tais como decisões de planejamento, incluindo-a em estratégias regionais de desenvolvimento;
- compromisso de trabalhar em estreita colaboração com as autoridades competentes em matéria de estradas e/ou regulação ambiental, sobre as possíveis medidas de redução de emissões nas vias de tráfego e/ou indústrias, as principais fontes locais de poluentes;
- medidas de gestão do tráfego local para limitar o acesso ou a alterar o fluxo em áreas problemáticas;
- compromisso de desenvolver ou promover planos de “viagem verde” e/ou uso de combustíveis limpos nos veículos da frota oficial;
- estratégia para informar o público sobre as questões da qualidade do ar;
- parcerias com operadores de frota de ônibus no sentido de melhorar a qualidade dos veículos: mais silenciosos, tendo como retorno melhores corredores de ônibus ou de um regime mais flexível de entrega;
- propor taxação no estacionamento do local de trabalho, no longo prazo.

É importante destacar que o Reino Unido está legalmente obrigado a cumprir os valores-limite da UE para certo número de poluentes e as medidas locais são um dos mais importantes meios para que tais limites sejam alcançados e parece bastante claro que as autoridades locais estão melhor aparelhadas para identificar as medidas a serem adotadas, bem como avaliá-las ou revê-las.

Nas LAQM as autoridades são livres para desenvolver as estratégias e considerar as ações que são mais adequadas para cada região.

Os Planos de Ação devem incluir uma quantificação da melhoria da qualidade do ar para cada medida adotada ou proposta, dentro de um dado período de tempo, ou seja, x% de redução de emissões para 2011, em relação a 2009, na área de gestão da qualidade do ar. Também, devem considerar o impacto econômico, social e ambiental.

Caso a caso, deve ser examinado se os *Planos de Ação para a Qualidade do Ar*, estabelecidos pelo Governo, estão sujeitos a uma Avaliação Ambiental Estratégica, de acordo com a Diretiva 2001/42/EC “sobre a avaliação dos efeitos de determinados planos e programas sobre o meio ambiente”.

Caso seja identificado numa região que a deterioração da qualidade do ar é devida ao setor de transportes, o plano de ação deverá estar integrado ao plano local de transportes.

## **2.7 Considerações**

Observa-se que, em termos de gestão da qualidade do ar, o que sempre motivou seu avanço foram os grandes episódios que causaram danos irreparáveis ao homem e ao ambiente. Toda a legislação existente no mundo, além das pesquisas que as originaram, foram propostas como consequência dos grandes acidentes que conjugavam, comprovadamente, emissões atmosféricas significativas com condições meteorológicas adversas.

Entretanto, verifica-se que tanto nos EUA, quanto na Europa, ao longo dos anos, vários programas visando a melhoria da qualidade do ar foram estabelecidos, avaliados e continuados. A cada novo programa ou plano estabelecido pelos governos são realizadas AAE, no sentido de se avaliar, caso a caso, os *Planos de Ação para a Qualidade do Ar* e seus efeitos sobre o meio ambiente. Caso seja identificado numa dada região que a deterioração da qualidade do ar é devida ao setor de transportes, o plano de ação deverá estar integrado ao plano local de transportes.

Também, os padrões de qualidade do ar têm sido revistos, continuamente, em função do aprimoramento de pesquisas, novos parâmetros têm sido inseridos na legislação, além de uma série de planos de redução de emissões, introdução de novos instrumentos de gestão, melhorias tecnológicas nos processos industriais, assim como prazos têm sido concedidos no sentido de reduzir emissões de plantas antigas com vistas a alcançar os limites estabelecidos para novas plantas.

No Brasil, o PRONAR, estabelecido há mais de 20 anos, jamais foi revisto e nenhum dos programas previstos foi implantado, com exceção do PROCONVE. Os padrões de qualidade do ar também não sofreram revisão e nenhum outro poluente foi contemplado. Foram estabelecidos limites de emissão apenas para novas fontes fixas e as existentes permanecem reguladas pelos limites estabelecidos em 1990, quando ainda não se previa a diversidade de combustíveis hoje existentes e, muito menos, as tecnologias atualmente empregadas.

No licenciamento ambiental ainda prevalece a postura de comando e controle, observando-se apenas que os empreendimentos obtêm permissão para se implantar, desde que cumpram os condicionantes e as restrições que lhe são impostas, desconsiderando, totalmente, a região em que se encontram.

O único estado brasileiro que avançou em relação à gestão da qualidade do ar foi São Paulo, tendo adotado novos instrumentos, que deverão permitir o crescimento econômico em consonância com padrões de qualidade ambiental e sustentabilidade.

De acordo com a legislação ambiental vigente, os projetos de atividades potencialmente poluidoras estão sujeitos à AIA para obtenção das respectivas licenças ambientais. Nesse contexto, os estudos que vêm sendo elaborados consideram o impacto ambiental individual, sem qualquer análise do conjunto de empreendimentos existentes ou previstos para uma dada região, ou seja, não há avaliação dos efeitos cumulativos e sinérgicos.

Embora o instrumento legal que instituiu a AIA no Brasil cite, em artigo que dispõe sobre as atividades técnicas mínimas que devem ser desenvolvidas, a consideração das propriedades cumulativas e sinérgicas (Brasil, 1986), não há diretrizes para sua abordagem ou procedimentos para sua realização. De forma que, apesar da existência da base legal, historicamente, não se observa a prática de sua abordagem nos estudos ambientais. A avaliação de impacto ambiental realizada quando do licenciamento ambiental, de uma forma geral, enfoca somente as questões dos novos empreendimentos envolvidos, sem considerar a inserção destes no contexto regional, evidenciando que as avaliações realizadas para projetos isolados

não asseguram o equilíbrio pretendido entre as questões ambientais, econômicas e sociais do desenvolvimento.

Com base nas deficiências apontadas no licenciamento ambiental no país e no conhecimento do que é praticado em outros países, essa pesquisa se propõe a apresentar uma nova forma de se abordar a gestão da qualidade do ar, com base na cumulatividade de impactos, tanto em área não degradada, onde se pretende a implantação de novos empreendimentos, como em área já totalmente saturada, onde novas abordagens deverão ser consideradas.

### Capítulo 3: Proposta de um modelo de Gestão da Qualidade do Ar

O controle da emissão de poluentes do ar pode ser abordado sob dois aspectos: estratégico e tático. De uma maneira geral, a redução dos níveis de poluição se dá a médio e longo prazos. Esse aspecto é chamado estratégico, onde planos de longa duração devem ser elaborados, metas devem ser estabelecidas para acompanhar os ganhos ambientais refletidos na melhoria da qualidade do ar em 5, 10 ou 15 anos e programas devem ser traçados para atingir tal desenvolvimento. A área de abrangência ou escala espacial de programas dessa natureza, considera as características do entorno, onde a qualidade do ar pode ser considerada similar. De forma que se pode ter uma estratégia regional com efeitos de redução nas escalas local e urbana; uma estratégia estadual para obter reduções nas escalas estadual, urbana ou local; ou uma estratégia nacional para atingir a escala nacional ou menor. As escalas continental e global requerem uma estratégia internacional, onde pode-se citar como exemplo o Protocolo de Montreal.

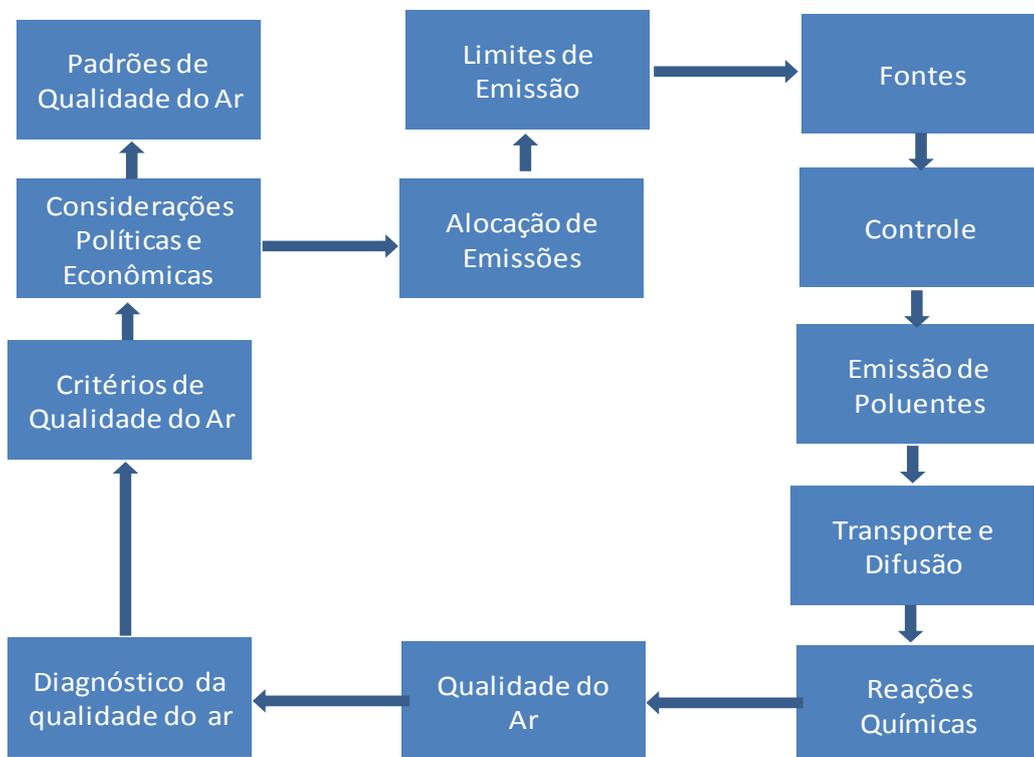
Várias estratégias podem ser traçadas para o controle da poluição do ar, das quais algumas merecem destaque. Os EUA, por exemplo, adota a estratégia denominada “*Gestão da Qualidade do Ar*” que se distingue das demais por apoiar-se, fundamentalmente, no desenvolvimento e adoção de padrões de qualidade do ar (Vallero, 2008). Outra estratégia, usualmente adotada, baseia-se nas “*Melhores Tecnologias de Controle Aplicáveis*” (*BACT- Best Available Control Technology*). Neste caso, não são aplicados diretamente os padrões de qualidade do ar, as emissões é que são reguladas ou os limites de emissão são estabelecidos caso-a-caso e representam as melhores práticas e tecnologias de controle para uma determinada fonte. A terceira estratégia, mais comumente adotada, é a que utiliza “*Instrumentos Econômicos*” para o abatimento das emissões, em adição aos padrões de qualidade do ar. Uma quarta baseia-se na “*Relação Custo-Benefício*”, que pode resultar em emissões muito menores de processos existentes ou modificar outros previstos, até alcançar a redução da geração de poluição compatível com a qualidade ambiental desejada a custos viáveis.

Os Padrões de Qualidade do Ar correspondem aos níveis de poluentes prescritos para o ar exterior, com base em determinados critérios, que não podem ser excedidos num determinado tempo e numa certa área. São, sobretudo, norteadores para o estabelecimento de metas de redução da poluição ambiental.

O controle efetivo das fontes de poluição é realizado pela limitação das emissões que, por sua vez, é alcançado pela adoção de padrões de emissão mais restritivos, alteração do processo industrial, melhores técnicas operacionais, utilização

de combustíveis alternativos, troca de matéria-prima, mudança de tecnologia etc. Entretanto, antes de estabelecidas as estratégias de redução de emissões, os tomadores de decisão devem atentar sobre que setores devem incidir os limites menores de emissão e quais grupos suportariam os maiores investimentos necessários de controle: empreendedores, indústrias, instituições etc. Esse tipo de tomada de decisão é chamada de “Alocação de Emissão”.

A Figura 8 mostra que o sistema de controle é dinâmico, cíclico e definido pela linha que conecta os padrões de qualidade do ar, os limites de emissão e as fontes de poluição, o que significa que, necessariamente, qualquer estratégia de controle consiste na limitação das emissões na fonte.



**Figura 8: Estratégia de controle da poluição do ar**

Fonte: Elaboração própria, a partir de VALLERO,2008

Uma gestão sustentável do recurso atmosférico necessita de um conjunto mínimo de instrumentos de suporte: uma base de dados e informações acessíveis, a definição clara da vocação de ocupação da região, o controle dos impactos sobre a qualidade do ar e o processo de tomada de decisão.

Segundo Porto (2008):

*“em termos práticos, os sistemas de gestão dependem de instrumentos que possam ser desenvolvidos e aplicados de forma a atender às expectativas e aos desejos da comunidade, nos limites impostos pela aptidão natural da região, seja na perspectiva mais utilitarista, seja para o atendimento de objetivos de preservação ambiental, idealmente na medida equilibrada que é requerida para a garantia da sustentabilidade, no médio e no longo prazos”.*

A gestão da qualidade do ar é uma tarefa complexa que requer um equilíbrio bastante delicado entre ciência, tecnologia, economia e riscos à saúde humana e ao ecossistema.

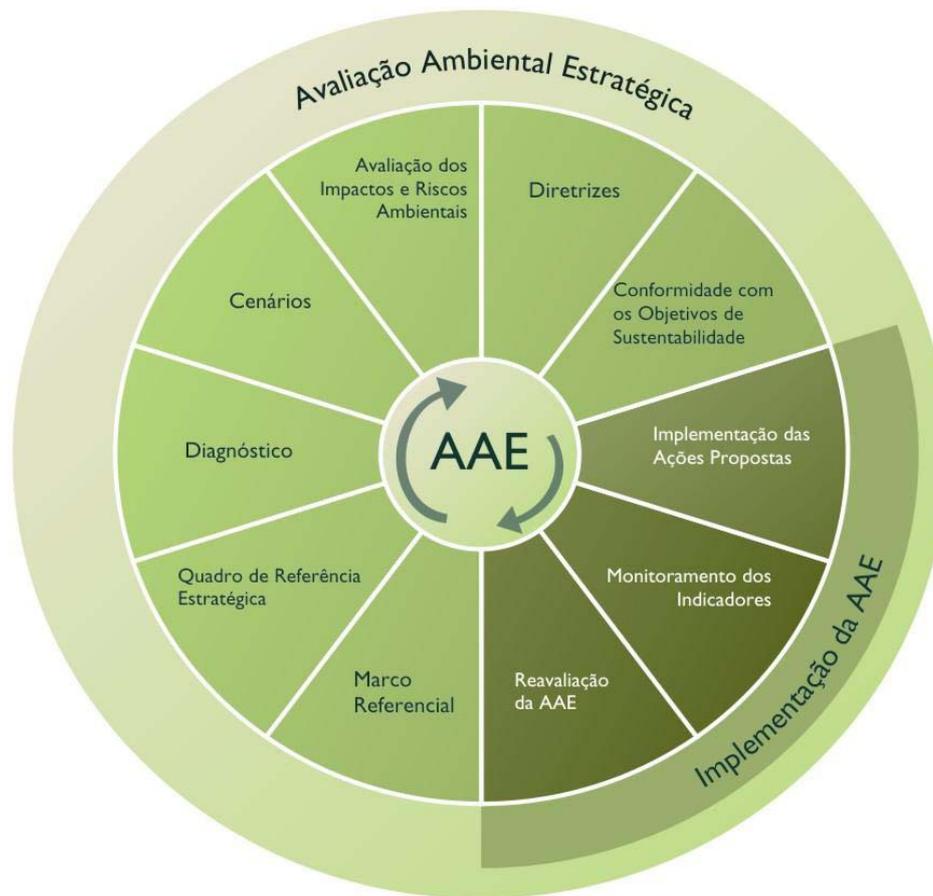
No Brasil, a implantação de novos empreendimentos com alto potencial poluidor do ar ou a expansão de determinadas áreas industriais já saturadas, requerem que seja realizada uma avaliação de impactos ambientais, no nível de projeto, para cada unidade independente, no sentido de obter a licença ambiental. Em geral, as licenças contêm uma série de condicionantes que são acompanhadas pelo órgão licenciador, ao longo do tempo. Embora previsto na legislação, os impactos cumulativos e sinérgicos não são avaliados e pouca ou nenhuma informação se tem sobre as concentrações de *background* da região. Não se observa a existência de planos de gestão da qualidade do ar ou qualquer meta de qualidade a ser atingida para uma determinada área, mesmo que já se encontre em elevado nível de degradação atmosférica, ou ainda, mesmo que nada tenha sido planejado para a ocupação de uma área desabitada.

Nesse sentido, será discutida uma proposta de gestão da qualidade do ar, que se desdobra em duas proposições: um Modelo de Gestão da Qualidade do Ar, de caráter preventivo e outro Modelo de Gestão da Qualidade do Ar, de caráter corretivo, conforme as situações abordadas.

O processo de gestão sugerido está embasado na adoção da AAE para avaliar os potenciais impactos e riscos ambientais associados aos planos de desenvolvimento, tanto do setor público, quanto do setor privado, para uma determinada região.

De acordo com a metodologia desenvolvida pelo Laboratório Interdisciplinar de Meio Ambiente, da Coordenação de Pesquisa de Pós-Graduação em Engenharia, da

Universidade do Rio de Janeiro – LIMA/COPPE/UFRJ, que tem elaborado algumas AAE de planos e programas governamentais e privados, o esquema mostrado na Figura 9 ilustra o processo da AAE.



**Figura 9: Estrutura Metodológica do Processo de AAE**

Fonte: LIMA/COPPE/UFRJ (2009)

### 3.1 Modelo de Gestão da Qualidade do Ar - Preventivo

Neste caso, a gestão da qualidade do ar se inicia ainda na fase de avaliação de um programa de investimentos do setor público ou privado ou parceria público-privado, quando então se propõe a adoção da AAE, no sentido de:

*“auxiliar, antecipadamente, os tomadores de decisões na identificação, avaliação e controle dos efeitos positivos e negativos que uma decisão estratégica poderia desencadear no meio ambiente e na sustentabilidade do uso dos recursos naturais, qualquer que seja a instância de planejamento. Ao mesmo tempo em que fortalece e facilita a AIA de projetos com a identificação, o mais cedo possível, dos impactos potenciais e dos efeitos ambientais cumulativos e sinérgicos; permite consideração das questões estratégicas relacionadas à justificativa e às propostas de localização dos futuros projetos; e a reduzir tempo e recursos necessários à AIA de projetos individuais”* (LIMA/ COPPE/ UFRJ, 2009).

De uma maneira geral, as etapas a serem realizadas confundem-se com aquelas a serem seguidas pela AAE, culminando nas diretrizes e que deverão ter continuidade na fase de AIA, no processo de licenciamento ambiental, com a realização de EIA/RIMA para um dado complexo industrial. Os seguintes pontos detalham os componentes necessários para a avaliação proposta:

- Diagnóstico da qualidade do ar e caracterização climatológica

As condições pré-existentes da região onde se pretende implantar um conjunto de atividades, bem como da sua área de influência são de grande valia para o início da gestão da qualidade do ar. Uma vez que as concentrações de *background* irão subsidiar a análise da capacidade de suporte é recomendável que se inicie um monitoramento da qualidade do ar da região desde a fase de planejamento. Dessa forma, é possível identificar quanto do padrão de qualidade do ar se dispõe para alocar as concentrações provenientes da operação de outras fontes de emissão que vierem a se instalar.

A forma tradicional recomendada é a de elaboração de um diagnóstico real, indicando um método de análise para cenários futuros de qualidade de ar. Este diagnóstico envolve a avaliação do monitoramento realizado em alguns locais da região. Alternativamente, pode ser proposto um método mais expedito, compreendendo um diagnóstico preditivo da qualidade do ar, por meio de modelagem matemática, com o objetivo de fornecer a primeira avaliação sobre as condições ambientais da região de estudo.

A concentração de um poluente no ar é o resultado final de processos complexos, sujeitos a vários fatores, que compreendem não só a emissão pelas fontes como, também, suas interações físicas (diluição) e químicas (reações) na atmosfera.

A caracterização climatológica a região de estudo é fundamental, uma vez que a interação entre as fontes de poluição e as condições atmosféricas é que definem a qualidade do ar regional.

Ressalta-se que o modelo de gestão proposto se inicia e se retroalimenta com o monitoramento da qualidade do ar, uma vez que essa é a grande ferramenta de avaliação das estratégias adotadas durante todo o processo de gestão. Embora, como mencionado, pode-se lidar com situações extremas onde não há dados disponíveis sobre a qualidade do ar.

- Levantamento das atividades previstas para ocupar a região

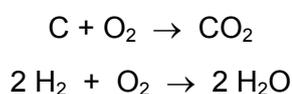
O plano ou programa de investimentos previsto condiciona as opções de desenvolvimento da região, seus projetos prospectivos e porte, avaliando os possíveis empreendimentos que surgirão, bem como a análise entre as complementaridades e sinergias entre eles.

- Identificação dos combustíveis a serem utilizados

A importância desse tema é tal que a história da poluição do ar está intimamente relacionada à queima de combustíveis fósseis, mas não exclusivamente.

A combustão é uma reação química exotérmica onde os reagentes se juntam ao oxigênio do ar, numa determinada temperatura e pressão, resultando nos produtos e liberando energia/calor.

As reações que basicamente ocorrem na combustão são bastante simples e conhecidas:

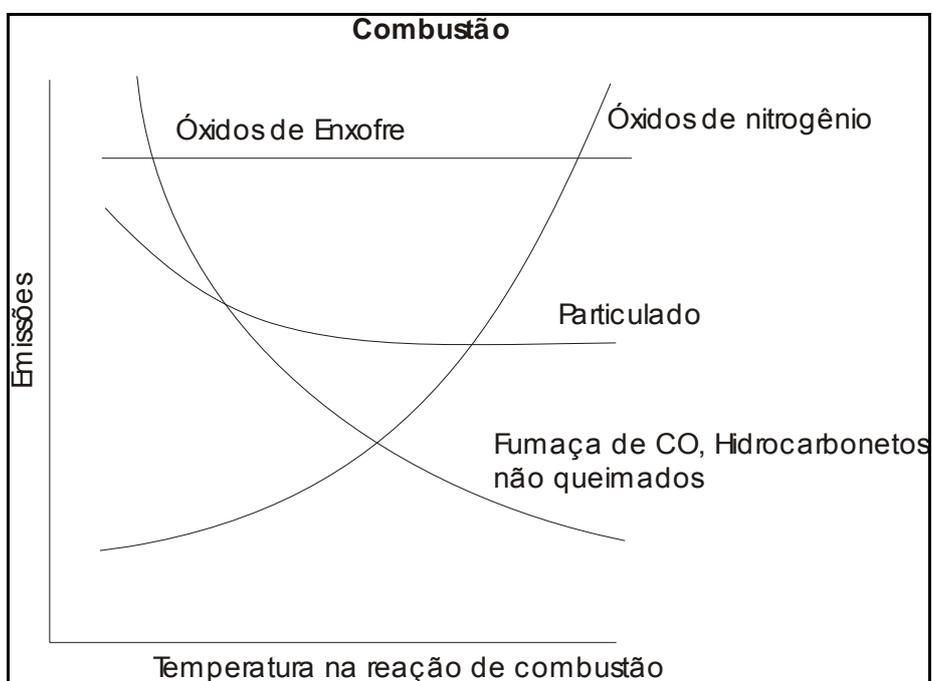


Entretanto, o processo de queima não é completo e vários subprodutos são formados na reação, muitos dos quais considerados poluentes do ar. Também, dependendo da composição do combustível, da quantidade, do tipo de queima e da tecnologia utilizada, o processo de combustão gera a emissão de vários poluentes. São eles: monóxido de carbono, óxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio, óxidos metálicos, sais metálicos, ácidos, fumaça, cinzas, aldeídos, cetonas, hidrocarbonetos polinucleares e muitos outros. Além desses, há que se mencionar que o dióxido de

carbono, principal gás de efeito estufa, é inerente ao processo de combustão de combustíveis ricos em carbono.

De uma maneira geral, o estado físico do combustível determina o tipo de sistema a ser utilizado para a combustão: se o combustível está no estado gasoso, é muito reativo e pode ser simplesmente utilizado no queimador; se estiver no estado líquido, na maioria das vezes, é vaporizado até o estado gasoso e submetido à queima e, finalmente, quando se encontra no estado sólido, uma série de etapas estão envolvidas no processo de combustão. Esse ciclo de operação da fonte de combustão é muito importante quando se trata de emissões atmosféricas.

O comportamento das emissões dos vários poluentes nos processos de combustão, em linhas gerais, pode ser visto na Figura 10.



**Figura 10: Emissão de poluentes durante a combustão**

Fonte: Vallero, 2008

As principais emissões provenientes da queima de combustíveis fósseis são os óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), material particulado (MP), óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>), monóxido de carbono (CO) e os compostos orgânicos voláteis (VOC). São emitidos também os gases relacionados ao efeito estufa, quais sejam: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e metano (CH<sub>4</sub>). A quantidade emitida de cada um varia em função do combustível queimado, da sua composição, do tipo e do tamanho da câmara de combustão, da combustão em si e do nível de manutenção, além das práticas de alimentação dos equipamentos utilizados.

As emissões atmosféricas provenientes da queima do carvão mineral variam de acordo com as características físico-químicas dos diversos tipos existentes e com a tecnologia de combustão utilizada.

Em geral, o material particulado é preponderantemente o principal poluente emitido, alterando apenas o teor de cinzas. A composição desse material, bem como os níveis de emissão, é uma complexa função da configuração da chama, da operação do equipamento e das propriedades do carvão. Porém, observa-se que pelo fato de o carvão ser uma mistura de partículas finas e grossas, uma significativa quantidade de carbono não queimado pode estar presente nesse material.

Quanto aos óxidos de enxofre provenientes da queima do carvão, esses são prioritariamente dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ), com pouca quantidade de  $\text{SO}_3$  e sulfatos gasosos, sendo dependentes totalmente do teor de enxofre do tipo do combustível utilizado.

As emissões de óxidos de nitrogênio são primariamente  $\text{NO}$ , com um percentual muito pequeno de  $\text{NO}_2$ . O óxido nitroso também é emitido, em níveis de *ppm*. A formação de  $\text{NO}_x$  é resultado da fixação térmica do nitrogênio atmosférico ( $\text{NO}_x$  térmico) na chama de combustão e da oxidação do nitrogênio presente no combustível.

A taxa de emissão de monóxido de carbono depende fundamentalmente da eficiência da oxidação do combustível na queima. As emissões de  $\text{CO}$  podem ser minimizadas apenas com um cuidadoso controle do processo de combustão. Desse modo, se o equipamento utilizado for operado ou mantido de forma incorreta, resultará em emissões de monóxido de carbono de grande magnitude.

Pequenas quantidades de compostos orgânicos, ou hidrocarbonetos totais, são emitidas durante a queima do carvão. Assim como as emissões de  $\text{CO}$ , as taxas de emissão desses compostos também dependem da eficiência da combustão.

Cabe fazer a referência de que os hidrocarbonetos totais incluem os compostos orgânicos voláteis ( $\text{VOC}$ ), os compostos orgânicos semi-voláteis e os compostos orgânicos condensáveis.

As emissões de  $\text{VOC}$  são originalmente caracterizadas pelos hidrocarbonetos na fase de vapor não queimados: hidrocarbonetos alifáticos, oxigenados e aromáticos de baixo peso molecular. As emissões orgânicas remanescentes são formadas de compostos emitidos da fonte de combustão na fase condensada. Esses podem, quase que exclusivamente, ser classificados num grupo conhecido como material orgânico policíclico ( $\text{POM}$ ) e no subgrupo dos hidrocarbonetos aromáticos polinucleares ( $\text{PNA}$  ou  $\text{PAH}$ ). Também, são observadas a formação e emissão de formaldeído.

A combustão do carvão mineral emite elementos-traço, estando alguns metais traço incluídos na lista de poluentes perigosos do *Clean Air Act Amendments* (1990). A quantidade de metais traço depende da temperatura de combustão, do mecanismo de alimentação de combustível e da composição do carvão. A temperatura determina o grau de volatilização do elemento traço contido no combustível.

No caso de óleos combustíveis, as características de combustão dos óleos destilados e residuais são bastante distintas e as respectivas queimas podem produzir emissões significativamente diferentes, como, por exemplo, no caso do material particulado: a queima de um óleo destilado, mais leve, resulta em formação de menos material particulado que a combustão de um óleo residual pesado.

Embora sejam significativas as emissões de material particulado em qualquer tipo de óleo combustível queimado, a composição é diferenciada para cada um deles. O material particulado emitido pela queima de óleo destilado constitui-se, basicamente, de partículas de carbono resultantes da combustão incompleta. Entretanto, as emissões provenientes da queima de um óleo residual estão relacionadas ao teor de enxofre e cinzas desse combustível.

As emissões de SO<sub>x</sub> são geradas durante a combustão pela oxidação do enxofre contido no óleo, são predominantemente formadas de SO<sub>2</sub> e totalmente dependentes do teor de enxofre do óleo utilizado, não sendo influenciadas pelo tipo de queima ou do equipamento. Em geral, 95% do SO<sub>x</sub> é convertido a SO<sub>2</sub>, 1 a 5% oxidado a SO<sub>3</sub> e cerca de 1 a 3% emitido como sulfato particulado. O SO<sub>3</sub> reage prontamente com o vapor d'água para formar ácido sulfúrico (USEPA, 1995).

Os óxidos de nitrogênio, basicamente NO (óxido nítrico) e NO<sub>2</sub> (dióxido de nitrogênio), são formados na câmara de combustão pela reação do nitrogênio atmosférico com o oxigênio existente no ar de combustão (NO<sub>x</sub> térmico) e, também, pela reação do nitrogênio contido no combustível (NO<sub>x</sub> do combustível) ou ligado às moléculas desse, ou mesmo, por reações entre o ar de combustão e radicais de hidrocarbonetos nele existentes.

O termo NO<sub>x</sub> refere-se aos compostos NO e NO<sub>2</sub>. O óxido nitroso, N<sub>2</sub>O, não está incluído. A emissão primária é principalmente óxido nítrico (NO).

Segundo o USEPA (AP-42), a formação de NO<sub>x</sub> térmico é afetada por 4 fatores: temperatura de "pico", concentração de nitrogênio no combustível, concentração de oxigênio e tempo de exposição à temperatura de "pico". Essa situação é observada para todos os combustíveis fósseis e qualquer mudança de temperatura, concentração de oxigênio ou tempo de residência em altas temperaturas aumentará significativamente a quantidade de NO<sub>x</sub> emitida.

Quanto ao N<sub>2</sub>O, seu mecanismo de formação ainda não está totalmente estudado. Segundo AP-42 da USEPA, suas emissões têm uma enorme variação e têm sido mostrados casos em que o N<sub>2</sub>O aumenta, quando a temperatura diminui.

Também nesse caso, as emissões de monóxido de carbono e hidrocarbonetos ocorrem e estão relacionadas à eficiência do processo de combustão.

Da mesma forma que com o carvão, são emitidos metais-traço.

Mesmo o gás natural sendo considerado um combustível mais limpo em relação ao carvão e/ou óleos combustíveis, algumas emissões são resultantes da sua combustão.

As principais emissões oriundas da queima do gás natural são os óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e, em menor escala, o monóxido de carbono (CO), compostos orgânicos voláteis (VOC), material particulado (MP) e óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>). Em termos de prevenção e controle, apenas o NO<sub>x</sub>, o CO e o VOC têm sido considerados.

As emissões de NO<sub>x</sub>, também aqui, dependem da temperatura de “pico” na câmara de combustão, da concentração de oxigênio, da concentração de nitrogênio e do tempo de exposição a altas temperaturas. Essas emissões variam consideravelmente com o tipo e tamanho do queimador, além das condições de operação tais como: temperatura, alimentação e quantidade do ar no equipamento.

Da mesma forma que para os outros combustíveis considerados, as emissões de CO e HC dependem da eficiência da combustão.

É importante ressaltar que, para todos os combustíveis fósseis, a maior parte do carbono emitida está na forma de CO<sub>2</sub> durante a combustão. Apenas quantidades menores são emitidas como CO, que posteriormente serão oxidadas a CO<sub>2</sub>.

- Levantamento das melhores tecnologias disponíveis para as tipologias industriais previstas

Na questão de poluição ambiental, o princípio da prevenção é a melhor medida a ser adotada: redução da geração de poluentes na fonte e não o tratamento pós-geração (US-EPA/AP-42, 1995). Sob a ótica do desenvolvimento sustentável, devem ser priorizadas as medidas de prevenção da poluição, privilegiando aquelas que eliminem ou reduzam a geração de poluentes e incentivando a adoção tecnologias mais limpas.

O conceito das melhores tecnologias disponíveis – *Best Available Techniques* (BAT) deve ser sempre utilizado. De acordo com a Comunidade Europeia, conceitua-se BAT como:

"*Melhores Técnicas*", o estágio mais eficiente e avançado no desenvolvimento de atividades e dos seus métodos de operação, que demonstre a aptidão prática de técnicas específicas para constituir, em princípio, a base de valores dos limites de emissão destinados a prevenir e, quando isso não é possível, em geral, para reduzir as emissões e o impacto sobre o meio ambiente, onde "*técnicas*" inclui tanto a tecnologia utilizada, como a forma que a instalação é projetada, construída, conservada, explorada e desativada; e "*técnicas disponíveis*" entende-se aquelas desenvolvidas em uma escala que possibilite a sua aplicação no setor industrial, sob condições econômica e tecnicamente viáveis, tendo em conta os custos e vantagens; e "*melhores técnicas disponíveis*", aquelas mais eficazes para se alcançar um nível geral elevado de proteção do ambiente como um todo.

Na Diretiva 96/61/EC da União Européia, os limites de emissão foram baseados nas melhores tecnologias disponíveis:

*"Considerando que os valores do limite de emissão, parâmetros ou medidas técnicas equivalentes deverão ser baseados nas melhores tecnologias disponíveis, sem prescrever a utilização de uma técnica ou tecnologia específica, e levando em conta as características técnicas da instalação em causa, a sua localização geográfica e as condições ambientais locais; considerando que em todos os casos, as condições de licenciamento deverão prever disposições relativas à minimização da poluição a longa distância ou transfronteiriças e garantir um nível elevado de proteção do ambiente como um todo".*

Nos EUA, o Clean Air Act estabelece que determinadas indústrias empreguem as "*Melhores Tecnologias de Controle Disponíveis*" (*Best Available Control Technology*) para controlar suas emissões:

*"... uma limitação de emissões com base no grau máximo de redução de cada poluente sujeito a uma regulamentação nos termos desta Lei..."*

Cabe mencionar que a legislação ambiental brasileira vigente, que estabelece limites de emissão para novas fontes fixas de emissão de poluentes atmosféricos, contempla a "*adoção de tecnologias de controle de emissão de poluentes atmosféricos técnica e economicamente viáveis e acessíveis e já desenvolvidos em escala que permitam sua aplicação prática*", ou seja, não são exigidas as "*melhores tecnologias*", mas as "*tecnologias economicamente viáveis*".

Também, nesse caso, é fundamentalmente importante a adoção do paradigma da Ecologia Industrial (EI), como vetor básico para orientar a concepção, a seleção e a

constituição das unidades industriais, visando compatibilizar competitividade e atitudes sustentáveis ambientalmente.

A Ecologia Industrial (EI) identifica e propõe novos arranjos para os fluxos de energia e materiais em sistemas industriais, buscando, além da integração das atividades econômicas, a redução da degradação ambiental — recursos e poluição. O alcance da EI é bastante vasto: da dimensão micro, ligada às vantagens econômicas, relativas à redução da geração de poluentes e aproveitamento de resíduos em outras unidades, até a dimensão macro, em que um novo paradigma econômico-ambiental é construído na direção das práticas de sustentabilidade (Costa, 2002).

Abrange, inicialmente, uma grande preocupação com o estudo das fontes energéticas, principalmente a capacidade de oferta de energia elétrica para atender à demanda crescente, a reciclagem de resíduos e a reorganização de atividades econômicas. Neste contexto, as unidades de produção (indústrias e processos) são consideradas como sistemas integrados e não isolados. Esta visão sistêmica permite pensar nas conexões entre as atividades produtivas como em uma rede, que busca otimizar o ciclo de materiais de forma a aproximar-se de um ciclo fechado, utilizar fontes de energia renováveis e conservar materiais não renováveis. É possível organizar todo o fluxo de matéria e de energia de maneira a tornar o sistema industrial um circuito quase inteiramente fechado. Neste ciclo é possível minimizar a quantidade total de rejeitos direcionados para a deposição de resíduos, focando não somente o controle de poluição nas plantas industriais, mas a minimização de rejeitos de todo o ecossistema industrial (LIMA/COPPE/UFRJ, 2009).

Um dos pressupostos adotados na Ecologia Industrial é a identificação das tendências tecnológicas e ambientais, devendo-se considerar as melhores tecnologias disponíveis (*Best Available Technology - BAT*) e, igualmente, as melhores tecnologias viáveis de controle ambiental (*Best Available Control Technology – BACT*).

- Caracterização das fontes e estimativa de emissões com base nas tecnologias adotadas

Considerando as tecnologias adotadas, torna-se necessário caracterizar, com base na literatura ou em experiências de outras atividades industriais já implantadas ou por meio de informação dos fabricantes de equipamentos, as características das fontes potenciais, bem como realizar a estimativa das emissões atmosféricas.

- Avaliação dos impactos cumulativos e sinérgicos com base em cenários (temporais, complementaridade de indústrias etc.)

Para realizar a avaliação da cumulatividade e sinergia das emissões das atividades que deverão compor o programa de investimentos previsto, todas as informações levantadas nos itens anteriores serão utilizadas.

Dentre as metodologias indicadas pela CEQ, a técnica de modelagem matemática apresenta-se como a ferramenta recomendada para quantificação dos impactos.

A aplicação da técnica de modelagem matemática requer uma série de informações que nem sempre estão disponíveis, dificultando e comprometendo a obtenção de resultados. Uma das maiores dificuldades encontradas, nos estudos que vêm sendo desenvolvidos, tem sido a obtenção de dados meteorológicos – insumo primordial para a ferramenta.

Atualmente, existe a opção de serem utilizados arquivos meteorológicos gerados por meio de modelagem numérica. A utilização de arquivos de dados meteorológicos provenientes de simulações com Modelos Numéricos de Previsão do Tempo (MNPT), em especial, os regionais, pode ser de grande utilidade prática. Estes arquivos podem ser suficientes para caracterizar as condições do tempo em localidades de interesse, especialmente quando não se dispõe de dados observacionais para este fim. Entretanto, a utilização dos MNPT precisa ser criteriosa.

Verifica-se que a utilização adequada de ferramentas de modelagem numérica não é simples e a obtenção de uma simulação que represente acuradamente o comportamento atmosférico pode ter alto custo. Portanto, em regiões onde há disponibilidade de dados observacionais, mesmo que somente em localidades adjacentes, estes podem consistir em opção mais viável e, até mesmo em alguns casos, mais representativa das condições climáticas na região de interesse.

É certo que o volume de informações provenientes de algumas estações meteorológicas é muito menor que o obtido com MNPT regionais, entretanto, este pode ser suficiente para a aplicação de interesse, especialmente em regiões onde não há grandes contrastes entre água e terra, a topografia não é complexa, apresentando poucas variações de relevo e a cobertura do solo é homogênea, características essas que favorecem um escoamento atmosférico bem comportado.

Assim, com base nas emissões atmosféricas já quantificadas e caracterizadas, além do arquivo meteorológico, é possível desenvolver um estudo de simulação da dispersão de poluentes. Os resultados de concentração estimados, adicionados às

concentrações de *background* da região, são remetidos aos padrões de qualidade do ar de longo período, estabelecidos para proteção da saúde humana<sup>4</sup>.

- Estabelecimento do % de comprometimento máximo do PQar

Na análise dos impactos cumulativos é importante avaliar as concentrações médias, de longo período, uma vez que essas refletem a situação média predominante em termos de dispersão de poluentes atmosféricos na região, mais provável de ocorrer. Os picos de concentração de curto período refletem situações consideradas pelo modelo de simulação como extremamente desfavoráveis à dispersão de poluentes no ar, que podem, eventualmente, vir a ocorrer na região.

No sentido de não comprometer a capacidade de suporte do meio, há que ser estabelecido um patamar de comprometimento máximo do padrão de qualidade do ar, que deve ser considerado pelos tomadores de decisão, em função dos usos pretendidos, bem como da proximidade da população.

Para o caso de não atendimento à faixa do padrão de qualidade do ar estabelecida será necessário reavaliar as tecnologias adotadas, combustíveis, práticas operacionais, tecnologias de controle, matérias-primas etc., para enquadramento no limite permitido.

Nos EUA, em 1977, o *Clean Air Amendments* (Stern, 1984) definiu níveis de qualidade do ar que não poderiam ser excedidos em áreas específicas, como uma maneira de prevenção da deterioração de áreas frágeis. Esses limites foram chamados de “*incrementos*” sobre a *baseline* de qualidade do ar e parecem cumprir a função de um padrão terciário de qualidade do ar. São valores de concentração bem mais baixos que os padrões primários ou secundários e diferem para cada classe (I, II ou III), como no Brasil. Para tal, é necessário que os estados enquadrem suas áreas nas classes de uso previstas na Resolução CONAMA 05/89, mencionadas no item 2, subitem 2.3.

- Estabelecimento de um Plano de Gestão da Qualidade do Ar

É importante destacar o caráter dinâmico, contínuo, permanente e participativo de um Plano de Gestão. Segundo Verocai (2007), “*a elaboração de um plano ou programa de ação constitui apenas a etapa inicial do processo de planejamento, que deve prever mecanismos de constante revisão e avaliação, na medida em que os problemas ambientais são de solução complexa e que os sistemas ambientais estão*

---

<sup>4</sup> Resolução CONAMA 03/90

*em constante evolução por conta das alterações, previsíveis e imprevisíveis, sofridas pelos fatores que interferem em seu funcionamento”.*

O Plano de Gestão da Qualidade do Ar, com certeza, estará inserido num Plano de Gestão Ambiental mais amplo, envolvendo todos os recursos naturais. Deve ser elaborado com base em: sistema de monitoramento integrado da qualidade do ar, monitoramento contínuo das principais fontes de emissão, monitoramento periódico das emissões e monitoramento de parâmetros meteorológicos, cujos resultados gerados são enviados a um Centro Operacional de Gestão, com pessoal capacitado para propor e estabelecer medidas preventivas com base em previsão meteorológica e da qualidade do ar.

Dentro de um processo contínuo, especial atenção deve ser dada à redefinição dos objetivos do plano de gestão ambiental e estabelecimento das metas de qualidade ambiental, tanto com base nos resultados do diagnóstico (caracterização da qualidade do ar), quanto do prognóstico (percepção de alguma tendência de degradação da qualidade do ar antes não conhecida), pois pode haver a necessidade de se afinarem os objetivos específicos do plano. Para cada redefinição de objetivos, o programa, com suas respectivas metas deverão ser revistos e nova avaliação de impactos cumulativos elaborada.

É recomendável que seja estabelecido um plano de gestão compartilhado pelas empresas implantadas, ou a se implantar na região, e o órgão ambiental licenciador, com a finalidade de avaliar a implantação do programa e metas propostas, sua articulação com outros órgãos do governo e com as ações previstas em outros planos e programas existentes para a região.

- Diretrizes e Recomendações

Nesse quadro é necessário que um conjunto de medidas seja tomado no sentido da gestão da qualidade do ar, com destaque, sempre, para a adoção de combustíveis mais limpos. Além dessa premissa, todas aquelas estabelecidas devem, também, ser priorizadas.

São necessários esforços tanto na esfera empresarial, quanto na governamental, para operacionalizar as ações para que sejam alcançados os objetivos pretendidos. Assim, recomenda-se que na fase de licenciamento sejam levadas em conta todas as considerações feitas na fase de planejamento, bem como, todos os programas e respectivas metas estabelecidas no plano de gestão, incluindo cronograma.

- Programa de acompanhamento de objetivos e metas

Após iniciada a implementação do plano de gestão ambiental, seus resultados devem ser acompanhados, de modo que possam ser periodicamente avaliados, em função dos objetivos e das metas de qualidade ambiental que foram estabelecidos. Tal avaliação é de grande utilidade para reorientar ações, corrigir e adaptar o processo de planejamento ambiental, quando necessário, uma vez que são frequentes as alterações do meio. Deve ser levado em conta que não só a região está sujeita a alterações naturais, como também as variáveis políticas, econômicas e culturais quase sempre se mostram diferentes das tendências que norteiam as propostas de planejamento. Segundo VEROCAI (2007):

*“o caráter dinâmico do planejamento ambiental permite ainda lidar com as incertezas inerentes ao comportamento dos sistemas ambientais. As respostas em termos de melhorias da qualidade de um componente ambiental, além de demoradas, nem sempre podem ser estimadas com precisão, dada a complexidade dos fatores que determinam seu comportamento”.*

- Programas de monitoramento

A implantação de um programa de monitoramento das emissões atmosféricas em um complexo produtivo potencialmente poluidor da atmosfera é um requisito fundamental para a efetiva gestão da qualidade do ar de sua área de influência direta, além de permitir um acompanhamento eficaz da conformidade e evolução de suas emissões e desempenho dos sistemas de controle de emissões.

A medição e a análise sistemática das emissões possibilitam, ainda, a realização de ajustes do processo produtivo e dos sistemas de controle associados, reduzindo perdas e desconroles operacionais, que, em geral, provocam aumento na geração e emissão de poluentes atmosféricos.

Dentre os vários objetivos do monitoramento da qualidade do ar, podemos citar os principais:

- acompanhar sistematicamente a qualidade do ar, comparando os resultados obtidos com os limites preconizados como padrões na legislação em vigor;
- viabilizar a elaboração de diagnóstico e/ou prognóstico da qualidade do ar, subsidiando ações no que diz respeito ao controle das emissões;
- identificar os aspectos meteorológicos da região e sua interação com a qualidade do ar;
- indicar a eficácia das estratégias de controle implantadas;

- testar e aferir os modelos de dispersão a serem aplicados na região;
  - avaliar a implementação dos programas de gestão da qualidade do ar em áreas degradadas e não degradadas; e
  - fomentar projetos e pesquisas com vistas à saúde e melhoria da qualidade de vida da população.
- Avaliação dos ganhos ambientais

O plano de gestão da qualidade do ar deve prever mecanismos de constante revisão e avaliação, na medida em que os problemas de poluição do ar são de solução complexa e que as tecnologias empregadas, tanto nos processos produtivos, quanto nos sistemas de controle, além dos combustíveis, estão em constante evolução. Sobretudo, é relevante a identificação dos ganhos ambientais obtidos com a implantação do sistema de gestão ambiental para acompanhamento dos objetivos e metas de melhoria da qualidade do ar estabelecidos no PQAr. Dessa forma, é sugerido que se realizem auditorias no sentido de “*determinar a extensão na qual os critérios preestabelecidos são atendidos*” (ISO 19011).

Ainda, deve apresentar evidências e avaliação do desempenho ambiental, incluindo as não-conformidades e conformidades mais significativas, as ações corretivas e preventivas e as oportunidades de melhorias. A avaliação da gestão e do desempenho ambiental deve ser baseada nos indicadores ambientais estabelecidos para acompanhamento das emissões e da qualidade do ar, destacando-se as tendências e eventos não usuais.

No contexto de aplicação da Avaliação Ambiental Estratégica enquanto apoio ao planejamento e às decisões envolvendo o Plano de Gestão da Qualidade do Ar, na Figura 11 tem-se a estrutura metodológica proposta para o desenvolvimento do Modelo de Gestão Preventivo.



**Figura 11: Representação Esquemática do Modelo de Gestão Preventivo**

Fonte: Elaboração própria

### **3.2 Modelo de Gestão da Qualidade do Ar – Corretivo**

Uma situação bastante comum em várias regiões do país, principalmente nas áreas suburbanas das grandes metrópoles, é a existência de regiões cujos padrões de qualidade do ar são frequentemente ultrapassados e não há qualquer plano de melhoria. De uma maneira geral, o crescimento desordenado, a falta de planejamento, o descontrole sobre a ocupação urbana, a ausência de fiscalização por parte dos governos colaboram para que determinadas áreas atinjam níveis elevados de degradação ambiental. A recuperação dessas áreas é meta de longo prazo, qualquer que seja o recurso ambiental abordado.

Tal quadro também cria sérias restrições à implantação de novos empreendimentos nessas regiões que, em geral, se configuram como de grande atratividade para novas atividades industriais, devido à logística do fornecimento de matérias-primas e proximidade do mercado consumidor. Além disso, impede que as empresas já instaladas avaliem possibilidades de ampliação e diversificação da produção, uma vez que incorrerão em alterações das taxas de emissão de poluentes estabelecidas, provocando, certamente, sérias consequências à qualidade do ar.

Identificam-se, na maioria dos casos, que muitas das atividades industriais são anteriores à vigência de legislação ambiental e, durante muitos anos, jamais estiveram sob o poder fiscalizatório de um órgão ambiental. A regulação ambiental surgiu tardiamente à formação de pólos industriais e alguns processos produtivos, até o momento, não conseguem se enquadrar no mínimo aceitável de eficiência de controle de suas emissões. Evidentemente, os custos necessários para atingir aos padrões posteriormente estabelecidos são, em geral, bastante elevados. Há situações, inclusive, em que a obsolescência tecnológica demanda a troca efetiva de equipamentos para se obter reduções significativas de emissões.

Quanto ao licenciamento ambiental, verifica-se que, nos dias de hoje, praticamente todos os empreendimentos possuem as respectivas Licenças Ambientais. É importante ressaltar que, no atual contexto, alguns empreendimentos estiveram sujeitos à apresentação de EIA/RIMA para obtenção de sua Licença. Contudo, como é de praxe, jamais foi realizada qualquer avaliação dos impactos cumulativos e sinérgicos nos estudos apresentados. Assim, cada empreendimento foi licenciado como se estivesse totalmente isolado na região, sem qualquer interferência de outras fontes de emissão.

Também, é fato que tais atividades industriais, nos primórdios, optaram por regiões mais afastadas de núcleos populacionais. Entretanto, o crescimento desordenado da malha urbana teve como consequência a ocupação do entorno de

pólos industriais, levando à situações comumente percebidas — contingentes populacionais vivendo lado-a-lado com indústrias de alto potencial poluidor e, em muitos casos, expostos a sérios riscos.

Diante de tais características, comuns a muitos pólos industriais no país, propõe-se um Modelo de Gestão da Qualidade do Ar, que se constitui num conjunto de ações para se alcançar a qualidade ambiental adequada, como a seguir detalhado.

É primordial o estabelecimento de um Programa de Gestão da Qualidade do Ar (PGQAr), estruturado num contexto mais amplo, que incorpore ou se articule com os planos, programas ou projetos governamentais ou não governamentais e com outras ações previstas para a região, bem como com as exigências e condicionantes das Licenças Ambientais e medidas compensatórias, envolvendo empreendimentos e diferentes iniciativas do setor privado.

Assim, na estruturação do PGQAr, o dimensionamento do controle de emissões das atividades produtivas deve ser adequado ao atendimento da base legal. Para isso, é preciso avaliar os limites de emissão das fontes potenciais à luz dos impactos a serem causados na qualidade do ar da região, considerando-se a cumulatividade e sinergia das emissões, visando à prevenção e ao controle das ameaças e riscos à saúde humana. Devem ser incorporadas, também, as fontes móveis.

O PGQAr deve ser avaliado e aprovado pela autoridade competente e após iniciada sua implementação, os resultados devem ser acompanhados e, periodicamente, avaliados, em função dos objetivos e das metas estabelecidas. A partir da avaliação, algumas ações podem ser reorientadas, corrigindo e adaptando o processo de planejamento ambiental às freqüentes alterações da realidade.

A formação de uma “Gestão Compartilhada” é recomendável, com a participação dos representantes das empresas, de órgãos representativos de classe e do órgão ambiental, com capacidade de acompanhar o progresso do PGQAr e, ao mesmo tempo, as propostas de implantação de novas atividades industriais com potencial poluidor do ar.

O PGQAr deve ser elaborado com base em um sistema de monitoramento integrado da qualidade do ar, monitoramento contínuo das principais fontes de emissão, monitoramento periódico das emissões e monitoramento de parâmetros meteorológicos, cujos resultados gerados devem ser enviados a um Centro Operacional de Gestão, com pessoal capacitado para avaliar as metas de qualidade propostas e estabelecer medidas preventivas com base em previsão meteorológica e da qualidade do ar.

A seguir, as principais etapas da estrutura do PGQAr proposto:

- Diagnóstico da qualidade do ar e caracterização climatológica

O diagnóstico objetiva determinar o grau de comprometimento de uma região com a poluição do ar, pela análise dos níveis de concentração de poluentes presentes.

A melhor maneira de se elaborar um diagnóstico é a partir do monitoramento da qualidade do ar. Quando isso não é possível, utilizam-se métodos preditivos, com base em modelos matemáticos. Entretanto, no caso em questão, não é o mais adequado, uma vez que o monitoramento existente se constitui em uma das ferramentas mais importantes para o processo de gestão – sem acompanhamento da eficácia das ações implantadas, não há como avaliar os resultados daí decorrentes.

A qualidade do ar de uma região é o resultado de um sistema complexo, envolvendo a emissão de poluentes atmosféricos, juntamente com as condições físicas e meteorológicas incidentes, determinando a concentração de contaminantes presentes na atmosfera. Para que se possa gerir eficientemente a qualidade do ar é preciso conhecer, com razoável profundidade, tais variáveis e suas relações entre si e com os demais compartimentos ambientais.

O monitoramento da qualidade do ar e das condições meteorológicas deve abranger a região de estudo e sua área de influência.

- Inventário de emissões

Complementarmente às informações sobre a qualidade do ar, deve ser elaborado um minucioso inventário de emissões das empresas ali localizadas.

Para a gestão da qualidade do ar é fundamental não só a definição das áreas mais impactadas, como, também, a identificação, qualificação e quantificação das fontes emissoras de poluentes atmosféricos.

O inventário de fontes de emissão de poluição atmosférica constitui um dos instrumentos de planejamento dos mais úteis, uma vez que define qualitativa e quantitativamente as atividades poluidoras do ar e fornece informações sobre as características das fontes, definindo localização, magnitude, frequência, duração e contribuição relativa das emissões.

Fornecer, como consequência, a possibilidade de elaboração de diagnósticos que fortalecem, por conseguinte, as tomadas de decisão relativas ao licenciamento de atividades poluidoras e as eventuais ações de controle necessárias.

- Levantamento das oportunidades de redução das emissões

Com base nas informações consolidadas do inventário de emissões é possível comparar as emissões de cada tipologia com as melhores técnicas utilizadas, tanto no nível nacional, quanto em relação a outras fontes de empreendimentos similares em operação em outros países, consideradas como referenciais de qualidade ou *benchmark*.

Desse modo, as oportunidades de melhorias operacionais são avaliadas à luz das tecnologias mais modernas disponíveis, com vistas à identificação das possibilidades de redução das emissões, quer seja pela substituição de combustíveis, pela intervenção no processo produtivo, na gestão ou na implantação ou incremento da eficácia dos sistemas de controle, em consonância com a viabilidade econômica e segurança tecnológica.

Também, é recomendável que se aplique o comércio de emissões, como forma de abatimento das emissões, ou seja, a introdução de instrumentos econômicos no processo de gestão.

- Avaliação custo-benefício das medidas elencadas

Ao se avaliar as várias alternativas de redução de emissões, deve ser realizada uma análise de custo-benefício, de maneira a encontrar a que reverteria no maior benefício para a qualidade do ar, com os menores custos.

Deve-se ressaltar que as ações de controle dependem do conhecimento da natureza e extensão do problema de poluição do ar, de acordo com a região em estudo. Este conhecimento inclui revisão dos níveis existentes dos poluentes, as fontes e suas emissões, a tecnologia disponível para seu controle e o aumento provável dessas emissões, em função do crescimento urbano e econômico. O levantamento de emissões, nesse caso, identifica os maiores contribuintes, permitindo priorizar os esforços de controle. Dessa forma, tendo-se identificado o problema e verificado a necessidade de redução das emissões, deverá ser elaborada uma estratégia de controle, baseada na aplicação de tecnologia e de instrumentos econômicos, cuja eficácia deverá ser testada com o auxílio de modelos de simulação, ou outro procedimento, que indique a melhor forma de atender aos níveis de qualidade do ar definidos na legislação.

- Avaliação dos impactos cumulativos e sinérgicos

Partindo-se do conjunto de possibilidades de redução de emissões devem ser identificados os reais efeitos a serem causados na qualidade do ar da região e sua área de influência, considerando a adoção das medidas empregadas.

Para tal, a avaliação dos impactos cumulativos e sinérgicos na qualidade do ar da região de estudo deverá utilizar da técnica de modelagem matemática, que é uma ferramenta analítica que permite a quantificação dos impactos que podem afetar o meio ambiente.

É de grande valia a utilização da ferramenta de cenários para as projeções realizadas no desenvolvimento das ações de curto, médio e longo prazos.

De acordo com LIMA/COPPE/UFRJ (2008):

*“cenários são descrições, histórias de futuro coerentes, internamente consistentes e plausíveis. Não constituem previsões exatas, mas sim retratos do futuro, nos quais algumas projeções fazem sentido, a partir de determinadas hipóteses. Cada cenário é uma imagem e uma trajetória de como o futuro pode ser e é útil para mostrar como certas alternativas podem influenciar as condições futuras, em um dado sistema”.*

- Estabelecimento de metas de redução de curto, médio e longo prazos

Com base na avaliação dos impactos cumulativos e sinérgicos, serão estabelecidas metas de qualidade ambiental, avaliando-se a exequibilidade de atendimento. As alternativas de ação que porventura sejam identificadas devem ser avaliadas em termos dos resultados de sua implementação, com vista ao cumprimento das metas de qualidade ambiental.

O meio de verificação do cumprimento de tais metas, associado a cada um dos objetivos de redução de emissões específicos, deve ser quantitativo, referindo-se os respectivos parâmetros indicadores aos resultados do monitoramento de base.

- Negociação entre os atores envolvidos

Cada ação deve ser discriminada em termos de responsabilização do ente da atividade encarregada de executá-la. É importante envolver o órgão ambiental, para que, no exercício de suas atribuições, participe da implementação dessas ações, bem como acompanhe o cumprimento das metas. Verocai (2007) sugere que *“devem ser identificados os instrumentos legais complementares, assim como os recursos técnicos, humanos e financeiros que os viabilizem”.*

- Avaliação dos ganhos ambientais

A avaliação dos ganhos ambientais decorrentes da estratégia de redução de emissões proposta deve ser realizada por meio de avaliações sistemáticas dos impactos cumulativos e sinérgicos na qualidade do ar da região.

Novamente, a recomendação recai sobre a utilização da ferramenta de modelagem matemática.

- Diretrizes e Recomendações

Atenuar os impactos identificados, mesmo os que antecedem aqueles verificados com a implantação de novos empreendimentos, de forma a potencializar as oportunidades para o desenvolvimento socioeconômico e promover a melhoria da qualidade ambiental na região onde as diversas iniciativas se inserem.

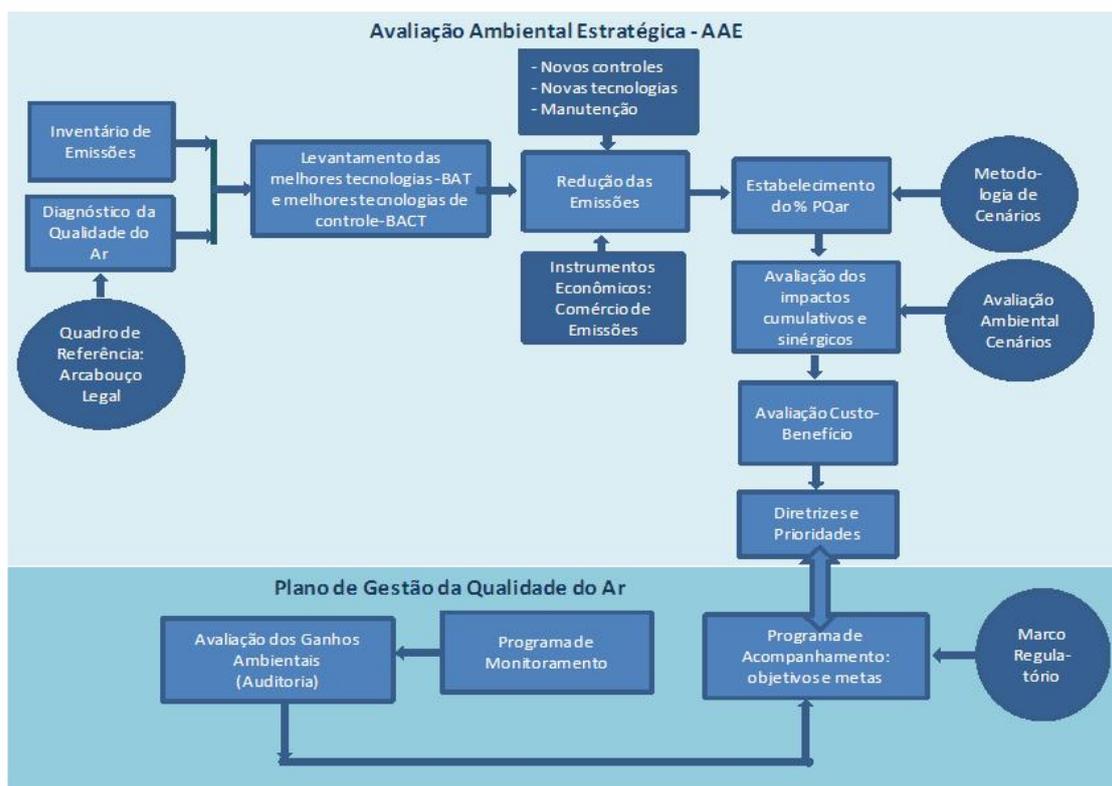
A estruturação de um Plano de Gestão é uma estratégia para garantir a qualidade ambiental e de vida da população da região. Visa otimizar, em especial, a identificação e priorização de ações de controle, programas de mitigação e/ou compensação dos impactos cumulativos e sinérgicos e dos riscos ambientais provenientes das diferentes iniciativas previstas e existentes.

É necessário que um conjunto de medidas seja tomado no sentido da gestão da qualidade do ar, com destaque, para a redução das emissões, incluindo compensação de emissões.

São necessários esforços tanto na esfera empresarial quanto na governamental para operacionalizar as ações para que sejam alcançados os objetivos pretendidos. Assim, recomenda-se que na fase de licenciamento sejam consideradas todas as alternativas levantadas, bem como todos os programas e respectivas metas estabelecidas no plano de gestão, incluindo cronograma.

As demais etapas “Programa de acompanhamento de objetivos e metas”, “Programas de monitoramento” e “Avaliação dos ganhos ambientais” seguem conforme descrito na abordagem preventiva.

Assim, da mesma forma, no contexto de aplicação da Avaliação Ambiental Estratégica enquanto apoio ao planejamento e às decisões envolvendo o Plano de Gestão da Qualidade do Ar, na Figura 12 tem-se a estrutura metodológica proposta para o desenvolvimento do Modelo de Gestão Corretivo.



**Figura 12: Representação Esquemática do Modelo de Gestão Corretivo**

Fonte: Elaboração própria

### 3.3 Aspectos Institucionais

A aplicação do modelo de gestão da qualidade do ar parte da adoção da AAE, de acordo com seu caráter de instrumento facilitador da abordagem das questões ambientais em processos de planejamento, concebido para atuar *ex-ante* a tomada de decisão, de forma a assegurar um percurso tendente à sustentabilidade.

A AAE deve ser institucionalizada como instrumento de gestão ambiental, integrada aos processos de tomada de decisão sobre os planos de desenvolvimento setorial, programas, grupos de projetos de infraestrutura e projetos estruturantes, de acordo com os princípios da sustentabilidade nos diferentes níveis de planejamento. Sua aplicação deve se dar tanto no âmbito do Governo Federal, quanto nas demais instâncias, seguindo, preferencialmente, as hierarquias de decisão.

A AAE apresenta transversalidade na medida em que se aplica a diversos setores e envolve várias esferas de governo, abrangendo a avaliação de uma gama de temáticas ambientais. Assim, tem-se o entendimento que o documento referencial seja proposto pelo MMA, com sua participação e liderança na condução do processo de elaboração.

Uma vez que na seqüência de políticas, planos e programas estão os projetos, necessários para sua implementação, a integração da AAE com diferentes instrumentos aplicados em níveis distintos pode auxiliar no licenciamento, contribuindo para identificar a viabilidade de projetos, acelerar a aprovação de projetos vinculados a PPPs e avaliar impactos cumulativos de projetos inseridos numa mesma região.

A relação da AAE com a AIA é fundamental, pois possuem uma raiz comum, a avaliação de impactos, mas um objeto de avaliação diferente. A AAE avalia estratégias de desenvolvimento futuro com um elevado nível de incerteza e a AIA, por sua vez, avalia propostas e medidas concretas e objetivas para execução de projetos (Partidário, 2000; Partidário, 2007).

A AAE, com seu enfoque mais estratégico e abrangente, supre deficiências dos EIA de projetos, uma vez que estabelece melhores condições para a avaliação de impacto ambiental de projetos estruturantes, trazendo uma série de benefícios (LIMA/COPPE/UFRJ, 2007).

Assim, torna-se necessária a vinculação da AIA à AAE. Dessa forma, propõe-se a criação de uma Resolução CONAMA, a ser discutida em grupo de trabalho a ser instituído, com o objetivo de incorporar as diretrizes e recomendações que constam da AAE.

Da mesma forma, sugere-se que a adoção de instrumentos econômicos seja regulamentada por meio de Resolução CONAMA, que também contará com GT específico para discussão.

Quanto aos princípios da Ecologia Industrial, conceitos de BAT e BACT esses poderão ser contemplados nos respectivos termos de referência para elaboração das AAE e AIA.

#### **Capítulo 4: Aplicações no Estado do Rio de Janeiro**

Este capítulo apresenta a aplicação dos modelos de gestão, de forma a auxiliar os tomadores de decisão a inserir a questão da qualidade do ar desde a fase de planejamento dos empreendimentos. Embora o País faça uso de avaliação ambiental dos empreendimentos, não leva em conta a avaliação do potencial de impacto cumulativo causado na qualidade do ar quando da inserção de atividades industriais em áreas já degradadas ou, ainda, desabitadas. Neste contexto, as avaliações assumem um caráter limitado, ficando restritas ao licenciamento ambiental, com algumas recomendações durante esse processo, que acontece somente no nível de projeto. Conseqüentemente, esse quadro apresenta problemas relevantes, tais como a insuficiência do licenciamento ambiental para encaminhar questões socioambientais do desenvolvimento econômico em áreas com grande deterioração da qualidade do ar, com vocação industrial e que continuam a incluir novos empreendimentos e avançar sobre áreas de novas fronteiras, além de outras que, sem qualquer planejamento, tendem a abrigar grandes pólos industriais e, muitas vezes, não são constituídas de características favoráveis para tal.

São apresentadas duas abordagens que se referem a situações que ocorrem no Estado do Rio de Janeiro: a implantação do Complexo Industrial do Açú e o Pólo Gás-Químico de Duque de Caxias.

O Complexo Industrial do Açú, embora tenha algumas de suas unidades licenciadas, encontra-se, ainda, em fase de planejamento. Está prevista a instalação de uma série de indústrias de alto potencial poluidor, em região, ainda, sem qualquer influência de emissões industriais ou veiculares. Nesse caso, a avaliação *ex-ante* objetiva identificar, antes da implementação de qualquer plano ou programa de investimentos, em prazo adequado e em tempo hábil, as principais decisões de natureza estratégica, *que vêm sendo e serão ainda tomadas, de forma a orientar e otimizar sua inserção regional e a qualidade socioambiental.*

O Pólo Gás-Químico encontra-se totalmente implantado, tendo iniciado suas atividades industriais nos anos de 1960, anteriormente à legislação ambiental. A região onde se encontra, atualmente, é considerada a de pior qualidade do ar no Estado. No contexto de uma avaliação *ex-post* será avaliado um modelo de gestão da qualidade do ar que permita a continuidade do desenvolvimento da região, com redução de danos à saúde da população vizinha.

#### **4.1 Abordagem Preventiva - Complexo Industrial do Açú**

O Complexo Industrial do Açú, localizado na Região Norte Fluminense, consta de um convênio entre os Estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, com o principal objetivo de escoar a produção de minério de ferro por meio de um mineroduto (TETRAPAN, 2009). O sistema se destaca por suas extensas reservas de cerca de 2 bilhões de toneladas de minério de ferro localizadas em Minas Gerais, escoando essa produção por mineroduto, o maior do mundo, com 525 quilômetros de extensão e atravessando 32 municípios – com capacidade de transportar 26,5 milhões de toneladas de minério de ferro por ano, ligando essas reservas minerais ao Complexo do Açú, litorâneo.

Na região do Açú, inicialmente, foi prevista a implantação do porto e do mineroduto. Em seqüência, diretamente associado às futuras instalações do Porto do Açú, foi iniciado o processo de licenciamento ambiental de uma UTE a carvão na mesma área onde se previa a implantação de um complexo industrial, com unidades de estocagem de minério e granéis, de peletização, entre outras. Neste sentido, navios que exportam cargas de minério terão a oportunidade de retornar ao país com cargas de carvão para a UTE, otimizando assim as operações de exportação e importação.

Até então, a área selecionada para a implantação do Complexo é formada por fazendas de gado, sem a influência de fontes industriais de emissão de poluentes, ou de veículos automotores, consistindo numa região de baixíssima ocupação.

Atualmente, encontram-se em processo de construção o Terminal Portuário e o mineroduto e, ainda em fase de licenciamento, a UTE a carvão e a retroárea. Todos esses empreendimentos estiveram sujeitos à apresentação da EIA/RIMA quando da obtenção da Licença Prévia.

O presente estudo aborda a questão da implantação do Complexo do Açú, com base em premissas a serem estabelecidas para as emissões atmosféricas, de forma a se garantir a qualidade do ar dentro dos limites fixados como seguros para a saúde.

##### **4.1.1 – Caracterização da Região**

Estendendo-se desde o litoral até os limites dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, a Região Norte Fluminense possui uma área de 9.730 km<sup>2</sup> e uma população de 801.271 mil habitantes. Abrange os municípios de Campos dos Goytacazes dos Goytacazes, Cardoso Moreira, Conceição de Macabú, Macaé,

Quissamã, São Fidélis, São João da Barra, Carapebus e São Francisco de Itabapoana.

O Norte Fluminense se estruturou em função de uma atividade agrária importante — o cultivo e o processamento da cana-de-açúcar. Entretanto, por não acompanhar a evolução tecnológica e a reestruturação fundiária, consolidou-se como um setor sucroalcooleiro que não atingiu os níveis de modernização, eficiência, competitividade e capitalização observados em outras áreas canavieiras nacionais.

A essa trajetória sucroalcooleira associou-se, a partir da década de 1970, outro produto, o petróleo, que vem apresentando importância crescente na economia regional, colocando-a, assim, como uma das principais regiões do Estado do Rio de Janeiro.

A Bacia de Campos, hoje, se destaca pela sua elevada contribuição no cenário de reservas, produção de petróleo e gás natural para o País, com 48,6% das reservas de gás natural e 83,5% das reservas de petróleo.

Nos últimos anos, com a instalação do terminal da PETROBRAS, no município de Macaé, a região passou a ter sua economia centrada no setor industrial, comercial e de serviços. Esse contínuo crescimento da economia tem contribuído para a gradual degradação da qualidade do ar.

Recentemente, da mesma forma como vem ocorrendo em outras áreas do Estado, na região de Macaé houve a implantação de grandes centrais de geração de energia elétrica que utilizam gás natural como combustível (UTE), cujos impactos na qualidade do ar podem ser significativos.

Dentre as 24 usinas de açúcar que existiam na década de 1970 no norte fluminense, apenas 7 continuam em funcionamento, com operação abaixo da capacidade instalada: 5 em Campos dos Goytacazes, 1 em São Fidélis e 1 em São João da Barra.

O município de São João da Barra conta ainda com uma fábrica empacotadora de leite; uma indústria de bebidas que emprega, aproximadamente, 100 funcionários e tem boa parte de seus produtos exportados; uma indústria de tecelagem empregando cerca de 50 funcionários; uma recém construída usina de asfalto; uma usina de moagem de cana-de-açúcar; fazendas de criação de gados bovino e ovino, caprinocultura, haras, criação de tilápias em cativeiro, criação de avestruzes, olarias, extração de areia fina para argamassa, areia de rio e barro, além de estaleiros artesanais, que mantém viva a tradição dos antigos artífices carpinteiros.

O comércio está presente na sede, tanto no único *shopping* do centro da cidade quanto em vários outros pontos e Distritos do município, assim como serviços diversificados.

No setor agrícola, destaca-se como o maior produtor de quiabo e maxixe do Estado, além da produção de frutas — abacaxi e coco.

A produção de doces caseiros provenientes da cultura da goiaba é tradição do município e abastece o mercado regional, assim como a extração da taboa para fins artesanais, que é abundante no 5º Distrito.

A população ocupada no município de São João da Barra totalizava 102 mil pessoas, em 2000, representando 37% da população total, tendo obtido crescimento de 3,17%a.a. no período intercensitário, maior que o ritmo da evolução populacional no período (CRA, 2008).

A área apresenta um mosaico relativamente pobre de usos do solo, com monocultura de cana-de-açúcar, alguns focos de coco e banana, pastagens, e, mesclados às dunas, fragmentos vegetais de restinga e áreas alagáveis.

O uso e a cobertura do solo estão intimamente ligados à sua topografia. Ou seja, seu território é pouco acidentado e próximo ao nível do mar, sendo formado em sua grande parte por planícies. Devido a essas características, seu solo é de alta fertilidade, muito propício à atividade agrícola, à exceção das áreas das dunas.

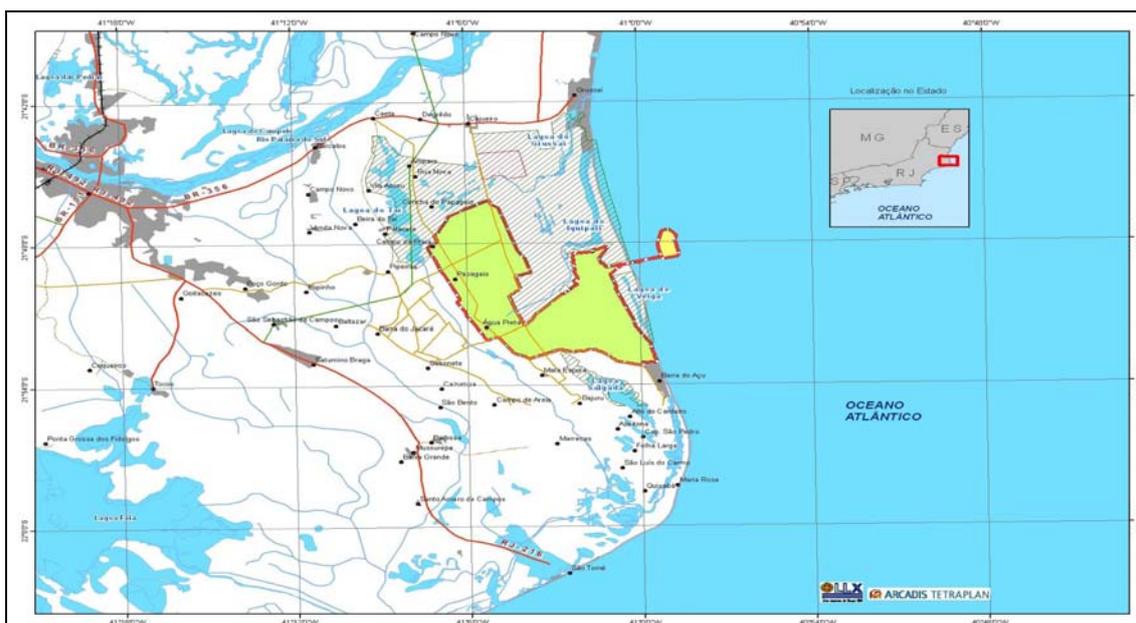
Em 2008, alguns empreendimentos de grande porte obtiveram licença ambiental na região do Açú, iniciando o que viria a compor, mais tarde, o chamado “Complexo Açú”. Esse Complexo possui vários componentes entre atividades produtivas da cadeia minero-metálica e infraestrutura econômica, com logísticas variadas, todos de grande porte.

Está sendo construído o “Porto do Açú”, com 6 berços de atracação de navios *off-shore*, com acesso por meio de um canal, de 21 metros de profundidade, que receberá navios de grande porte, com capacidade para transportar até 250 mil toneladas. Contará, ainda, com 4 berços para atracação de embarcações de apoio às atividades de exploração de petróleo que ocorre na região.

Na extensa área de retro-porto, com mais de 7,5 mil ha, um conjunto de atividades complementares associadas à infraestrutura econômica e às produtivas será implantado. Dessa forma, *“tendo como empreendimento núcleo estruturante um novo corredor logístico, representado por um porto associado ao hinterland de minérios, aliado a terminais diversificados e à geração de energia, desencadeiam-se externalidades para um parque produtivo orientado para o mercado externo”* (TETRPLAN, 2009).

Com essa atratividade, em áreas de retro-porto, segmentos da cadeia mineral – pelotização e um conjunto de outros empreendimentos complementares, a montante e jusante dessa atividade, serão aí implantados. Entre esses, podem ser citados siderúrgicas, cimenteiras, usinas geradoras de energia elétrica, produção de automóveis e outros.

A Figura 13 apresenta a região onde será inserido o Complexo, bem como sua área de implantação, destacada em verde



**Figura 13 – Área do Complexo do Açú**

Nesse contexto, o projeto do Complexo Industrial e Portuário do Açú adotou o paradigma da Ecologia Industrial (EI) como vetor básico para orientar a concepção, a seleção e a constituição das Unidades do Complexo, visando compatibilizar competitividade e atitudes sustentáveis ambientalmente.

#### **4.1.2 – Caracterização e Diagnóstico da Qualidade do Ar**

O monitoramento da qualidade do ar na região do Açú, São João da Barra, vem sendo realizado há pouco mais de um ano, por meio de uma estação automática, de medição contínua de partículas inaláveis, partículas totais em suspensão, monóxido de carbono, dióxido de nitrogênio, monóxido de nitrogênio, dióxido de enxofre, ozônio, hidrocarbonetos totais, metano e hidrocarbonetos não metano. Além destes parâmetros, a estação de monitoramento registra dados meteorológicos de direção e velocidade dos ventos, temperatura, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, radiação solar incidente e precipitação pluviométrica.

Na Figura 14 pode ser observada a localização da estação de monitoramento instalada em Água Preta, município de São João da Barra (Coordenadas UTM 285.823 E; 7.582.901 N), em relação ao empreendimento. O local da estação dista, aproximadamente, 7 km a W (oeste) do local proposto para a instalação do Complexo Açú.



☀ Estação Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar e Meteorologia

#### **Figura 14 – Localização da Estação de Monitoramento da Qualidade do Ar e Meteorologia**

Fonte: CRA/2010

##### **4.1.2.1 - Partículas em suspensão**

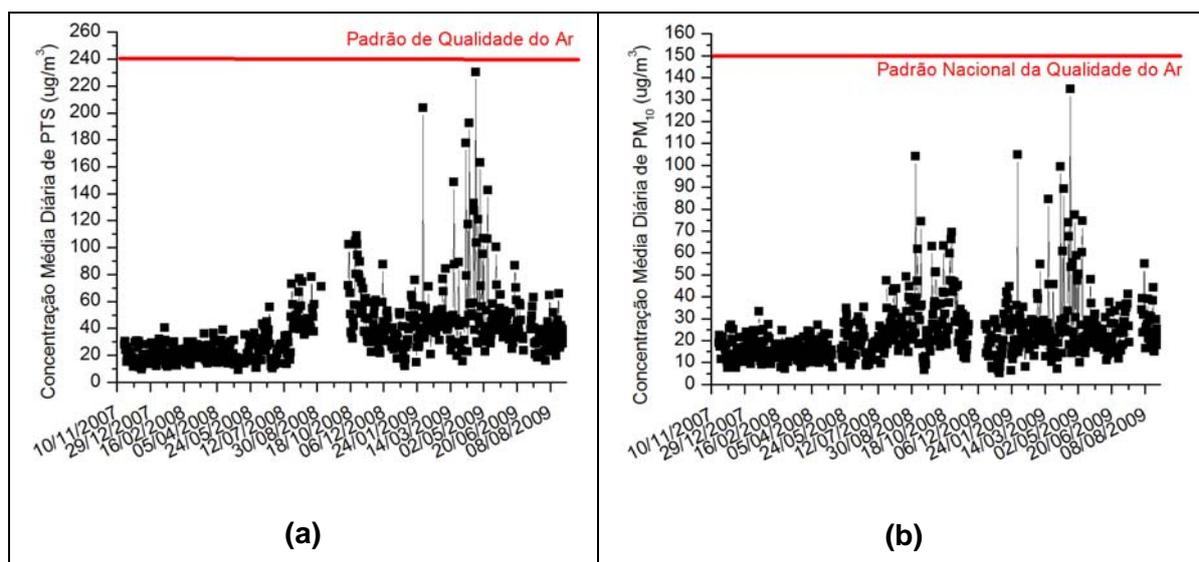
As concentrações do material particulado inalável ( $PM_{10}$ ) e total (PTS) são mostradas na Tabela 19. A média do período e as médias anuais revelaram valores bem abaixo do padrão de qualidade do ar (P<sub>qar</sub>) anual estabelecido pela Resolução CONAMA 03/90 para ambos poluentes. O valor médio do período das concentrações de  $PM_{10}$  foi de  $23,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , comprometendo menos de 50% do padrão anual de qualidade do ar. O valor limite como padrão de 24 horas também não foi ultrapassado em nenhum dia do ano, sendo o máximo valor diário verificado de  $134,79 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . O mesmo foi observado quando analisadas as concentrações de PTS. As médias anuais (2008 e 2009) e a média do período ficaram bem abaixo do P<sub>qar</sub>, da mesma forma que o máximo diário.

**Tabela 19: Concentração de material particulado inalável (PM<sub>10</sub>) e total (PTS) na estação Porto do Açú**

Parâmetro	Média do Período ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Média Anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
		2008	2009*
PM <sub>10</sub>	23.74	22.24	27.27
PTS	37.60	31.52	48.16

\* Ano com dados incompletos. Apenas considerando dados de concentração até 31/08/2009.  
Fonte: Elaboração própria, com base no EIA/RIMA UTE Porto do Açú II, 2010

A Figura 15 apresenta o comportamento da média diária (em 24 horas) das concentrações de PTS e PM<sub>10</sub>, evidenciando que não houve violações ao padrão de curto período, estabelecido pela legislação.



**Figura 15: Concentração média diária de (a) PTS e (b) PM<sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) na estação Porto do Açú**

Fonte: CRA,2010

#### 4.1.2.2 Concentração de SO<sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

As concentrações médias de dióxido de enxofre na região de Porto do Açú não apresentam violações aos padrões de qualidade do ar anual e de 24 horas, sendo os valores registrados muito inferiores a esses (Tabela 20).

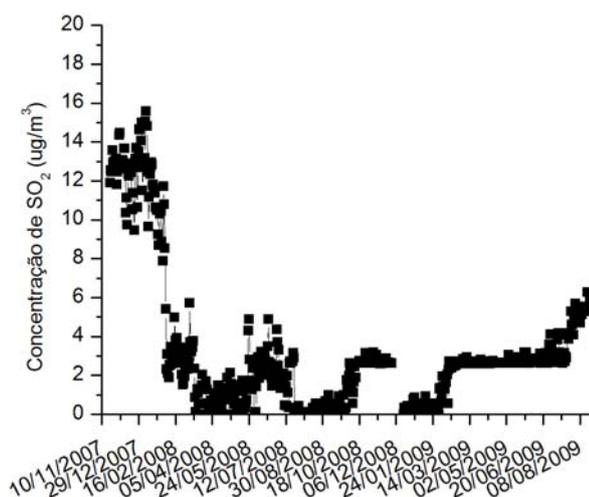
**Tabela 20: Concentração média de SO<sub>2</sub> na estação Porto do Açú**

Parâmetro	Média do Período (µg/m <sup>3</sup> )	Média Anual (µg/m <sup>3</sup> )		Máxima Concentração de 24 horas (µg/m <sup>3</sup> )	Nº de Violações ao Pqar
		2008	2009*		
SO <sub>2</sub>	3.2	2.48	2.74	15.58	0

\* Ano com dados incompletos. Apenas considerando dados de concentração até 31/08/2009.

Fonte: CRA,2010

As concentrações médias diárias de SO<sub>2</sub> permanecem bem abaixo do Pqar regulamentado pelo CONAMA, de 365 µg/m<sup>3</sup>. Mesmo o padrão secundário, de 100 µg/m<sup>3</sup>, representa mais de cinco vezes o valor da concentração máxima de 24 horas registrada no período considerado (Figura 16). O valor médio do período, de 3,2 µg/m<sup>3</sup>, representou pouco menos de 10% do padrão anual secundário de qualidade do ar definido como 40 µg/m<sup>3</sup>.



**Figura 16 Concentração média diária de SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) na estação Porto do Açú**

Fonte: CRA,2010

#### 4.1.2.3 Concentração de NO e de NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)

As concentrações dos óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) representam a soma das concentrações de monóxido de nitrogênio (NO) e de dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>). Vale ressaltar que os óxidos de nitrogênio são extremamente importantes para a formação durante o dia e o consumo das moléculas de ozônio durante a noite. De acordo com a Tabela 21, as máximas concentrações médias horárias de NO<sub>2</sub> registradas no período avaliado foram bem inferiores aos valores estabelecidos pela legislação como padrões de qualidade do ar primário e secundário (320 e 190 µg/m<sup>3</sup>, respectivamente). Os valores médios anuais e do período também revelaram índices bem abaixo do padrão

médio anual (de 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). O monóxido de nitrogênio não é contemplado pela legislação em vigor no Brasil, contudo, os valores registrados, quando comparados a outras regiões, mantiveram-se muito baixos. Por conta dos baixos valores encontrados, as concentrações de  $\text{NO}_x$  são avaliadas como um todo (considerando a soma das concentrações de  $\text{NO}$  e  $\text{NO}_2$ ) nas análises a seguir.

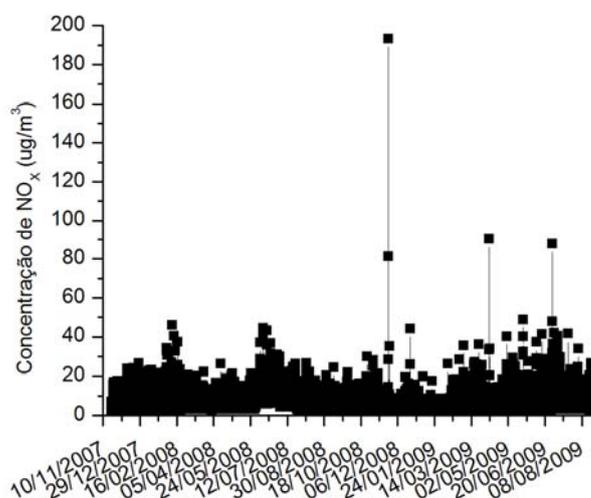
**Tabela 21: Concentração de  $\text{NO}$  e  $\text{NO}_2$  na estação Porto do Açú**

Parâmetro	Média do Período( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Média Anual( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		Máxima Concentração de 1 hora( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Nº de Violações ao Pqar
		2008	2009*		
$\text{NO}$	1.7	1.92	1.34	120.2	-
$\text{NO}_2$	4.0	4.07	3.88	72.0	0

\* Ano com dados incompletos.

Fonte: CRA,2010

A evolução das concentrações médias horárias de  $\text{NO}_x$  pode ser observada na Figura 17 evidenciando valores pouco significativos.



**Figura 17: Evolução média horária das concentrações de  $\text{NO}_x$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) na estação Porto do Açú**

Fonte: CRA,2010

#### 4.1.2.4 Concentração de $\text{O}_3$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

O ozônio é um poluente secundário formado por reações químicas envolvendo duas classes de precursores: os óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ) e os compostos orgânicos voláteis (COVs). A formação do ozônio, assim como de outros oxidantes, depende, de forma não-linear, de uma série de fatores como: a distribuição espectral e a intensidade da radiação solar, as concentrações dos precursores no ar ambiente, as

taxas das reações químicas destes precursores, processos de mistura na atmosfera, entre outros (SEINFELD, 1986). A produção química do ozônio na troposfera ocorre a partir de reações químicas mediante a ação da luz solar e de oxidações fotoquímicas. Sendo o ozônio um poluente secundário, o sinergismo entre os poluentes atua como um fator complicador para o problema, dificultando a modelagem e previsão da formação deste. Uma síntese dos resultados encontrados para a estação Porto do Açu pode ser observada na Tabela 22.

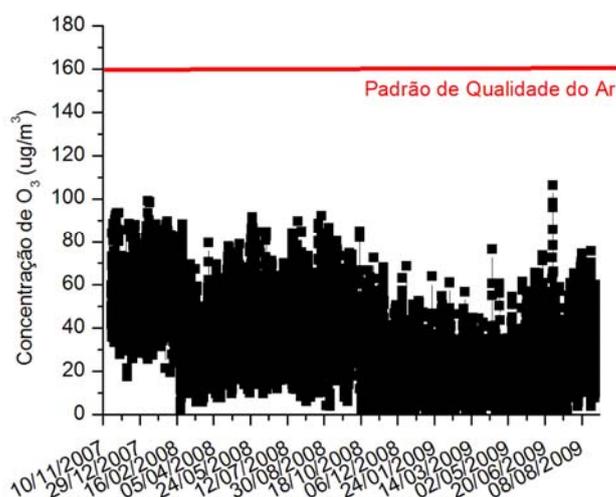
**Tabela 22: Concentração de Ozônio na estação Porto do Açu**

Parâmetro	Média do Período ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Média Anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		Máxima Concentração de 1 hora ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Nº de Violações ao Pqar
		2008	2009*		
O <sub>3</sub>	33.5	38.74	22.91	106.4	0

\* Ano com dados incompletos.

Fonte: CRA,2010

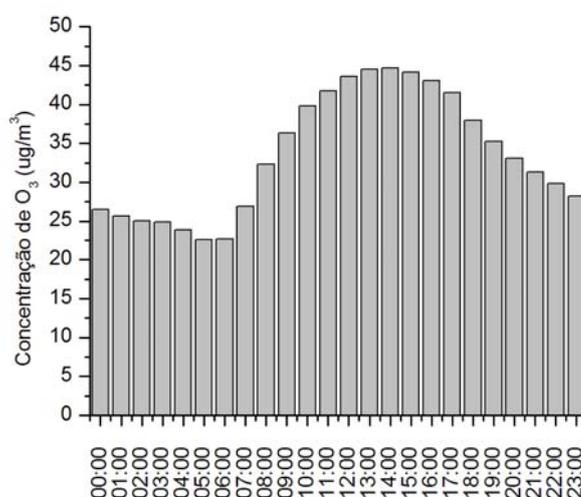
Os valores, durante todo o período de amostragem realizado em Porto do Açu, estiveram bem abaixo do valor de referência ( $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), como pode ser observado na Figura 18. A máxima concentração de ozônio de 1 hora registrada durante este período foi de apenas  $106 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



**Figura 18: Evolução média horária das concentrações de O<sub>3</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) na estação Porto do Açu**

Fonte: CRA,2010

Por conta da dependência da formação do ozônio à incidência de radiação solar, as maiores concentrações foram verificadas no período da tarde (Figura 19). Outro ponto interessante envolve as concentrações mínimas de ozônio. Em geral, em áreas poluídas, como nos grandes centros urbanos, por exemplo, as concentrações de O<sub>3</sub>, durante o período noturno, caem significativamente, atingindo valores próximos a zero. Essa queda nas concentrações ocorre devido à deposição seca na superfície e às perdas com as reações químicas (principalmente, por conta da reação de consumo com o NO:  $O_3 + NO \rightarrow O_2 + NO_2$ ). Sem radiação solar não haverá formação de novas moléculas de ozônio e a concentração do poluente tende a cair de forma brusca. Contudo, o comportamento médio horário revela que os valores mínimos de concentração de ozônio não caem tão intensamente. Esse comportamento indica que não existe muito monóxido de nitrogênio disponível na atmosfera local e encontra-se de acordo com o verificado na análise das concentrações de NO monitoradas na estação.



**Figura 19: Concentração média horária de O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>) na estação Porto do Açú.**

Fonte: CRA,2010

#### 4.1.2.5 Concentração de Monóxido de Carbono (CO)

Os valores de concentração de CO registrados na estação do Porto do Açú (Tabela 23) encontraram-se bem abaixo dos valores determinados pela legislação como Pqar. Os valores máximos de concentrações de CO foram muito inferiores tanto ao padrão horário, quanto ao referente à média de 8 horas (35 e 9 ppm, respectivamente).

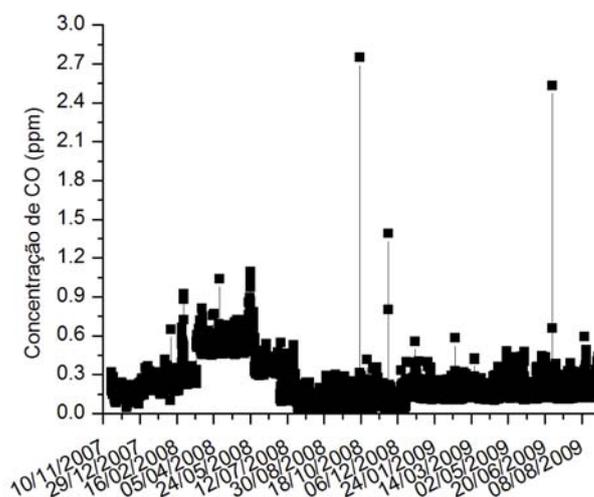
**Tabela 23: Resumo dos resultados de concentração de CO na estação Porto do Açu**

Parâmetro	Média do Período (ppm)	Média Anual (ppm)		Máxima Concentração de 1 hora (ppm)	Máxima Concentração Média de 8 horas (ppm)	Nº de Violações ao Pqar
		2008	2009*			
CO	0.2	0.24	0.16	2.8	0.91	0

\* Ano com dados incompletos.

Fonte: CRA,2010

A evolução das concentrações médias horárias de CO, ilustrada na Figura 20, revelou valores abaixo de 1 ppm. O CO é considerado um excelente indicador de emissão veicular. Assim, os baixos valores encontrados na estação e a pequena faixa de variação destas concentrações indicam que as fontes veiculares não são significativas na região.



**Figura 20: Evolução média horária das concentrações de CO (ppm) na estação Porto do Açu**

Fonte: CRA,2010

#### 4.1.2.6 Concentração de Hidrocarbonetos (ppm)

Uma síntese dos resultados obtidos a partir do monitoramento das concentrações dos hidrocarbonetos totais (HCT), de metano (CH<sub>4</sub>) e dos hidrocarbonetos não-metano pode ser observada na Tabela 24. Vale ressaltar que a legislação em vigência no Brasil não estabelece limites para esses compostos.

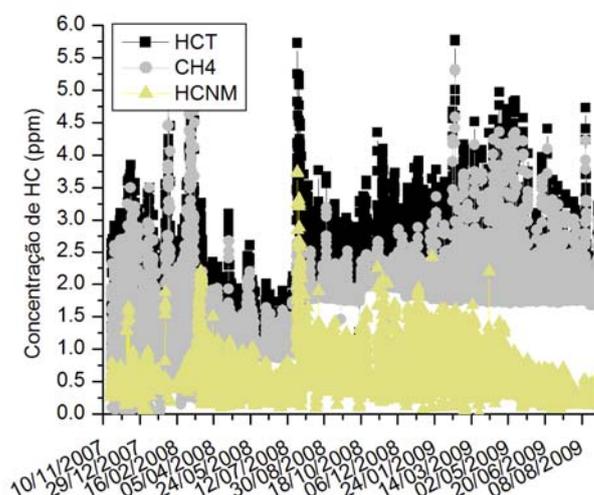
**Tabela 24: Concentração de hidrocarbonetos registradas na estação  
Porto do Açu**

Parâmetro	Média do Período (ppm)	Média Anual (ppm)		Máxima Concentração de 1 hora (ppm)
		2008	2009*	
HCT	2.1	1.93	2.40	5.8
CH <sub>4</sub>	1.6	1.43	1.98	5.3
HCNM	0.5	0.49	0.42	3.7

\* Ano com dados incompletos.

Fonte: CRA,2010

Os níveis de concentração de hidrocarbonetos totais (HCT), metanos (CH<sub>4</sub>) e não-metanos (HCNM), durante todo o período analisado, encontram-se ilustrados na Figura 21. Nesse caso, as concentrações de HCT representam a soma das concentrações do metano e dos HCNM. Os resultados obtidos no monitoramento evidenciam que as concentrações de hidrocarbonetos correspondem, na sua maior parte, ao metano, havendo uma menor contribuição de outros hidrocarbonetos.



**Figura 21: Evolução média horária das concentrações de HC (ppm) na estação  
Porto do Açu**

Fonte: CRA,2010

#### 4.1.2.7 Avaliação dos Parâmetros Meteorológicos

O comportamento dos ventos, a quantidade de radiação que chega a superfície, a ocorrência ou não de precipitação, as variações de temperatura, umidade e pressão, entre outros fatores, são determinantes para os processos de formação de poluentes secundários e para o transporte e dispersão na atmosfera. A Tabela 25 resume os resultados obtidos a partir do registro de algumas variáveis meteorológicas.

**Tabela 25: Variáveis Meteorológicas medidas no Porto do Açu**

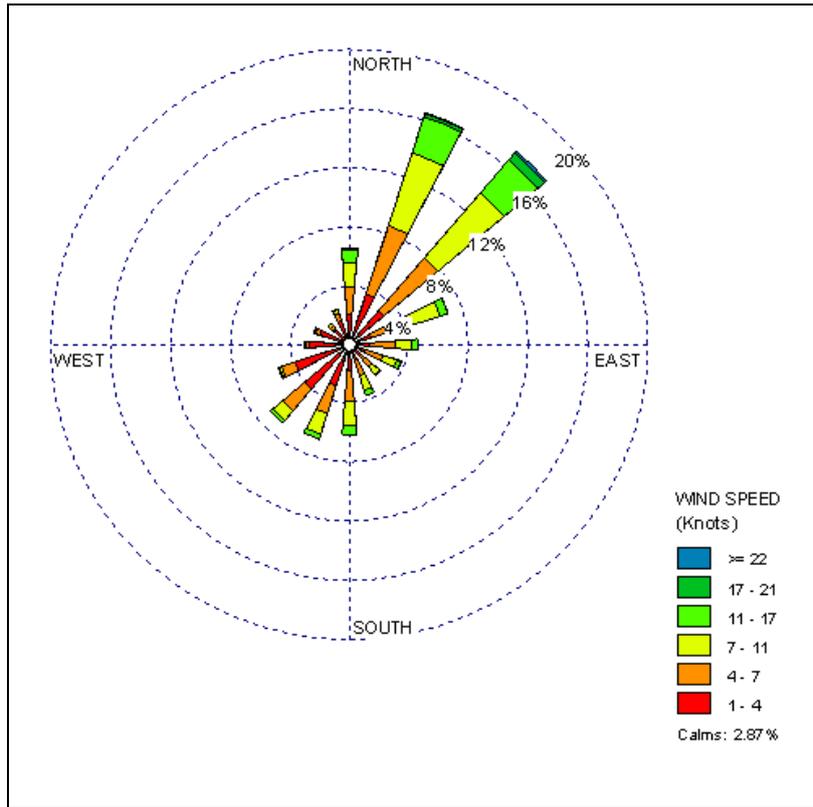
Parâmetro	Média do Período	Média Anual		Observações
		2008	2009*	
Temperatura (°C)	22.9	22.51	23.55	T_máx=36.2; T_mín=12.4
Umidade Relativa (%)	77.1	76.01	74.55	UR_mín=27.1
Pressão Atmosférica (hPa)	1008.1	1004.93	1015.37	-
Radiação Solar Incidente	NA	NA	NA	Máximo=1153 W/m <sup>2</sup>
Precipitação Pluviométrica	NA	NA	NA	Média_Acumulada=994.4 mm

NA – não se aplica.

Fonte: CRA,2010

Dentre os principais parâmetros meteorológicos, o comportamento da direção e velocidade do vento é fundamental para a análise do transporte e da capacidade de dispersão em uma determinada região.

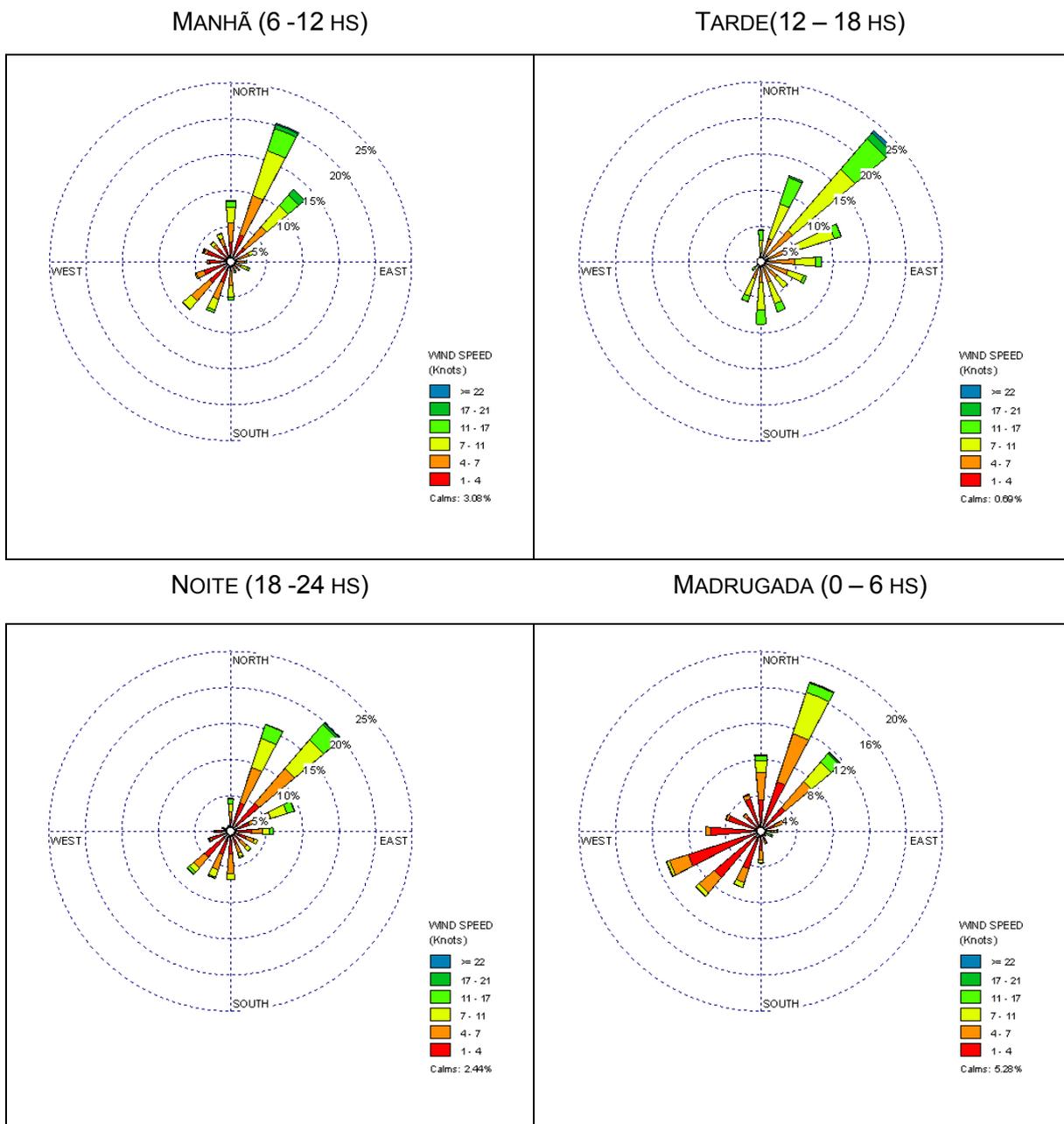
A Figura 22 apresenta a rosa dos ventos considerando todo o período monitorado, observando-se a predominância da direção nordeste (NE), ventos com intensidade moderada e forte. O índice de calmaria foi de 2,87% indicando que a região possui uma boa capacidade de dispersão.



**Figura 22: Rosa dos Ventos da região do Açú**

Fonte: CRA,2010

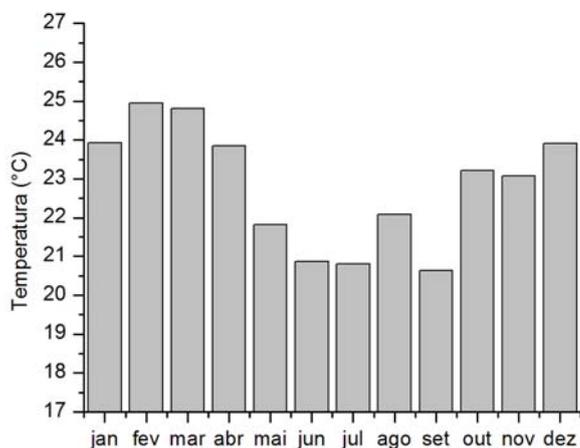
As rosas dos ventos, de acordo com o período do dia, são mostradas na Figura 23. Todos os períodos indicam uma forte predominância de ventos variando entre o norte e o nordeste. Apenas durante a madrugada, a componente de W-SW torna-se mais significativa.



**Figura 23 Rosa dos Ventos da região do Açú, de acordo com o período do dia**

Fonte: CRA,2010

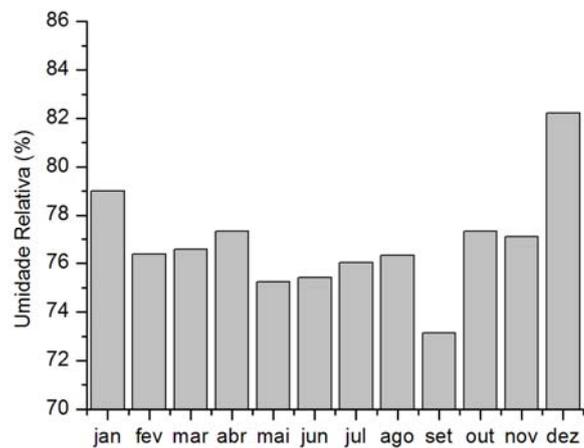
As médias mensais da temperatura do ar calculadas a partir dos dados registrados na estação Porto do Açu revelam maiores valores entre dezembro e março e menores nos meses junho, julho e setembro. O comportamento médio mensal do parâmetro é apresentado na Figura 24. É importante destacar que a temperatura do ar constitui-se num parâmetro de interesse para os estudos que dizem respeito ao meio ambiente uma vez que reflete os resultados dos impactos energéticos da radiação solar sobre o sistema solo-superfície-atmosfera combinados com aspectos astronômicos e dinâmicos de micro, meso e larga-escalas. A temperatura do ar afeta também a química do ozônio através das constantes taxas das reações químicas. Maiores temperaturas são mais efetivas, favorecendo a formação de ozônio.



**Figura 24: Temperatura Média Mensal (°C)**

Fonte: CRA,2010

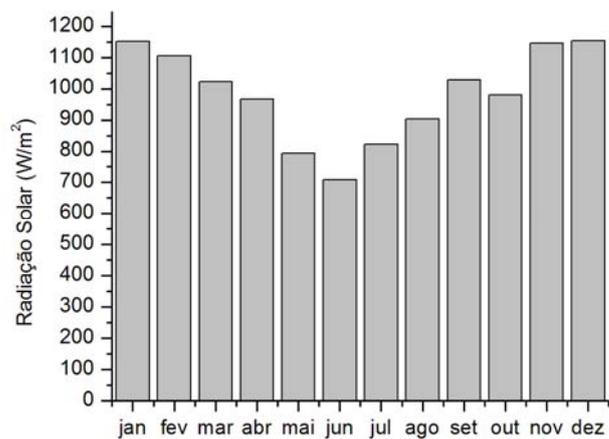
Quanto à umidade relativa, a Figura 25 mostra a ocorrência de maiores valores no mês de dezembro e menores no mês de setembro.



**Figura 25: Umidade Relativa média mensal (%)**

Fonte: CRA,2010

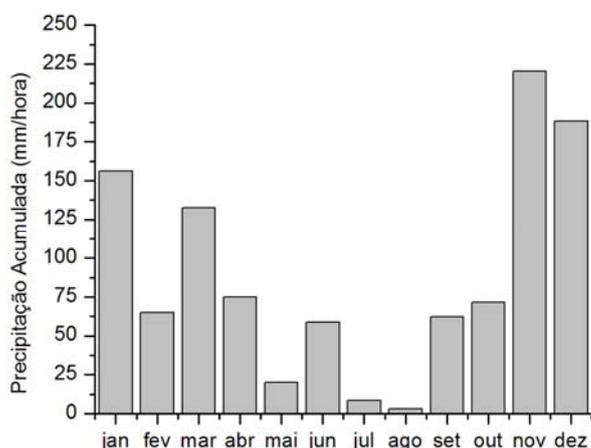
A evolução dos valores máximos de incidência de radiação solar registrados a cada mês pode ser observada na Figura 26. É clara a ocorrência de maiores valores nos meses de verão e menores nos meses de inverno.



**Figura 26: Máximos valores de incidência de Radiação Solar(W/m²)**

Fonte: CRA,2010

A precipitação média mensal acumulada é apresentada na Figura 27. Observa-se a ocorrência de maiores valores durante o verão e de menores valores durante o inverno e início da primavera. Esse comportamento é condizente com o padrão de chuvas verificado na região sudeste do Brasil. A ocorrência de precipitação é de extrema importância na remoção de poluentes da atmosfera.



**Figura 27: Precipitação média acumulada mensal (mm/hora)**

Fonte: CRA,2010

#### 4.1.2.8 Diagnóstico da Qualidade do Ar

A região do Açu apresenta uma série histórica relativamente pequena de dados de monitoramento da qualidade do ar. As únicas informações sobre concentrações de poluentes correspondem ao monitoramento que vem sendo realizado na estação Porto do Açu, em operação contínua desde 18/11/2007.

A análise dos dados de concentração de poluentes medidos indicou que não ocorreram violações aos padrões de qualidade do ar estabelecidos pela legislação ambiental vigente. As concentrações da maioria dos poluentes são baixas e não se observam grandes variações dos valores. Tal comportamento indica que existe uma continuidade no perfil de emissão e não há influência de fontes significativas de emissão de poluentes atmosféricos. Além disso, vale destacar que os dados de vento registrados indicam que a região possui uma boa capacidade de dispersão.

Dentre os poluentes monitorados, os que apresentaram níveis de concentração mais significativos foram o material particulado e o ozônio. Provavelmente, as concentrações de material particulado estão associadas à ressuspensão de partículas em vias não pavimentadas ou à ocorrência de queima de resíduos. Já o ozônio, por

ser um poluente secundário, apresenta um caráter mais regional e, provavelmente, está associado a emissões de áreas um pouco mais distantes. Essa justificativa é corroborada pelos baixos níveis de concentração dos  $\text{NO}_x$  registrados na mesma estação. Vale ressaltar que, apesar da ocorrência de condições meteorológicas favoráveis à formação de ozônio durante o verão e parte da primavera, os índices registrados ainda assim estiveram abaixo dos padrões nacionais de qualidade do ar.

#### **4.1.3 Caracterização Climatológica**

A diversidade climatológica fluminense decorre da combinação de uma série de fatores, dentre os quais a topografia acidentada e compartimentada do Estado é marcante. Escarpas de blocos falhados separam superfícies altas e montanhosas que mergulham para o interior, de outras planas a suavemente onduladas, que se espriam desde o município do Rio de Janeiro até o Norte Fluminense, constituindo as baixadas litorâneas. A associação relevo, altitude e maritimidade é responsável pelo aumento da turbulência do ar, podendo induzir a formações convectivas com consequentes chuvas orográficas nas cotas mais elevadas da Serra do Mar e da Mantiqueira.

Na região do litoral Norte Fluminense o domínio de massas de ar polar migratórias de inverno pode levar a elevados valores de pressões atmosféricas, próximas de 1030 hPa, o que significa a presença de ar muito frio na região. Por outro lado, no verão, a formação de áreas de convergência atmosférica sobre o oceano podem reduzir as pressões atmosféricas a valores próximos de 1000 hPa. Vale destacar que esta área encontra-se na trajetória de deslocamentos de frentes frias em todas as épocas do ano, o que pode resultar em significativas variações de pressão atmosférica em curto intervalo de tempo, sobretudo em rápidas passagens frontais. De acordo com as normais climatológicas do INMET, para a região de Macaé, foi observado que a temperatura média anual varia de 21,0°C em julho, a 26,0°C em fevereiro.

Quanto à umidade, observa-se um padrão sazonal diferenciado entre as estações, os meses de inverno apresentam-se relativamente mais secos do que os meses de verão. Entretanto, a variabilidade anual é de apenas 2%, com os maiores valores na faixa de 82%, em setembro e outubro, e mínimos de cerca de 80%, de maio a agosto.

A demanda evaporativa para a atmosfera depende da combinação dos fatores: características do uso e ocupação do solo, disponibilidade hídrica, saturação do ar,

aquecimento e ventilação. A região, situada no litoral, no nível do mar e com baixa taxa de urbanização, sofre um aporte quase permanente de umidade do oceano e de precipitações associadas aos sistemas frontais e áreas de instabilidade, levando, por conseguinte, a um maior grau de evaporação nos meses de verão. As características evaporativas médias da região variam de um máximo de 108 mm, em janeiro, a um mínimo de 85,5 mm, em junho, com uma amplitude anual de 22,5 mm.

A avaliação dos totais pluviométricos e do número de dias de chuva, ao longo do ano, indica dois períodos distintos: o “chuvoso”, de novembro a janeiro, e o “seco”, de junho a agosto.

Também, segundo as Normais Climatológicas do INMET, pode-se estabelecer para a área um máximo de precipitação de 181,6 mm, em dezembro, contra um mínimo de precipitação de 38,2 mm, em agosto. O total pluviométrico anual atinge 1.177,6 mm. A variação mensal do número de dias de chuva acompanha a variação da precipitação total, o que significa dizer que a região está sujeita a um máximo médio de 14 dias de chuva, em dezembro, e a um mínimo médio de 6 dias, em agosto. Tais situações estão estreitamente relacionadas à dinâmica da atmosfera, com as passagens frequentes de frentes frias e linhas de instabilidade, bem como à influência do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul.

Para a caracterização do parâmetro vento foram utilizados os produtos de re-análise do *National Center for Environmental Prediction* (NCEP/EUA). De um modo geral, a circulação regional predominante no litoral norte do Estado do Rio de Janeiro está associada à borda oeste-sudoeste do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul, com ventos variando de NE (para SW) a E (para W), em praticamente todos os meses do ano.

Entretanto, circulações de meso-escala surgem em decorrência de aquecimentos diferenciais continente-oceano e montanha-vale, alterando local e, temporariamente, os regimes de ventos. A entrada de frentes frias e linhas-de-instabilidade alteram significativamente esses regimes. A análise mais detalhada para as direções dos ventos predominantes indica a ocorrência de direções muito próximas a nordeste (NE), ou seja, de nordeste para sudoeste, nos meses de janeiro a março. De abril a julho os ventos apresentam uma tendência de giro gradual para sul, passando a soprar predominantemente de este (E). De agosto a outubro os ventos passam a assumir uma componente preferencial de ENE (este-nordeste) para WNW (Oeste-Noroeste). A partir daí tendem a soprar novamente de NE (para SE).

As características da velocidade do vento revelam uma significativa variação sazonal, com um máximo de 4,3 m/s, em janeiro, e um mínimo de 1,2 m/s, em maio. A velocidade média anual dos ventos é de 2,7 m/s.

#### 4.1.4 Características das Fontes de Emissão

No Complexo Industrial do Açú, dos empreendimentos previstos que o comporão, estão licenciados ou em processo de licenciamento: o Porto do Açú, o retro-porto, o mineroduto e a UTE a carvão.

A configuração industrial potencial do Complexo do Açú é composta por diversos módulos industriais e de serviços em conjunto com o módulo portuário: o Núcleo Base (NB) que compreende as unidades produtivas e dois cinturões que o envolvem, abrangendo as atividades consequentes a esse núcleo, que tenderão a se desenvolver na região, preenchendo áreas disponíveis remanescente do Complexo para novos empreendimentos.

A configuração industrial proposta para o Núcleo Base envolve o conjunto de módulos industriais apresentados na Tabela 26.

**Tabela 26 – Configuração do Núcleo Base**

<b>Módulos Industriais</b>	<b>Capacidade Produção / Movimentação / Estocagem</b>	<b>Área Ocupada (ha)</b>
Usina Siderúrgica I	10 MTPA	1.500
Usina Siderúrgica II	6 MTPA	1.000
Cimenteiras	6 MTPA	150
Usina de Pelotização	42 MTPA	500
Ind. Automobilística	250.000 veículos/ano	200
UTE	5.400 MW	500
Pátios	8 Mm <sup>3</sup> /54 mtpa / 330.000 TEU/ano	250
<b>TOTAL</b>		<b>4.100</b>

Fonte: Arcadis Tetraplan, 2009 – AAE Complexo Industrial e Portuário do Açú

Para o presente estudo de caso, foram consideradas as emissões atmosféricas já relatadas nos projetos licenciados e, para os futuros empreendimentos, no sentido de viabilizar o cálculo das emissões atmosféricas das várias fontes potenciais, foi necessário adotar, para as Siderúrgicas, com base na literatura e em processos de licenciamento ambiental ocorridos recentemente no país, uma tecnologia de produção

de aço viável e usual. Dessa forma, os limites de emissão estabelecidos representam a tecnologia de controle de emissões viável na produção de aço, sendo tais valores, normalmente, empregados nos projetos em licenciamento.

No caso da produção de cimento, as emissões empregadas no estudo foram estabelecidas, também, com base no estado da arte da indústria cimenteira no Brasil.

Também, adotou-se que para a geração adicional de energia somente será utilizado o gás natural, sendo o limite máximo de emissão de NOx de 25 ppm, a 15% de O<sub>2</sub>, em conformidade com a Resolução CONAMA 382.

Quanto a um terminal de GNL projetado para o porto, assumiu-se que deverá operar com circuito aberto de regaseificação, evitando o consumo de combustível.

As Tabelas 27 a 32 apresentam os limites de emissão considerados para as principais fontes no Complexo Açú, comparando-os com os limites preconizados na Resolução CONAMA 382.

**Tabela 27 - Limites de emissão: CONAMA 382 x Usinas Siderúrgicas**

Unidade de Produção	Limites Resolução CONAMA 382 (mg/Nm <sup>3</sup> )		Limites Condomínio Industrial Açú (mg/Nm <sup>3</sup> )	
	NOx	SO <sub>2</sub>	NOx	SO <sub>2</sub>
Coqueria	700	800	400	500
Sinterização	700	600	400	500
Alto forno	N.A.	N.A.	625	550
CTE	350	600	350	500

N.A – não aplicável

**Tabela 28 - Limites de emissão: CONAMA 382 x Peletização 42 Mt/ano**

Peletização	Limites Resolução CONAMA 382 (mg/Nm <sup>3</sup> )		Limites Condomínio Industrial Açú (mg/Nm <sup>3</sup> )	
	NOx - 700	SO <sub>2</sub> - NA	NOx - 400	SO <sub>2</sub> - 300

N.A – não aplicável

**Tabela 29 – Limites de emissão – CONAMA 382 x Produção de Cimento 6 Mt/ano**

Forno de Clinquer	Limites Resolução CONAMA 382 (mg/Nm <sup>3</sup> )		Limites Condomínio Industrial Açú (mg/Nm <sup>3</sup> )	
	NOx - 650	SO <sub>2</sub> - NA	NOx - 350	SO <sub>2</sub> - 80

N.A – não aplicável

**Tabela 30 – Limites de emissão – UTE a carvão**

UTE carvão	Limites Banco Mundial (mg/Nm <sup>3</sup> )		Limites UTE Açú (mg/Nm <sup>3</sup> )	
		NOx - 750	SO <sub>2</sub> - 2000	NOx - 150

**Tabela 31 – Limites de emissão – CONAMA 382 x UTE a gás natural**

UTE GN – Turbinas a gás	Limites Resolução CONAMA 382 (mg/Nm <sup>3</sup> )	Limites UTE Açú (mg/Nm <sup>3</sup> )
		NOx - 50

**Tabela 32 – Limites de emissão – CONAMA 382 x Processos de geração de calor a partir da combustão externa do gás natural**

Processos de geração de calor a partir da combustão externa do gás natural	Limites Resolução CONAMA 382 (□G/Nm <sup>3</sup> )	Limites UTE Açú (□G/Nm <sup>3</sup> )
	Potência térmica nominal menor que 70 MW – 320	
Potência térmica nominal maior ou igual a 70 MW – 200		200

Na questão de poluição ambiental, o princípio da prevenção é a melhor medida a ser adotada: redução da geração de poluentes na fonte e não o tratamento pós-geração (US-EPA/AP-42, 1995). Sob a ótica do desenvolvimento sustentável, devem ser priorizadas as medidas de prevenção da poluição, privilegiando aquelas que eliminem ou reduzam a geração de poluentes e incentivando a adoção de tecnologias mais limpas.

O controle da emissão de poluentes do ar consiste, basicamente, na redução do lançamento de poluentes primários, uma vez que esses causam efeitos adversos, mesmo sem reagir na atmosfera, ou até quando reagem e formam outros poluentes secundários.

Os poluentes podem ser eliminados, em alguns casos, até na sua quase totalidade, com a substituição do combustível ou mudança de equipamentos e também modificação de processo com inovações tecnológicas.

Neste sentido, para a questão das emissões atmosféricas do Complexo Açú, foram considerados os princípios básicos, estabelecidos na legislação em vigor que prevê:

- que a poluição deve ser controlada na fonte, seja através de equipamentos de controle do tipo "fim de tubo", seja utilizando processos menos poluidores, dentro do princípio de "Prevenção à Poluição"; e

- que existem tecnologias disponíveis para a redução da emissão de poluentes para diversos processos produtivos.

Da mesma forma, além da legislação ambiental vigente que estabelece os limites de emissão de poluentes atmosféricos, considerou-se:

- a associação a critérios de capacidade de suporte do meio, ou seja, ao grau de saturação da região do Açu;
- a proposição dos limites de emissão com base em tecnologias ambientalmente adequadas, abrangendo todas as fases, desde a concepção, instalação, operação e manutenção das unidades até a utilização de matérias primas e insumos;
- a adoção de tecnologias de controle de emissão de poluentes atmosféricos realizada em bases técnica e economicamente viáveis e acessíveis, já desenvolvidas em escala que permitam sua aplicação prática; e
- as informações técnicas e mensurações disponíveis, bem como o levantamento bibliográfico do que está sendo praticado, no Brasil e no exterior, em termos de fabricação de equipamentos, exigências dos órgãos ambientais licenciadores, uso efetivo dos equipamentos de controle e custo.

Partindo-se do princípio da prevenção, a utilização de combustíveis mais limpos é a primeira medida a ser considerada. Inicialmente, aponta-se a questão da utilização do gás natural como combustível em todas as unidades do Condomínio (com exceção da UTE já licenciada), por ser este um combustível com menor teor de carbono, praticamente isento de material particulado e, também, de enxofre. Adicionalmente, para todas as tipologias industriais previstas foram adotadas tecnologias limpas, admitindo-se o emprego das melhores tecnologias de processos (*Best Available Technology* - BAT).

Nesse sentido, ressaltando o princípio da prevenção, foi admitido que toda e qualquer coqueria a ser implantada deverá utilizar a tecnologia "*Heat Recovery*". Na qual, os gases, parcialmente queimados, produzidos durante a coqueificação, são captados e dirigidos para os canais descendentes, construídos nas paredes laterais dos fornos, sendo posteriormente queimados (combustão secundária) com ar (secundário) admitido à câmara situada abaixo do fundo do forno. Essa concepção de projeto permite que o calor contido nesses gases seja ainda utilizado para a coqueificação do carvão a partir do fundo do forno. Portanto, a coqueificação da carga,

batelada de carvão, se dá a partir do topo e a partir do fundo da massa de carvão a coqueificar<sup>5</sup>.

Considerando-se apenas as emissões de NOx, as estimativas são apresentadas na Tabela 33, a seguir.

**Tabela 33: Emissões de NOx**

Atividade industrial	Produção	Emissão de NOx (x10 <sup>3</sup> t/ano)
UTE carvão	2100 MW	8,82
UTE GN	3300 MW	8,78
Pelotização	42 Mt pellets	10,69
Siderúrgica 1	10 Mt aço	35,29
Siderúrgica 2	1 Mt gusa 3 Mt aço	5,22
Cimenteira	6 Mt cimento	1,35
<b>Total</b>	-	70,15

#### 4.1.5 Estudo de simulação da dispersão de poluentes

Para a avaliação dos impactos cumulativos das emissões atmosféricas provenientes da implantação do Complexo Açu a pesquisa deste trabalho utilizou a técnica de modelagem matemática. Este trabalho desenvolveu um estudo de simulação da dispersão de poluentes a partir das condições atmosféricas locais e das emissões atmosféricas provenientes das principais fontes de emissão, em suas condições máximas de operação. Esta simulação permite estimar a contribuição dos poluentes emitidos na qualidade do ar da área de influência do Complexo.

O modelo de dispersão utilizado foi o AERMOD (EPA, 2004), desenvolvido e recomendado como regulatório pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US-EPA). Ele é baseado no modelo de pluma gaussiana, onde se admite que

<sup>5</sup> A diferença básica entre as tecnologias adotadas nas coquearias com recuperação de calor e aquelas com recuperação de sub-produtos é que, nestas, a entrada de energia (calor) para a reação é devida à queima de um gás combustível realizada em canais que flanqueiam ambas as paredes laterais do forno. Neste caso, a reação de coqueificação se dará em ambiente com ausência de ar (de combustão). Ainda, nas coquearias com recuperação de sub-produtos, o avanço da reação de coqueificação se dá segundo uma direção correspondente ao eixo horizontal da carga. Enquanto que, nas coquearias com recuperação de calor o avanço se dá segundo o eixo vertical da carga, isto é, a partir do topo e do fundo da camada.

Outra importante diferença consiste em que nas coquearias com recuperação de sub-produtos, os fornos são mantidos sob pressão positiva, enquanto que nas coquearias com recuperação de calor a pressão interna nos fornos é negativa. Este modo operacional faz com que as coquearias com recuperação de calor sejam livres de emissões gasosas, devidas à coqueificação. Esse fato torna a vedação dos fornos mais simples, mais barata e de manutenção mais fácil, o que contribui, significativamente, para a consideração de que as coquearias com recuperação de calor sejam mais aceitas, quando avaliadas sob os critérios ambientais.

a dispersão da pluma tenha uma distribuição normal ou gaussiana tanto na direção y (transversal à direção do vento) como em z (perpendicular à x e y). Esta distribuição gaussiana para um poluente atmosférico é encontrada a partir de uma solução para a equação de difusão de Fick (Lamarsh, 1983; Sellers, 1974). Este modelo é um aprimoramento do modelo ISC3 (*Industrial Source Complex*), sendo o seu substituto natural, aplicável à áreas urbanas ou rurais, terrenos planos ou com variações topográficas, emissões a baixos ou elevados níveis de altitude, contando com a capacidade de trabalhar com diferentes tipos de fontes (pontual, área ou volumétrica).

O AERMOD considera a pluma de poluentes em estado estacionário. Na camada limite estável, a distribuição da concentração é gaussiana na vertical e horizontal. Contudo, na condição de camada limite convectiva, a distribuição horizontal é dada como gaussiana, mas a distribuição vertical é descrita por uma função de densidade probabilidade bi-gaussiana. O AERMOD também possibilita o cálculo da reentrada de poluentes lançados acima da camada limite. Uma das principais melhorias trazidas pelo AERMOD é sua habilidade de caracterizar a CLP (camada limite planetária) com informações de superfície e dados de estratificações das camadas, simultaneamente. Para descrever a atmosfera, o AERMOD utiliza os perfis verticais das variáveis meteorológicas.

Inicialmente, por intermédio de um pré-processamento das informações produzidas pelas observações meteorológicas horárias, provenientes da área, são obtidos: a velocidade média do vento (m/s); a direção do vento (graus); o expoente do perfil do vento (adimensional); a temperatura do ar (Celsius); a altura da camada de mistura (m) e o gradiente vertical de temperatura potencial, que são os parâmetros meteorológicos de entrada necessários ao modelo.

O modelo AERMOD é considerado, atualmente, a mais completa e eficiente ferramenta utilizada para os estudos de dispersão atmosférica relacionados à avaliação de impactos na qualidade do ar. Ele possui características que incorporam e combinam vários algoritmos de dispersão, que permitem considerar outras fontes de emissão diferentes de chaminés, normalmente utilizados nos modelos tradicionais. Suas propriedades possibilitam avaliar desde as emissões provenientes das fontes pontuais como as chaminés, como, também, de fontes difusas e emissões fugitivas, originadas no transporte, beneficiamento e estocagem de matérias primas e produtos.

Com base numa imagem georeferenciada de satélite, que cobre toda a região, foi delimitada a área, com 30 por 30 km, situada entre as coordenadas UTM a SW: 267160/7567416 e a NE: 297160/7597416, de acordo com a Figura 28.

Foram utilizados para as simulações os dados meteorológicos horários referentes a um ano de medições, de nov/2007 a nov/2008.



**Figura 28: Área de estudo**

Fonte: LIMA/COPPE/UFRJ, 2008

O EIA/RIMA, elaborado quando do licenciamento ambiental da UTE Porto do Açú, apontou que o impacto a ser causado na qualidade do ar da região é significativo, principalmente, no que tange aos poluentes regulamentados pela Resolução CONAMA 03/90. Entretanto, tem sido dada especial atenção aos óxidos de nitrogênio por alguns motivos: em termos de tecnologias de controle de emissão, este poluente é o que requer maiores investimentos e, as concentrações medidas de ozônio na região são as que registram valores mais altos, embora não ultrapassem o P<sub>qar</sub> estabelecido, além das condições propícias para sua formação.

Assim sendo, para a avaliação da cumulatividade de impactos, adotou-se como indicador as concentrações de óxidos de nitrogênio, embora deva ser reconhecido que os impactos causados tanto pelas emissões de dióxido de enxofre, quanto de material particulado tenham grande relevância.

A análise das tipologias industriais previstas revelou que, uma vez estabelecida a premissa de utilização do gás natural como combustível, apenas as emissões provenientes da UTE a carvão, da UTE a gás, das siderúrgicas, da pelletização e da cimenteira serão significativas.

Desse modo, considerou-se a operação de todos os empreendimentos previstos no Complexo do Açú, e as características físicas das fontes de emissão

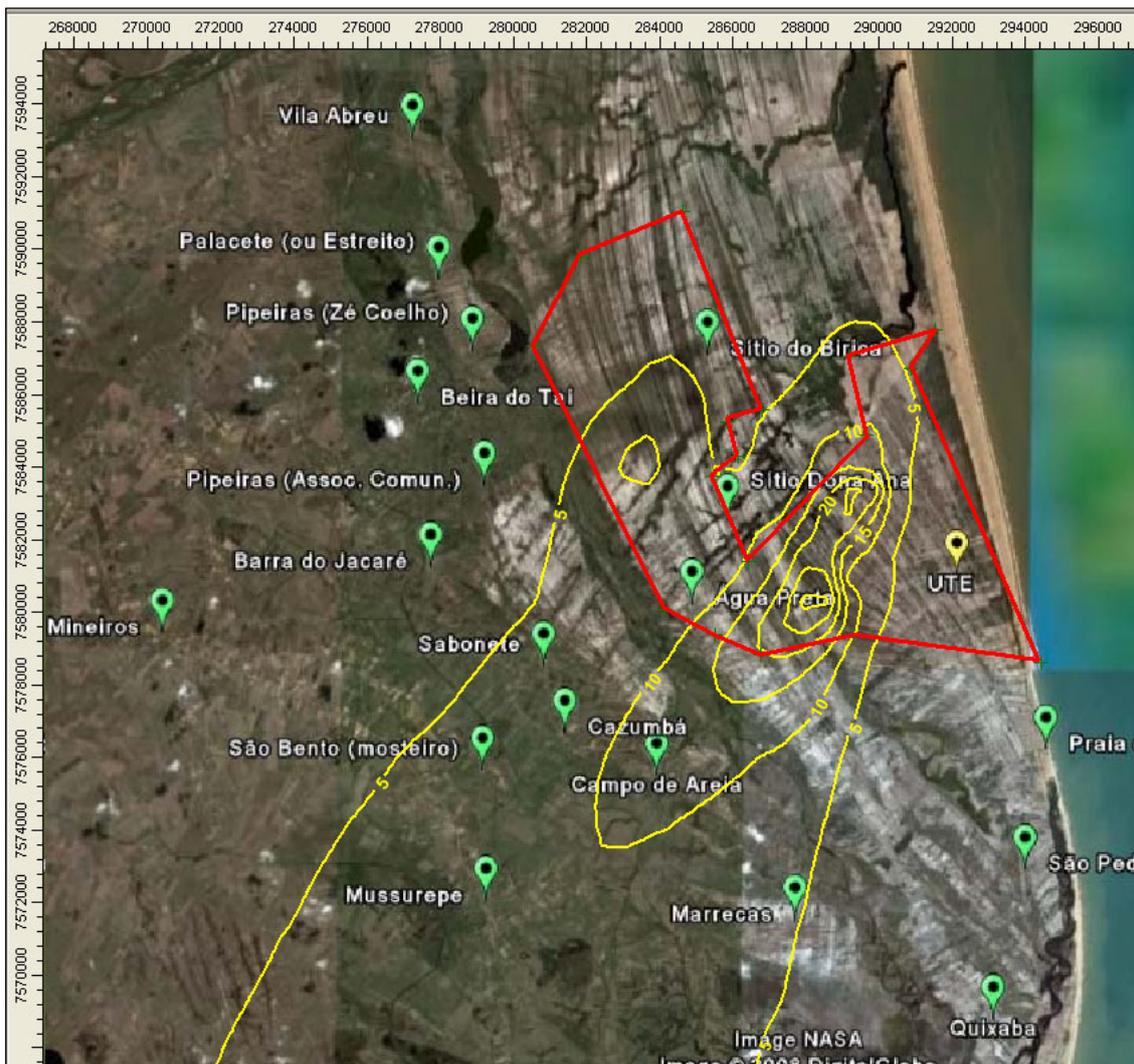
seguiram um padrão médio do que é visto nas tipologias industriais semelhantes, tais como altura de chaminés, vazão e temperatura dos gases de exaustão e etc.

O setor siderúrgico é responsável pela maior parte das emissões, ou seja, 73% do total emitido, conforme mostrado na Tabela 34.

**Tabela 34: Contribuição percentual das emissões de NOx**

Atividade industrial	Produção	Emissão de NOx (x10 <sup>3</sup> t/ano)	Contribuição (%)
UTE carvão	2100 MW	8,82	12,5
UTE GN	3300 MW	8,78	12,5
Pelotização	42 Mt pellets	10,69	15,2
Siderúrgica 1	10 Mt aço	35,29	50,4
Siderúrgica 2	1 Mt gusa 3 Mt aço	5,22	7,5
Cimenteira	6 Mt cimento	1,35	1,9
<b>Total</b>	-	70,15	100,0

O estudo de simulação da dispersão dos poluentes permitiu estimar que a máxima concentração anual de óxidos de nitrogênio, considerando-se as fontes potenciais de emissão, atingirá a marca de 50,72 µg/m<sup>3</sup>, metade do valor estabelecido pela legislação como padrão de qualidade do ar — 100 µg/m<sup>3</sup>, e ocorrerá na área interna do Complexo. Na área de entorno, as concentrações decrescem à medida que se afastam das fontes de emissão (Figura 29).



**Figura 29: Concentração de longo período de NOx ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

Em relação aos aspectos relativos à qualidade do ar, a premissa básica para viabilizar o complexo industrial delineado é a adoção do gás natural como combustível. Além dessa, foram, também, priorizadas: (i) estabelecimento de limites de emissão de NOx restritos, quando do licenciamento ambiental da UTE a carvão; (ii) regaseificação do GNL em circuito aberto; e (iii) processos industriais com limites de emissão em conformidade com o estado da arte no Brasil.

Assim, verifica-se, por meio da modelagem matemática realizada, que as concentrações de longo período de NOx não violarão os valores estabelecidos pela legislação ambiental vigente, embora sejam significativos os impactos a serem causados na qualidade do ar.

#### 4.1.6 Estabelecimento de Diretrizes

Devem ser estabelecidas diretrizes claras que permitam a aplicação do modelo de gestão, tais como:

- Utilização privilegiada de gás natural como combustível em todas as unidades do Complexo Industrial;
- Adotar a Ecologia Industrial para o Planejamento, Implantação e Operação das Unidades Industriais
- Estabelecer o Arcabouço Institucional de Gestão do Complexo Industrial
- Adoção pelas indústrias a serem implantadas no Complexo, em seu processo produtivo, das melhores tecnologias de controle disponíveis – Best Available Control Technology (BACT);
- Implantação de barreiras para prevenir o arraste eólico das emissões pulverulentas provenientes das pilhas de estocagem; e
- Adoção de medidas no sentido de atender às normas da International Maritime Organization (IMO) quanto às emissões atmosféricas provenientes dos navios que utilizam o porto;
- Adoção de limites de emissão das fontes potenciais de emissão, avaliada à luz dos impactos a serem causados na qualidade do ar da região do Complexo Industrial e seu entorno, considerando-se a cumulatividade dos impactos;
- Comprovação de que as emissões da frota que circulará na área do Complexo Industrial obedeçam aos limites propostos pelo CONAMA;
- Implantação de um “Plano de Gestão da Qualidade do Ar” na área do Complexo Industrial;
- Criação de centro de controle da gestão integrada da qualidade do ar, responsável pela implantação e operação dos monitoramentos previstos: emissões atmosféricas, qualidade do ar e meteorologia de forma a não haver sobreposição de estações das várias empresas lá situadas e abranger a maior área de influência possível.
- Implantação de sistema de previsão da qualidade do ar;
- Adoção de ações de planejamento urbano no sentido de evitar o adensamento populacional à sudoeste do Complexo;
- Definição do enquadramento das áreas do Estado do Rio de Janeiro nas classes I, II e III, de acordo com a Resolução CONAMA 03/90, em seu Art. 8º, possibilitando adotar os padrões primários ou secundários de qualidade do ar;
- Elaboração do “Plano de Emergência para Episódios Críticos de Poluição do Ar”, visando providências dos governos do Estado e dos Municípios, assim

como dos empreendedores, com o objetivo de prevenir grave iminente risco à saúde da população quando da ocorrência de altas concentrações, caracterizando “Níveis de Atenção, Alerta e Emergência”, conforme estabelecido na Resolução CONAMA 03/90; e

- Implantação de política de compensação de emissões de gases do efeito estufa.

#### **4.1.7 Programas de Monitoramento**

Importa ressaltar que os monitoramentos, embora desenvolvidos caso a caso para as diversas unidades industriais e portuária do Complexo, partindo do conhecimento das características ambientais locais, das fontes poluidoras e dos poluentes gerados, deverão ser consolidados em um único programa, que abarque a totalidade das atividades e que causarão repercussões na região norte costeira do norte fluminense como um todo. Assim, a gestão desse sistema é fundamental, pois de nada adiantará ter monitoramentos isolados adotados pelos empreendimentos, se não houver uma consolidação de resultados e, principalmente a adoção de medidas reparadoras para as situações não conformes. Essa gestão única e integrada dos monitoramentos também tem ganhos de escala e qualidade, na medida que cada empreendedor que se inserir no Complexo, passa a integrar essa rede, fortalecendo-a em termos de recursos financeiros, técnicos e operacionais. Estes monitoramentos devem acompanhar a situação da operação do Complexo, objetivando identificar se os limites máximos de transformações estão dentro de parâmetros estabelecidos por normas ou resoluções.

Os diversos monitoramentos que serão requeridos devem compor uma gestão única, constituindo-se em um Sistema de Monitoramento, que:

- (i) incorpore, continuamente, novos parâmetros de novas unidades industriais que irão se instalando no decorrer do tempo;
- (ii) contenha um banco de dados georeferenciado e um sistema de avaliação que, continuamente, incorpore novos dados e emita relatórios gerenciais e de situação sobre os diversos indicadores que compõem cada monitoramento e o conjunto deles;
- (iii) coordene os vários monitoramentos e as interações que estes devem ter com os fatores geradores, no caso de situações problemas que exijam alterações de procedimentos.

Cada um dos monitoramentos requeridos deve ser integrante de um sistema de gestão, pois assim caso seja identificada a ultrapassagem de parâmetros

estabelecidos ou alterações significativas, poderão ser tomadas providências para alterar os procedimentos que os estão gerando.

Deverão ser adequadamente avaliados os “parâmetros-chave” a serem acompanhados e a frequência das amostragens/medições, evitando-se custos desnecessários. É recomendado o desenvolvimento de um programa interinstitucional que aproveite, de forma articulada, a capacidade instalada dos órgãos ambientais, de universidades e de institutos de pesquisa.

#### **4.1.8 Programa de avaliação de objetivos e metas**

Por possuir um caráter dinâmico e contínuo, o processo de gestão da qualidade do ar deve prever mecanismos de revisão e avaliação dos objetivos e metas, uma vez que são constantes as alterações sofridas pelos fatores que interferem em seu funcionamento.

É importante revisar e aperfeiçoar o sistema de gestão implantado, os objetivos e metas e as ações implementadas para assegurar a melhoria contínua do desempenho ambiental.

#### **4.1.9 Avaliação Independente**

Recomenda-se a utilização do instrumento de auditoria ambiental que será utilizado como forma de verificação do que foi estabelecido no plano de gestão.

A auditoria ambiental pode ser genericamente definida como um instrumento usado por empresas para auxiliá-las a controlar o atendimento a políticas, práticas, procedimentos e/ou requisitos estipulados com o objetivo de evitar a degradação ambiental, sendo um retrato momentâneo (LA ROVERE et al., 2000).

Dessa forma, deverá ser realizada uma auditoria de Sistema de Gestão Ambiental, que avalia o cumprimento dos princípios estabelecidos no modelo proposto. Independentemente, deve-se ressaltar que as unidades industriais que compõem o Complexo, também estão sujeitas à auditoria conforme a legislação ambiental vigente que, no caso do Rio de Janeiro, remete-se à DZ 056, da CECA.

## **4.2 Abordagem Corretiva - Região do Pólo Gás-Químico em Duque de Caxias**

A ocupação da região do Pólo gás-Químico de Duque de Caxias data dos anos de 1960, quando ali foi instalada a segunda refinaria de petróleo do país. Com o passar dos anos, a refinaria ampliou sua capacidade de produção e, hoje, processa 240 mil barris de petróleo por dia, que são transformados em 99 diferentes tipos de derivados, como gasolina, diesel, gás natural veicular e de cozinha, querosene de aviação, parafinas, propeno dentre outros.

A refinaria abastece todo o estado do Rio de Janeiro, parte de Minas Gerais e, por cabotagem (navios), o mercado dos estados do Espírito Santo e Rio Grande do Sul.

Parte dessa produção é exportada para os Estados Unidos, Peru, Uruguai, Argentina, Chile e Colômbia.

O potencial de geração de matéria-prima para a indústria petroquímica atraiu uma série de atividades industriais do ramo. Atualmente, fornece matéria-prima ao Pólo Gás Químico do Estado do Rio de Janeiro e utilidades às indústrias reunidas à sua volta, além de combustível à maior termelétrica instalada no estado.

No Pólo, além da refinaria, encontram-se em operação quatro empresas do setor petroquímico, uma termelétrica de grande porte e várias empresas distribuidoras de gás. Todos possuem Licença de Operação e apresentaram EIA/RIMA quando do processo de licenciamento ambiental.

Quando do licenciamento de cada unidade produtiva, as avaliações ambientais foram realizadas numa base caso-a-caso, sem levar em conta o crescimento do entorno, ou seja, jamais foi avaliado o impacto causado na qualidade do ar da região pelo conjunto de empreendimentos. Recentemente, foi instalado um terminal de Gás Natural Liquefeito na Baía de Guanabara, também licenciado sem considerar os demais, cujo EIA revela que o impacto causado na qualidade do ar também atingirá áreas impactadas pelo Pólo.

A região apresenta vocação industrial e várias têm sido as solicitações de ampliação da produção das empresas já instaladas, além do interesse de implantação de outras tantas.

### **4.2.1 – Caracterização da Região:**

A Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), tal como considerada pelo IBGE, ostenta um PIB em torno de R\$ 172 bilhões, constituindo o segundo maior pólo

de riqueza nacional. Concentra 70% da força econômica do estado e 8% de todos os bens e serviços produzidos no País.

Das regiões metropolitanas existentes no País, a do Rio de Janeiro é a que apresenta a maior densidade demográfica e é a de maior grau de urbanização, 96,8%, responsável pela geração de cerca de 80% da renda interna do Estado e de 13% da nacional.

A RMRJ é composta por 17 municípios<sup>6</sup> e ocupa uma área de 4.686,5 km<sup>2</sup>, com altitude média de 24m e população estimada, em 2007, de 11.581.535 habitantes (IBGE, 2008), ou seja, abriga o equivalente a 80% da população do estado. Nela se localiza a capital e a maior parte dos municípios com mais de cem mil habitantes. Além disto, figura entre as vinte maiores áreas metropolitanas do mundo e nela encontra-se a segunda maior concentração de população, de veículos, de indústrias e de fontes emissoras de poluentes do País, gerando sérios problemas de poluição do ar.

Apresenta topografia diversificada, podendo ser caracterizada por dois domínios topográficos: ao norte, limitando o fundo da Baía de Guanabara, a cordilheira da Serra do Mar, representada pela Serra dos Órgãos e entre essa e o Oceano Atlântico, a região de baixadas (grande depressão), denominada Baixada Fluminense, fruto da sedimentação ocorrida nos últimos milhões de anos. Ao longo da baixada, encontram-se morrotes arredondados de altitudes entre 30 e 100 metros. Os terrenos montanhosos caracterizam-se pelo relevo acentuado, escarpado, com cotas médias acima dos 700m, algumas montanhas alçando-se a mais de 2.000 m de altitude. Limitando a baixada, voltado para o oceano, verifica-se um relevo de maciços costeiros, menos acentuados do que os da serra, onde se situam pontões arredondados e desnudos bem característicos, como o Pão de Açúcar.

Os maciços da Tijuca e da Pedra Branca, paralelos à orla marítima, atuam como barreira física aos ventos predominantes do mar, não permitindo a ventilação adequada das áreas situadas mais para o interior (FEEMA/GTZ, 1995).

Vários aspectos de caráter geográficos, como a presença da Baía de Guanabara, a Baixada Fluminense densamente urbanizada e a proximidade da Serra do Mar, influenciam o clima local e interferem nos parâmetros meteorológicos responsáveis pela caracterização das condições micro-climáticas da região.

Com relação à capacidade natural de dispersão da região, considerando os aspectos relativos à circulação do ar, em que o parâmetro vento é responsável pelo transporte e diluição dos poluentes atmosféricos, a avaliação climatológica realizada

---

<sup>6</sup> Rio de Janeiro, Belford Roxo, Duque de Caxias, Guapimirim, Itaboraí, Japeri, Magé, Nilópolis, Niterói, Nova Iguaçu, Paracambi, Queimados, São Gonçalo, São João de Meriti, Seropédica, Mesquita e Tanguá.

com base nas observações horárias da estação meteorológica do Aeroporto do Galeão revelou que os ventos fluem, predominantemente, da direção sudeste. No que se referem às velocidades médias, ao longo do ano, estas se situam em torno de 2,8 m/s, enquanto que a ocorrência de calmarias é cerca de 8%, de acordo com a mencionada estação localizada no Aeroporto do Galeão, para o período de 2001 a 2005.

No período de maio a setembro, devido à atuação dos sistemas de alta pressão que dominam a região, ocorrem com frequência situações de estagnação atmosférica e elevados índices de poluição.

Ressalta-se, ainda, que a região está sujeita às características do clima tropical, com intensa radiação solar e temperaturas elevadas, favorecendo os processos fotoquímicos e outras reações na atmosfera, com geração de poluentes secundários.

#### **4.2.2 – Caracterização e Diagnóstico da Qualidade do Ar**

Historicamente, a qualidade do ar na Região Metropolitana do Rio de Janeiro é conhecida desde 1967, quando foram instaladas as primeiras estações de monitoramento. Já naquela ocasião foram registradas concentrações de partículas em suspensão que evidenciavam o processo de degradação da qualidade do ar em várias localidades.

Entretanto, ao longo do tempo, apesar das várias ações desenvolvidas no sentido de promover a melhoria da qualidade do ar, os resultados obtidos ainda superam os padrões estabelecidos pela legislação, em grande parte das localidades monitoradas, principalmente nos municípios que compõem a Baixada Fluminense.

Uma vez que a qualidade do ar é resultado do processo de lançamento de poluentes por fontes de emissão e suas interações na atmosfera, as atividades desenvolvidas pelas indústrias, centrais de geração de energia, construção civil, tráfego intenso de veículos, dentre outras, que geram emissão de partículas e/ou gases podem alterar significativamente a qualidade do ar de uma localidade.

Na RMRJ, da mesma forma que em outras metrópoles de países em desenvolvimento, a maior parte das grandes instalações industriais, como refinarias, pólos petroquímicos, centrais de geração de energia e siderúrgicas, responsáveis pelas emissões de poluentes para a atmosfera, está concentrada próxima a áreas urbanas. Além do que, os centros urbanos também concentram as principais vias de tráfego e os maiores fluxos de veículos, onde ocorrem os grandes congestionamentos, que contribuem ainda mais para o aumento da emissão de poluentes do ar. Tal

configuração concedeu à RMRJ o segundo lugar do Brasil em concentração de fontes emissoras.

Adicionalmente, alguns fatores locais tais como a topografia acidentada, a ocupação desordenada do solo, a presença da Baía de Guanabara e as condições atmosféricas dominantes dificultam a dispersão dos poluentes, favorecendo situações que comprometem ainda mais a qualidade do ar. Segundo o relatório “*Qualidade do Ar na Região Metropolitana do Rio de Janeiro*” (FEEMA-GTZ, 1995):

*“O Rio de Janeiro... além de suas variadas características urbanas, se apresenta envolvido por uma acidentada topografia, que cria divisores microclimáticos naturais, além de afetar, significativamente e de modo diversificado, a ventilação e, por conseguinte, os mecanismos de transporte e dispersão dos poluentes na região. Por outro lado, as condições atmosféricas concorrem, em muitas oportunidades, para a formação de inversões térmicas e ventos fracos e calmarias próximas à superfície, o que tende a degradar ainda mais a qualidade do ar...”*

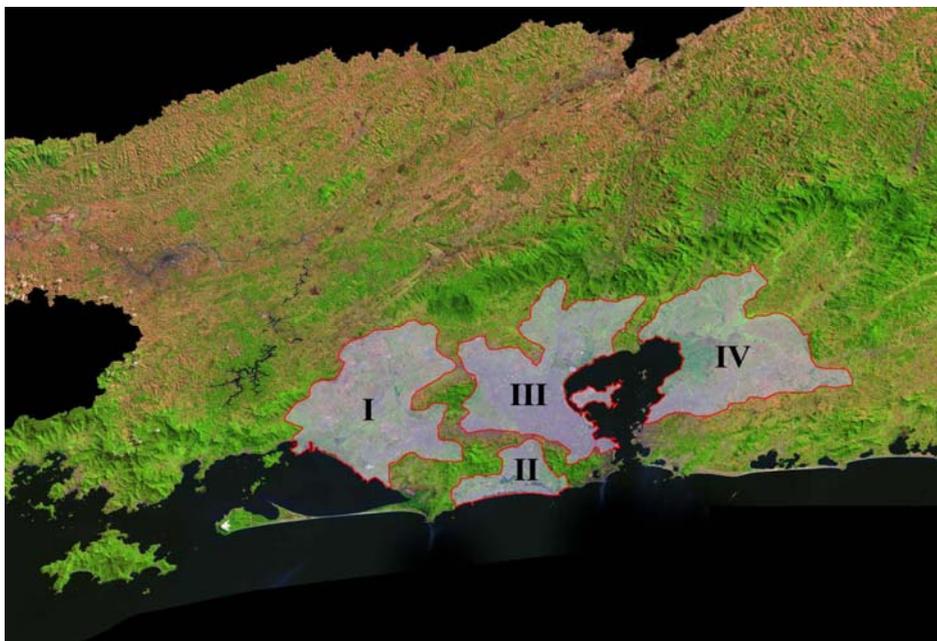
Com base no relevo, na cobertura do solo e nas características climatológicas que criam áreas homogêneas em termos dos mecanismos responsáveis pela dispersão de poluentes no ar, o órgão ambiental estadual delimitou, pela topografia e os espaços aéreos vertical e horizontal, quatro áreas na RMRJ denominadas “*bacias aéreas*”.

A utilização da bacia aérea como unidade de planejamento ambiental é uma das formas adotadas para a gestão da poluição do ar. Dessa forma, levando-se em consideração as influências da topografia e da meteorologia na capacidade dispersiva dos poluentes atmosféricos foram delineadas as seguintes bacias aéreas da RMRJ:

- **Bacia Aérea I:** localizada na Zona Oeste da região, possui cerca de 730 km<sup>2</sup> de área. Está inserida na Bacia Hidrográfica da Baía de Sepetiba. Engloba a região administrativa de Santa Cruz e Campo Grande (ambas localizadas no Município do Rio de Janeiro), além dos municípios de Itaguaí, Seropédica, Paracambi, Queimados, Japeri e Nova Iguaçu.
- **Bacia Aérea II:** também envolvendo a Zona Oeste, compreende parte do Município do Rio de Janeiro, mas englobando os bairros de Jacarepaguá e da Barra de Tijuca. Ocupa uma área de, aproximadamente, 140 km<sup>2</sup>.
- **Bacia Aérea III:** abrange a Zona Norte do Município do Rio de Janeiro e parte dos Municípios da Baixada Fluminense — Belford Roxo, Duque de Caxias, Japeri, Magé, Mesquita, Nilópolis, Nova Iguaçu, Queimados e São João de Meriti. Possui em torno de 700 km<sup>2</sup>.

- **Bacia Aérea IV:** localizada a leste da Baía de Guanabara, ocupa uma área de, aproximadamente, 830 km<sup>2</sup>. Compreende os municípios de Niterói, São Gonçalo e Maricá.

A distribuição espacial das bacias aéreas dentro da RMRJ pode ser visualizada na Figura 30.



**Figura30: Bacias Aéreas da Região Metropolitana do Rio de Janeiro**  
Fonte: Cavalcanti, 2003.

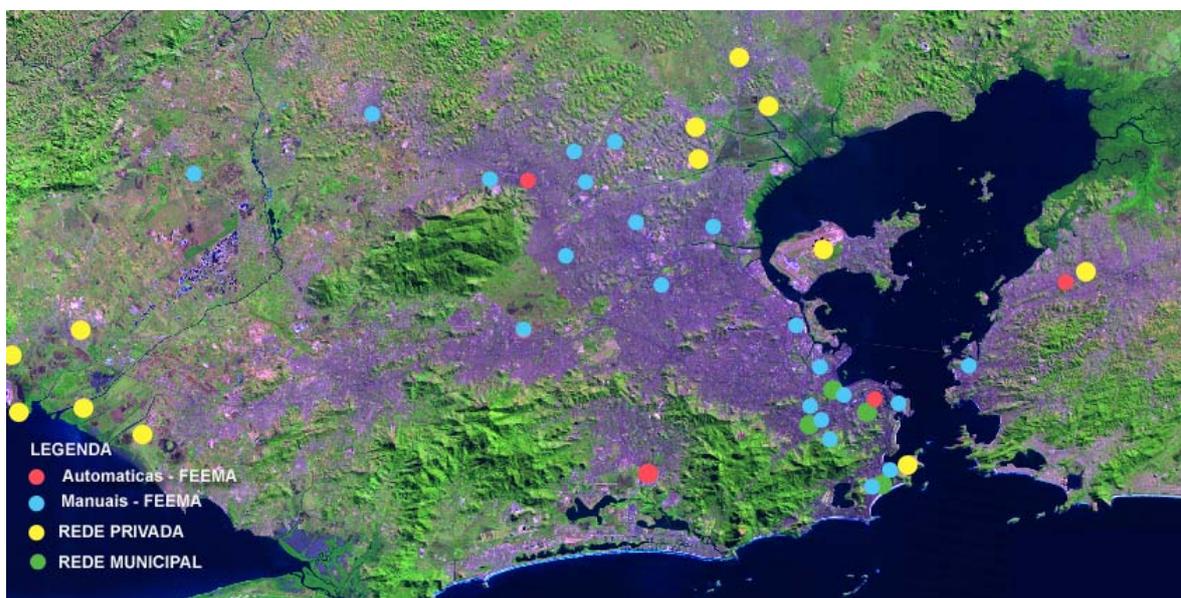
A Bacia Aérea III assume um papel de destaque em relação às demais por abrigar a maior parte da ocupação urbano-industrial do Estado e, como consequência, possui um grande potencial de fontes de emissões de poluentes, sendo considerada área prioritária para as ações de controle da qualidade do ar.

No final da década de 60, a rede de monitoramento da qualidade do ar contava apenas com 3 estações de amostragem. Atualmente, o monitoramento compreende 21 estações semi-automáticas, que realizam amostragens de partículas totais em suspensão (PTS), partículas inaláveis (PI ou PM10) e partículas respiráveis (PM2,5)<sup>7</sup>, além de outras 14 estações de monitoramento contínuo da qualidade do ar pertencentes aos órgãos ambientais do estado e do município do Rio de Janeiro (INEA e SMAC) e a algumas atividades industriais, neste caso, em cumprimento ao PROCON-Ar<sup>8</sup>, capazes de medir as concentrações de óxidos de nitrogênio (NOx), óxidos de nitrogênio (NO), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), hidrocarbonetos totais (HCT), hidrocarbonetos não metano (HCNM), metano (CH<sub>4</sub>), monóxido de carbono (CO),

<sup>7</sup> As concentrações de partículas respiráveis não foram abordadas neste estudo, pelo pequeno volume de dados gerados, uma vez que as amostragens tiveram início recentemente.

<sup>8</sup> PROCON-Ar – Programa de Auto Controle da Emissões para a Atmosfera, DZ-545 aprovada pela Deliberação CECA N. 935, de 07 de agosto de 1986.

ozônio (O<sub>3</sub>), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e partículas inaláveis (PI), além de parâmetros meteorológicos, conforme a Figura 31.



**Figura 31: Estações de monitoramento da qualidade do ar na RMRJ**

Fonte: FEEMA,2005

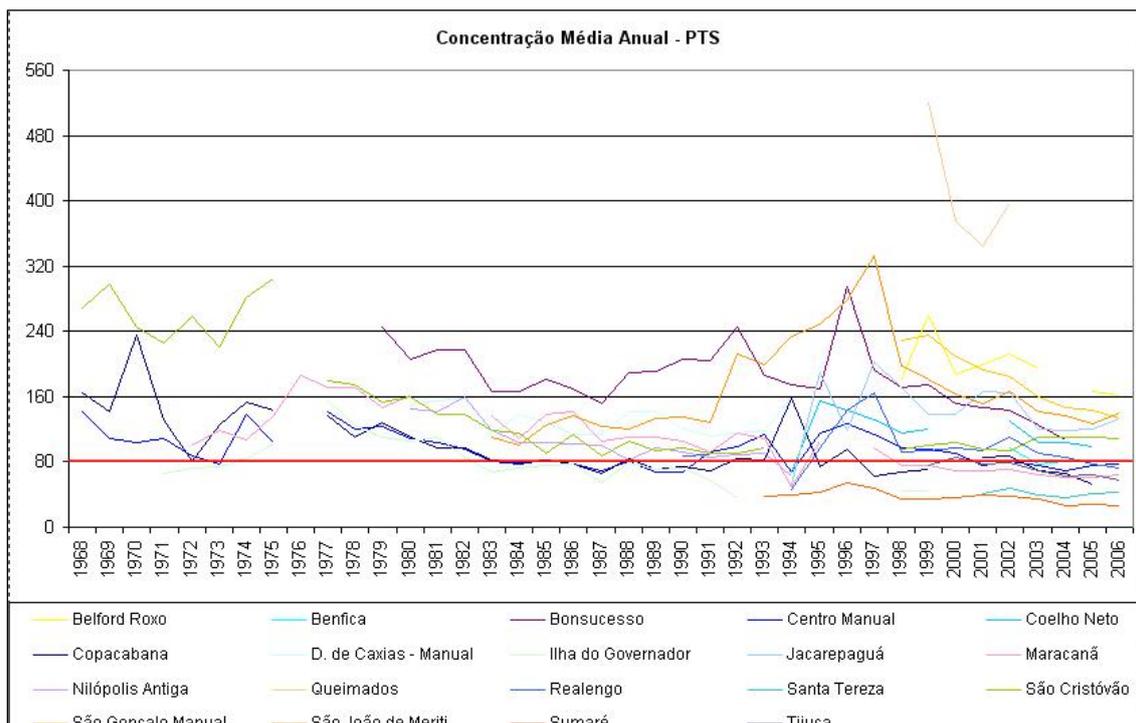
#### 4.2.2.1 – Partículas Totais em Suspensão (PTS)

A série histórica formada por quase quatro décadas de monitoramento de partículas totais em suspensão, quando se avalia as concentrações de longo período, ou seja, as concentrações médias anuais, identifica-se uma tendência decrescente nas concentrações, embora predomine, ao longo dos anos, a violação ao Padrão de Qualidade do Ar (PQAr), estabelecido pela Resolução CONAMA 03/90 (Figura 29).

A Figura 32 permite observar que, historicamente, as concentrações de partículas totais em suspensão violam os limites estabelecidos para proteção da saúde humana em quase todos os locais onde há monitoramento. Atualmente, as maiores concentrações ocorrem na região da Baixada Fluminense.

Nos últimos anos, o padrão de qualidade do ar, de curto período, tem sido violado, também, nas estações localizadas na Baixada Fluminense, com ocorrência de “Nível de Atenção” e “Nível de Alerta”, caracterizando “Episódios Críticos de Poluição do Ar”, conforme previsto na Resolução CONAMA 03/90<sup>9</sup>.

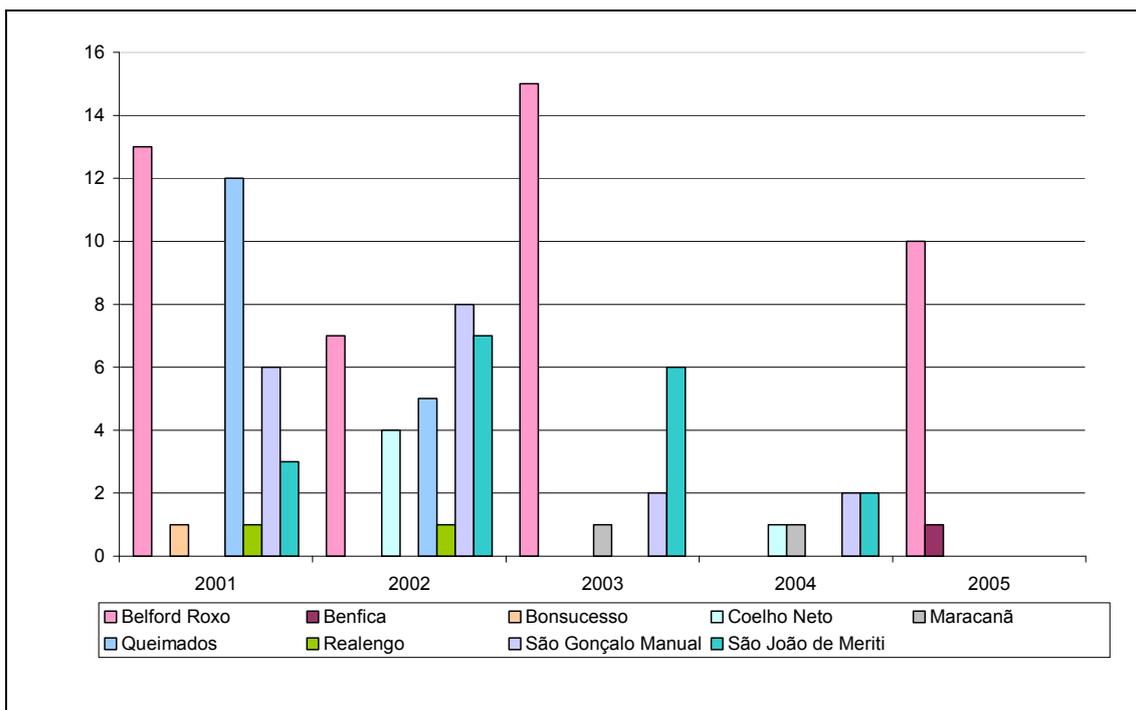
<sup>9</sup> “Resolução CONAMA 03/90, Art. 6º, §1º – Considera-se Episódio Crítico de Poluição do Ar a presença de altas concentrações de poluentes na atmosfera, em curto período de tempo, resultante da ocorrência de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos mesmos.”



**Figura 32: Concentração de PTS na RMRJ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

Fonte: EIA COMPERJ, 2007.

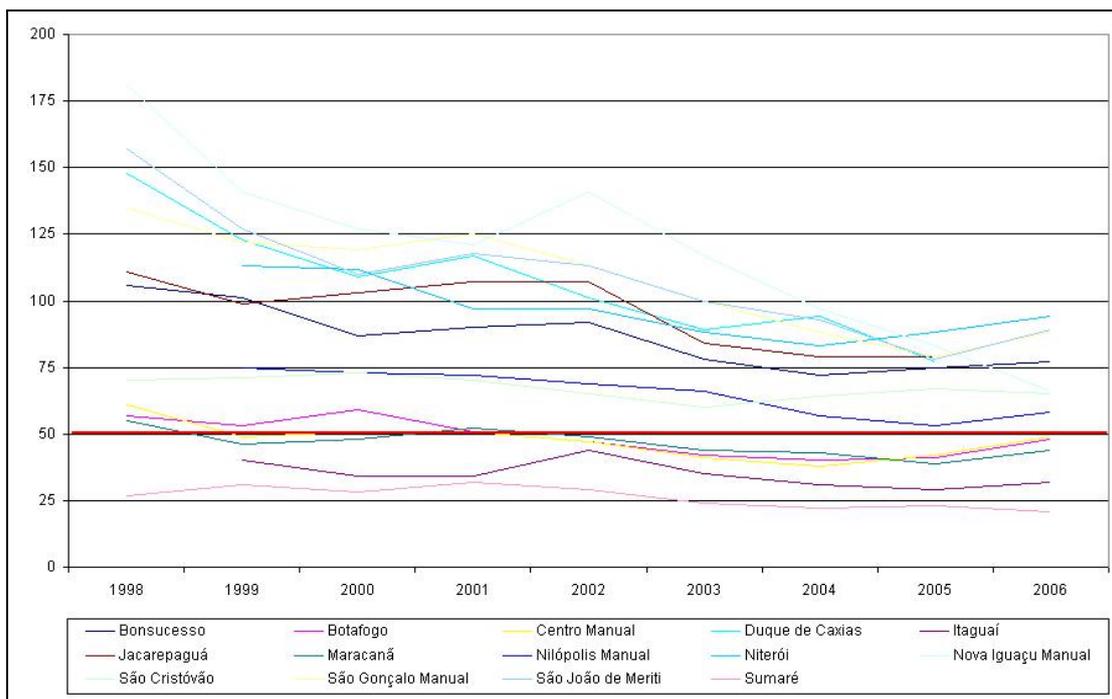
Comparando as concentrações médias diárias dos últimos cinco anos ao padrão diário de qualidade do ar ( $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), verifica-se a ocorrência de violações em nove das dezessete estações avaliadas. Considerando o período entre 2001 e 2005, observa-se na Figura 33, que o município de Belford Roxo apresentou o maior número de ultrapassagens ao padrão, chegando, em algumas ocasiões, a atingir o índice de qualidade do ar crítica. Também, é importante destacar os resultados encontrados para a estação do município de Queimados (monitorado até 2002), na qual a concentração média diária chegou a ultrapassar, em 93%, o padrão em questão e as concentrações medidas alcançaram, em 73% do total, os níveis que caracterizam a ocorrência de situações críticas de poluição do ar. Nesta estação, foi atingido o nível de concentração que caracteriza a ocorrência de situação aguda de poluição do ar. Assim como na análise das concentrações médias anuais, foi possível, conforme o esperado, identificar a diminuição do número de violações ao Pqar nos últimos anos.



**Figura 33: Número de dias com registro de ultrapassagens ao padrão diário de qualidade do ar para PTS**

#### 4.2.2.2 – Partículas Inaláveis (PI)

O monitoramento das concentrações de partículas inaláveis teve início em 1998. A evolução das concentrações anuais registradas mostra uma preponderância de valores superiores aos padrões de qualidade do ar fixados pela legislação, embora apresentem tendência de queda. A Figura 34 mostra o comportamento das concentrações anuais das várias localidades monitoradas.



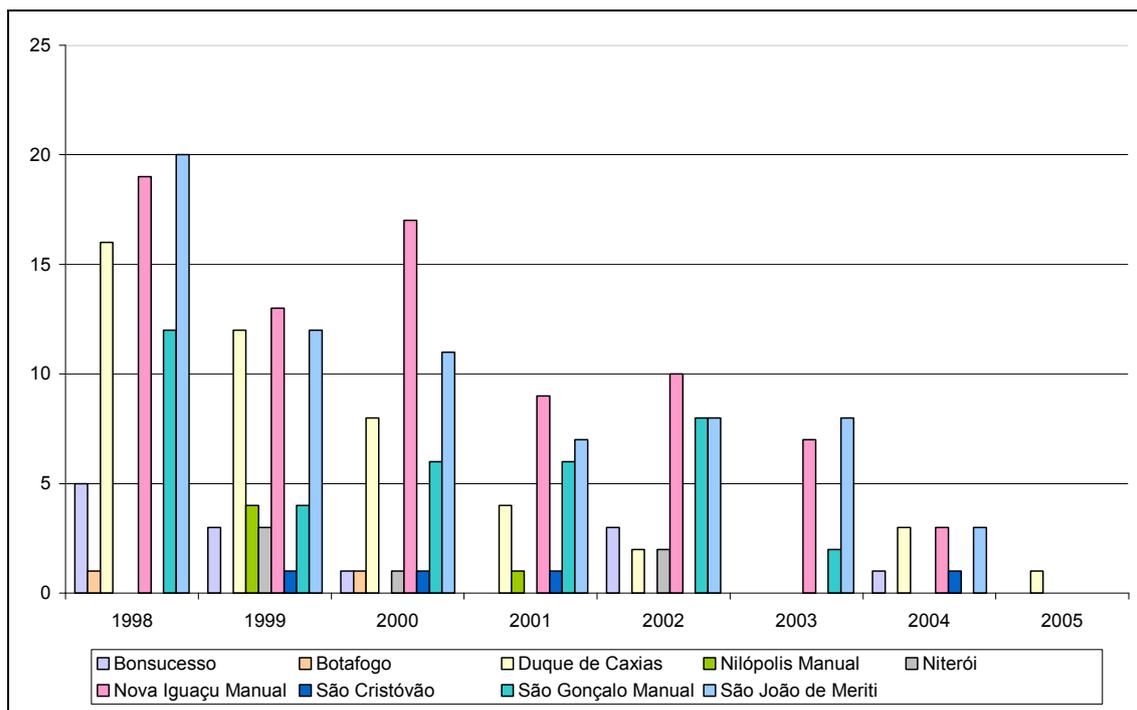
**Figura 34: Concentração de PI na RMRJ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

Fonte: EIA COMPERJ, 2007.

As estações localizadas em municípios da Baixada Fluminense, Nova Iguaçu e São João de Meriti, e nos municípios de São Gonçalo e Niterói são as que apresentam os maiores níveis de concentração de partículas inaláveis.

Da mesma forma, constata-se que o maior número de violações ao padrão diário de qualidade do ar ocorre, também, nos municípios da Baixada Fluminense, onde já foram registradas concentrações que caracterizam situações críticas de poluição do ar, de acordo com os patamares estabelecidos pela legislação em vigor.

O número com dias com registro de ultrapassagens ao padrão diário de qualidade do ar para partículas inaláveis em todas as estações considerada pode ser visto na Figura 35.

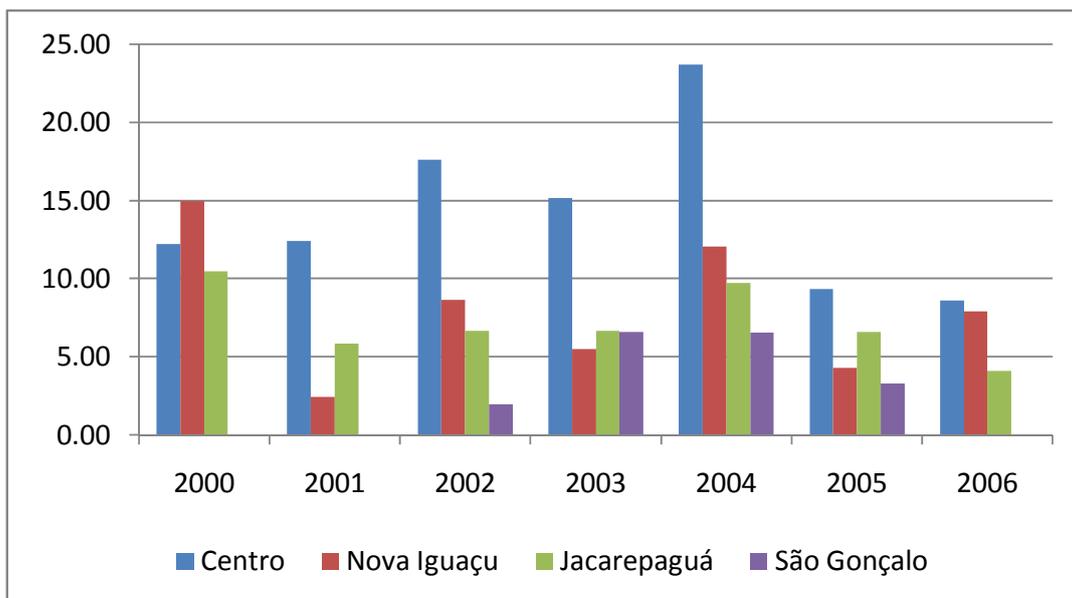


**Figura 35: Número de dias com registro de ultrapassagens ao padrão diário de qualidade do ar para PI na RMRJ**

#### 4.2.2.3 – Dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>):

O monitoramento de gases, regulamentados pela Resolução CONAMA 03/90, além de outros documentos legais, tem sido realizado em estações automáticas, que medem, continuamente, a qualidade do ar. Desse modo, a rede de monitoramento do órgão ambiental estadual, composta de quatro estações, vem medindo a qualidade do ar, desde 1999, em Nova Iguaçu, São Gonçalo, Jacarepaguá e Centro da Cidade do Rio de Janeiro. Durante todos esses anos, os resultados mostram que as concentrações de SO<sub>2</sub> encontram-se muito abaixo dos limites estabelecidos e, de certa forma, estáveis.

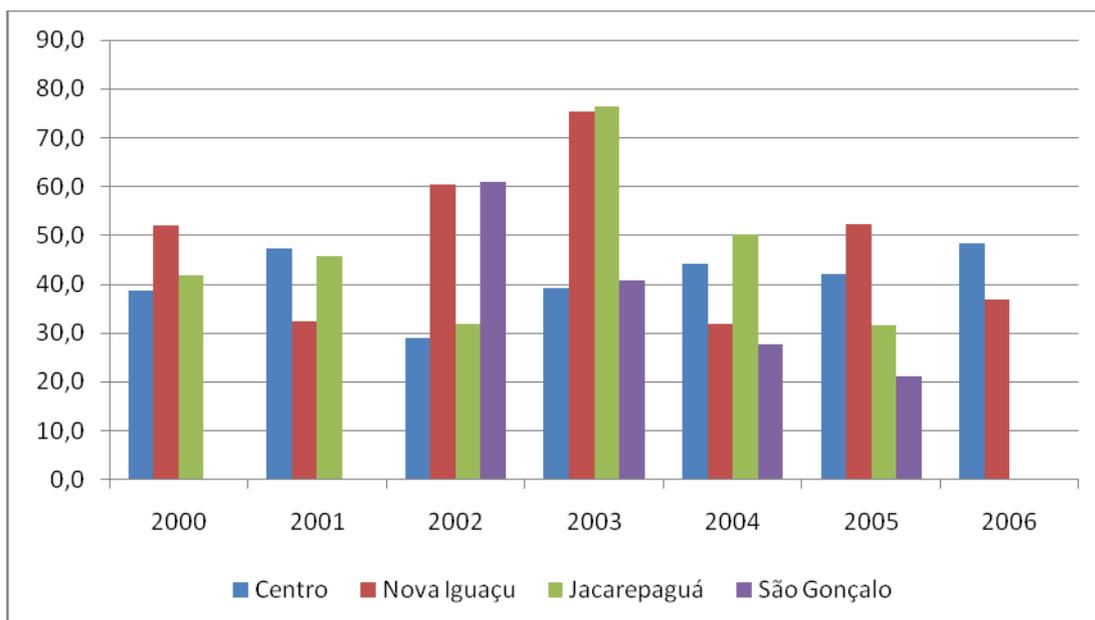
A avaliação da qualidade do ar quanto às concentrações média anual de SO<sub>2</sub> registradas (Figura 36) não revelou o comprometimento do P<sub>qar</sub> estabelecido pela Resolução CONAMA 03/90 para o poluente. Dentre as estações consideradas, pode-se destacar a estação Centro como a que apresentou os maiores resultados, exceto para o ano 2000, quando a estação Nova Iguaçu registrou a maior média anual. Vale ressaltar que a estação Centro é a mais exposta à emissão veicular. Não foi possível identificar uma tendência das concentrações médias ao longo dos anos, uma vez que estes valores apresentaram alta variabilidade.



**Figura 36: Concentração média anual de SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)**

#### 4.2.2.4 – Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>)

Para o dióxido de nitrogênio, os níveis de concentração não têm ultrapassado os padrões de longo período fixados pela legislação. No entanto, observa-se que as concentrações médias encontram-se bastante elevadas, principalmente, em Nova Iguaçu, quando chegam a ocupar cerca de 80% do padrão de qualidade do ar. Quanto ao padrão de curto período de NO<sub>2</sub>, este foi ultrapassado em praticamente todas as localidades monitoradas, exceto São Gonçalo. Analisando as concentrações médias anuais de NO<sub>2</sub>, apresentadas na Figura 37, nota-se significativa variação nas tendências, principalmente, nas estações Jacarepaguá, Nova Iguaçu e São Gonçalo. Também, não foram verificados valores superiores ao Pqar anual. Contudo, médias relativamente altas foram verificadas, no ano de 2003, nas estações Jacarepaguá e Nova Iguaçu. Neste ano, os resultados para estas estações revelaram um comprometimento médio superior 75% do Pqar.



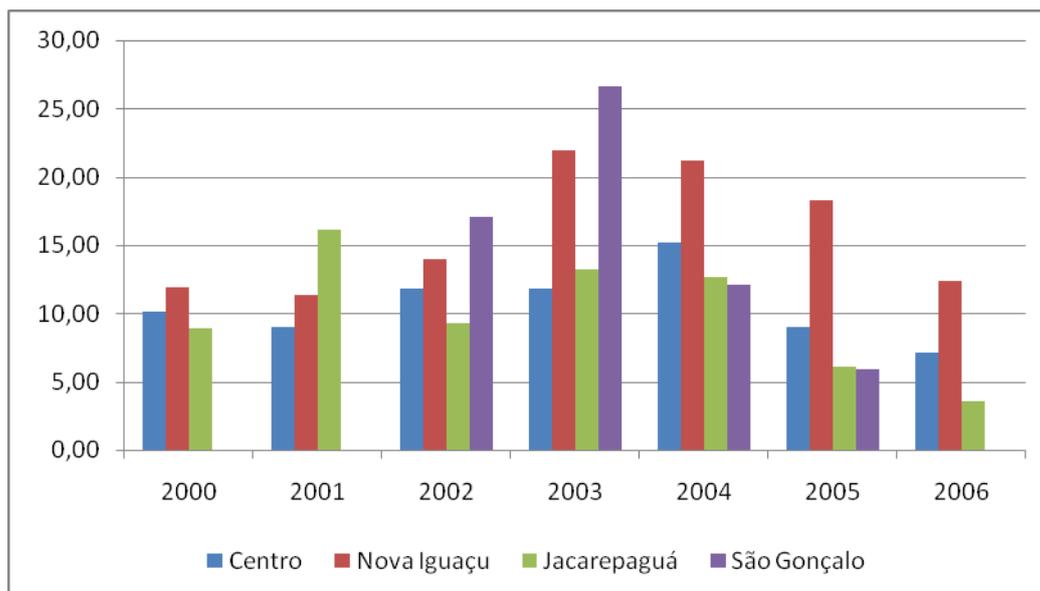
**Figura 37: Concentração média anual de dióxido de nitrogênio ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

#### 4.2.2.5 – Ozônio ( $\text{O}_3$ ):

Os níveis de concentração de ozônio na qualidade do ar, medidos em todas as estações, apresentam inúmeras violações ao padrão estabelecido pela legislação –  $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , durante 1 hora, a não ser excedido mais de uma vez ao ano. É importante ressaltar que a localização das estações que compõem a rede atual é desfavorável para a detecção de altas concentrações de ozônio, uma vez que a fonte de emissão de seus precursores está muito próxima – tráfego de veículos intenso<sup>10</sup>.

Analisando primeiramente a evolução do comportamento médio anual das concentrações de  $\text{O}_3$  ao longo dos últimos sete anos, não é possível identificar uma tendência bem definida. As concentrações médias anuais do poluente para todas as estações podem ser observadas na Figura 38. Dentre estas, as estações Nova Iguaçu e São Gonçalo foram as que apresentaram a maior variabilidade e as maiores concentrações médias anuais. Vale ressaltar que o baixo valor das concentrações médias anuais, quando comparados ao padrão médio horário do poluente, estabelecido pela Resolução CONAMA 03/90, como sendo  $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , deve-se ao perfil horário do poluente que à noite é consumido rapidamente.

<sup>10</sup> O ozônio é um poluente secundário, formado na atmosfera pela reação fotoquímica entre os óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos, emitidos, principalmente, de fontes de combustão. Para que ocorra a reação é necessário luz solar, ou seja, as maiores concentrações ocorrem a certa distância das fontes de emissão e nos horários de maior insolação.



**Figura 38: Concentração média anual de ozônio ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

#### 4.2.2.6 Hidrocarbonetos e Monóxido de Carbono

As concentrações de monóxido de carbono, historicamente, não têm apresentado violações aos padrões de 1 hora e 8 horas, estabelecidos pela legislação.

Quanto às concentrações de hidrocarbonetos, uma vez que esse parâmetro não é contemplado pela legislação ambiental vigente, apenas têm sido verificados os horários das ocorrências de valores significativos, segundo as características das fontes de emissão contribuintes, para cada estação de monitoramento. Segundo INEA (2010), ao longo dos anos, “as maiores concentrações foram registradas nas áreas com contribuição, principalmente, de emissão industrial, pois foram evidenciadas nas áreas de influência do pólo petroquímico, nas estações Campos Elíseos, Jardim Primavera e São Bento, no município de Duque de Caxias”.

#### 4.2.2.7 Qualidade do Ar na região do Pólo Gás-Químico de Duque de Caxias

Na região onde está localizado o Pólo Gás-Químico, objeto deste estudo, no município de Duque de Caxias, a qualidade do ar é monitorada desde o ano de 2004, por meio de cinco estações automáticas, de medição contínua da qualidade do ar, sob a responsabilidade das principais atividades poluidoras ali instaladas.

A rede de monitoramento foi dimensionada com base em estudos de simulação do comportamento dos poluentes por ela emitidos durante sua operação. As estações são capazes de medir, em tempo real, a concentração de todos os poluentes regulamentados pela legislação, além de hidrocarbonetos totais, metano,

hidrocarbonetos não metano e BTX – benzeno, tolueno e xilenos. Tais estações estão localizadas no Colégio Estadual Adelina de Castro, CIEP Cora Coralina, Secretaria Municipal de Meio Ambiente e na Polícia Rodoviária Federal, próximo ao Hospital de Saracuruna, na área de influência do pólo gás-químico. Algumas destas estações estão aptas a medir parâmetros meteorológicos, embora haja uma estação meteorológica completa instalada no *site* da Refinaria.

Em geral, verifica-se que os resultados das concentrações dos poluentes medidos ultrapassam ou tangenciam os padrões de qualidade do ar de longo período. Para os padrões de curto período, as violações são mais freqüentes, alcançando valores significativamente altos para as concentrações de ozônio, partículas inaláveis e hidrocarbonetos (Anexo). Cabe ressaltar que os valores de concentração de hidrocarbonetos registrados em todas as estações são demasiadamente elevados e, normalmente, são observadas muitas violações ao padrão de ozônio, tendo sido registrado, num só ano, numa única estação, 345 ultrapassagens.

Pode-se considerar que, mesmo com um período mais reduzido de monitoramento com relação à rede do governo, esta região é a que apresenta resultados de concentração de poluentes mais altos, caracterizando-a como a de pior qualidade do ar da RMRJ.

#### **4.2.2.8 – Diagnóstico da qualidade do ar**

De uma maneira geral, o conjunto de resultados de concentração dos vários poluentes medidos por meio da rede de monitoramento demonstra uma situação de saturação do ar para partículas totais em suspensão quase na totalidade das áreas monitoradas da RMRJ, devendo-se ressaltar que a Baixada Fluminense já apresenta episódios agudos de poluição do ar, segundo estabelece a legislação.

Também, parece claro que o setor norte da Bacia Aérea III, onde se encontra grande parte dos municípios da Baixada Fluminense, constitui uma zona crítica de poluição do ar quanto às concentrações de partículas inaláveis.

Atribui-se, prioritariamente, à grande quantidade de vias não pavimentadas a maior contribuição de emissões de material particulado no setor norte da Bacia Aérea III, secundariamente, à ressuspensão da poeira. Todavia, o material particulado inalável tem na queima de combustível fóssil sua grande fonte de emissão.

Os altos índices de concentração de ozônio indicam aumento contínuo das emissões de óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos, provenientes do crescimento

industrial e do aumento da frota veicular, aliado a uma maior incidência de radiação solar durante todo o ano, tornando a região propícia à formação deste poluente.

Na região de Duque de Caxias, verifica-se que os resultados das concentrações dos poluentes medidos ultrapassam ou tangenciam os padrões de qualidade do ar de longo período. Para os padrões de curto período, as violações são mais freqüentes, alcançando valores significativamente altos para as concentrações de ozônio, partículas inaláveis e hidrocarbonetos.

Pode-se considerar que, mesmo com um período mais reduzido de monitoramento, essa região é a que apresenta resultados de concentração de poluentes mais altos, caracterizando-a como a de pior qualidade do ar da RMRJ.

#### **4.2.3 - Caracterização Climatológica**

As descrições climatológicas do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) demonstram que o Estado do Rio de Janeiro sofre influência tanto de sistemas tropicais, quanto de latitudes médias. Possui uma estação seca bem definida no inverno e estação chuvosa no verão (chuvas convectivas). Além disso, a atuação de sistemas frontais é responsável pela ocorrência de precipitação na região durante boa parte do ano. A precipitação também é determinada pelo relevo, influência marítima e instabilidade atmosférica. Em relação às temperaturas, a região no período de inverno é afetada pela penetração de massas de ar frio de altas latitudes, o que contribui para a predominância de baixas temperaturas nessa estação.

A RMRJ demonstra a mesma diversidade climática assistida para o Estado, onde não somente as temperaturas médias são fortemente influenciadas pela questão do relevo e da posição em relação ao oceano, mas, também, o regime e a distribuição dos totais pluviométricos.

Os contrastes térmicos associados à topografia podem induzir a circulações locais, tais como as brisas de vale e montanha. A topografia local, a cobertura vegetal e a distância das fontes de umidade influenciam, significativamente, na distribuição da precipitação.

A pluviosidade média anual para a RMRJ situa-se em torno de 1500 mm e é influenciada pela atuação de Sistemas Convectivos de Mesoescala, de Sistemas Frontais e do Anticiclone do Atlântico Sul, ou seja, por uma combinação de fatores locais e dinâmicos da atmosfera.

De acordo com as Normais Climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia, do período 1961-90, as temperaturas médias mais altas são registradas no trimestre janeiro/fevereiro/março e as mínimas, entre junho e setembro (Tabela 35).

Observa-se, ainda, que a maior parte do total precipitado (1172,9 mm) ocorre no verão e que, em geral, a umidade relativa do ar apresenta pouca variação entre os meses do ano. No que tange as médias de nebulosidade, são verificados mínimos nos meses de julho e agosto e máximas em dezembro.

É importante lembrar que a RMRJ quase sempre apresenta alguma nebulosidade, em grande parte, por conta da proximidade de fontes de umidade como o oceano e a Baía de Guanabara. A insolação total, assim como a temperatura média, apresentam máximas no trimestre janeiro-fevereiro-março. Os menores valores registrados são observados nos meses de setembro e dezembro.

**Tabela 35: Normais Climatológicas do Estado do Rio de Janeiro 1961-1990**

PERÍODO	TEMPERATURA			PRECIPITAÇÃO TOTAL	UMIDADE RELATIVA	NEBULOSIDADE (0-10)	INSOLAÇÃO TOTAL (HORAS E DÉCIMOS)
	MÉDIA	MÁXIMA	MÍNIMA				
Janeiro	26,2	29,4	23,3	114,1	79,0	6,0	196,2
Fevereiro	26,5	30,2	23,5	105,3	79,0	5,0	207,0
Março	26,0	29,4	23,3	103,3	80,0	5,0	195,6
Abril	24,5	27,8	21,9	137,4	80,0	5,0	166,0
Mai	23,0	26,4	20,4	85,6	80,0	5,0	171,4
Junho	21,5	25,2	18,7	80,4	79,0	5,0	157,2
Julho	21,3	25,3	18,4	56,4	77,0	4,0	182,5
Agosto	21,8	25,6	18,9	50,5	77,0	4,0	178,4
Setembro	21,8	25,0	19,2	87,1	79,0	6,0	136,9
Outubro	22,8	26,0	20,2	88,2	80,0	6,0	158,5
Novembro	24,2	27,4	21,4	95,6	79,0	6,0	168,7
Dezembro	25,2	28,6	22,4	169,0	80,0	7,0	160,1
Anual	23,7	27,2	21,0	1172,9	79,0	5,0	2078,5

Fonte: INMET, 1992.

A região do Pólo Gás-químico está situada, aproximadamente, nas coordenadas 22° 43' S e 43° 14' W, no município de Duque de Caxias.

Vários aspectos de caráter geográficos, como a presença da Baía de Guanabara, a Baixada Fluminense densamente urbanizada e a proximidade da Serra do Mar, influenciam o clima local e interferem nos parâmetros meteorológicos responsáveis pela caracterização das condições micro-climáticas.

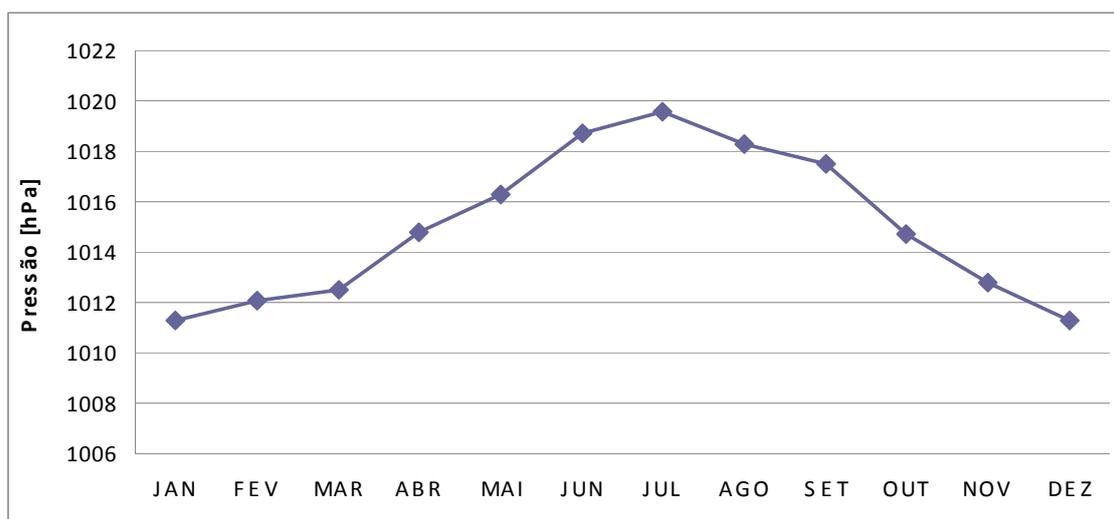
Basicamente, predomina o clima tropical semi-úmido, com verão quente e chuvoso e inverno seco com temperaturas amenas. Entretanto, devido à interação entre os fatores dinâmicos do clima e as características geográficas da região, é comum a ocorrência de variabilidades climáticas diferentes.

Sazonalmente, os valores de pressão atmosférica ao nível da superfície são maiores no inverno e menores no verão. As pressões atmosféricas médias em janeiro e julho (meses climatologicamente extremos) são de 1011 hPa e 1020 hPa, respectivamente.

Em termos de qualidade do ar, a ocorrência de maiores ou menores pressões na superfície interferem diretamente na capacidade de mistura dos poluentes situados na camada de ar mais baixa, influenciando, conseqüentemente, nos níveis de concentração dos poluentes.

As maiores pressões estão associadas à estabilidade que retém os poluentes nos níveis mais baixos, limitando seu deslocamento vertical, enquanto que as menores pressões, ao contrário, permitem uma maior movimentação vertical para cima, afastando os poluentes dos níveis próximos ao solo, reduzindo suas concentrações.

Na Figura 39 pode ser observado o gráfico que representa a variação da pressão atmosférica no Rio de Janeiro.



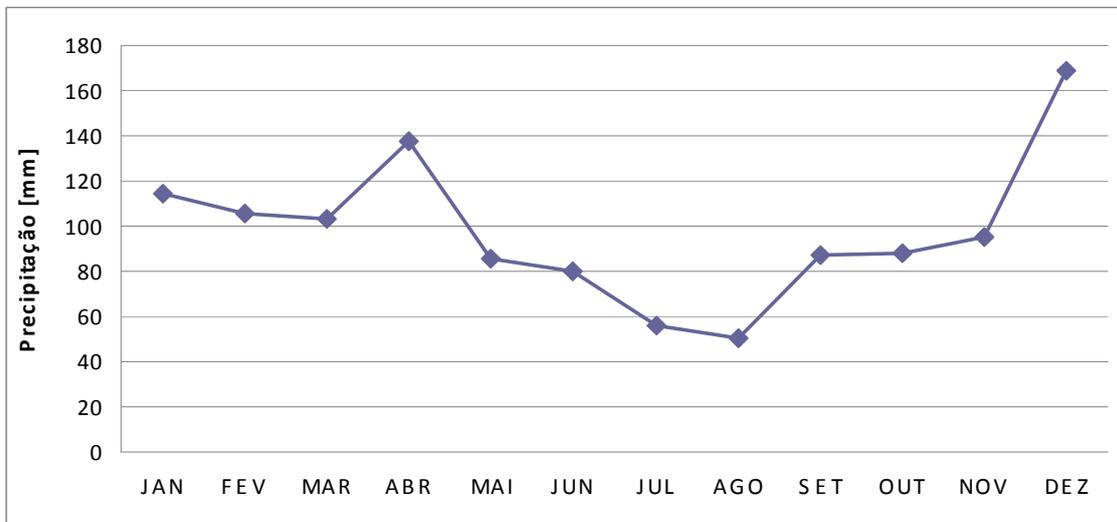
**Figura 39: Variação da pressão atmosférica na RMRJ (1961- 1990)**

Fonte: INMET

A precipitação apresenta uma sazonalidade típica da região sudeste, mais chuva no verão e menos no inverno. Existem, segundo as Normais Climatológicas, duas épocas do ano com maior intensidade de chuvas, em abril, início do outono e dezembro, início do verão.

A umidade relativa do ar, apesar de não se alterar significativamente ao longo do ano, permanecendo numa média mensal de cerca de 80%, acompanha a variação sazonal da precipitação e atinge níveis inferiores a 70% no período do inverno.

A Figura 40 apresenta o gráfico com a variação sazonal da precipitação.

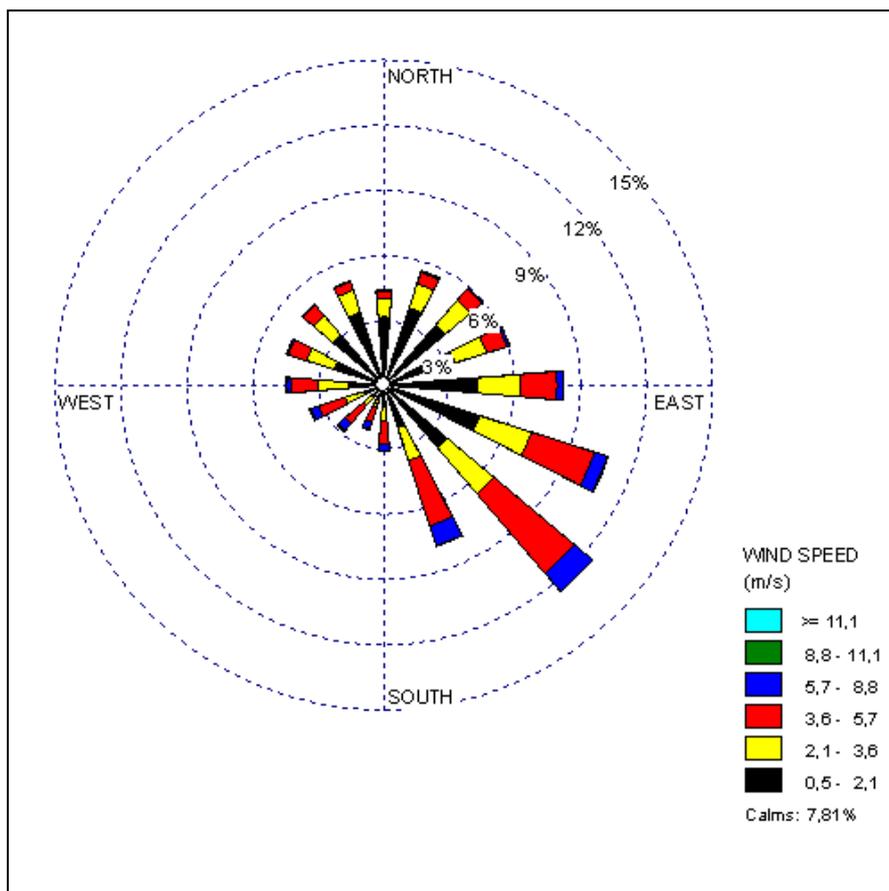


**Figura 40: Variação sazonal da precipitação (1961 -1990)**

Fonte: INMET

Quanto à insolação, esta é função não apenas da nebulosidade existente, mas, também, da duração dos dias — mais longos no verão e mais curtos no inverno. Os menores valores ocorrem em setembro (136,9 horas), devido aos elevados níveis de nebulosidade nessa época e dias não tão longos quanto os de verão. Por outro lado, o maior valor ocorre em fevereiro (207,0 horas), mês com dias longos e nebulosidade intermediária.

Os ventos fluem predominantemente da direção sudeste e as velocidades médias ao longo do ano situam-se em torno de 2,8 m/s, enquanto a ocorrência de calmarias é cerca de 8 %, conforme pode ser observado na Figura 41, que apresenta a Rosa dos Ventos da estação localizada no Aeroporto do Galeão, para o período de 2001 a 2005.



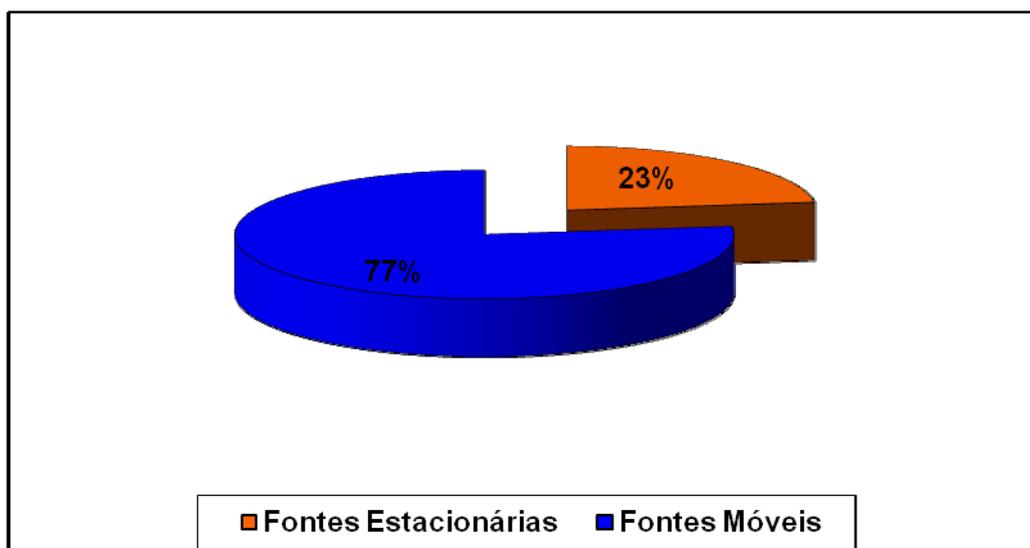
**Figura 41: Rosa dos Ventos do Aeroporto do Galeão 2001-2005**

#### 4.2.4 – Características das Fontes de Emissão

O Inventário de Fontes de Emissoras de Poluentes Atmosféricos, publicado pela FEEMA, em 2004, definiu qualitativa e quantitativamente as fontes poluidoras do ar, possibilitando o conhecimento da natureza e extensão do problema, de acordo com a região em estudo. Dessa forma, foi identificado que a Bacia Aérea III assume um papel de destaque em relação às demais, por abrigar a maior parte da ocupação urbano industrial do Estado e, como consequência, possui um grande potencial de fontes de emissão de poluentes, sendo considerada área prioritária para as ações de controle da poluição do ar.

O levantamento abordou as emissões provenientes não só de atividades industriais (fontes fixas), como, também, de veículos automotores (fontes móveis) nas principais vias de tráfego. As fontes naturais, tais como, queimadas, desgaste do solo, erosão eólica não foram consideradas.

No universo de fontes consideradas tem-se como resultado principal que as fontes móveis são responsáveis por 77% do total de poluentes emitidos para a atmosfera e as fontes fixas 23% (Figura 42).



**Figura 42: Contribuição das fontes na carga poluidora da RMRJ**

Fonte: FEEMA, 2004

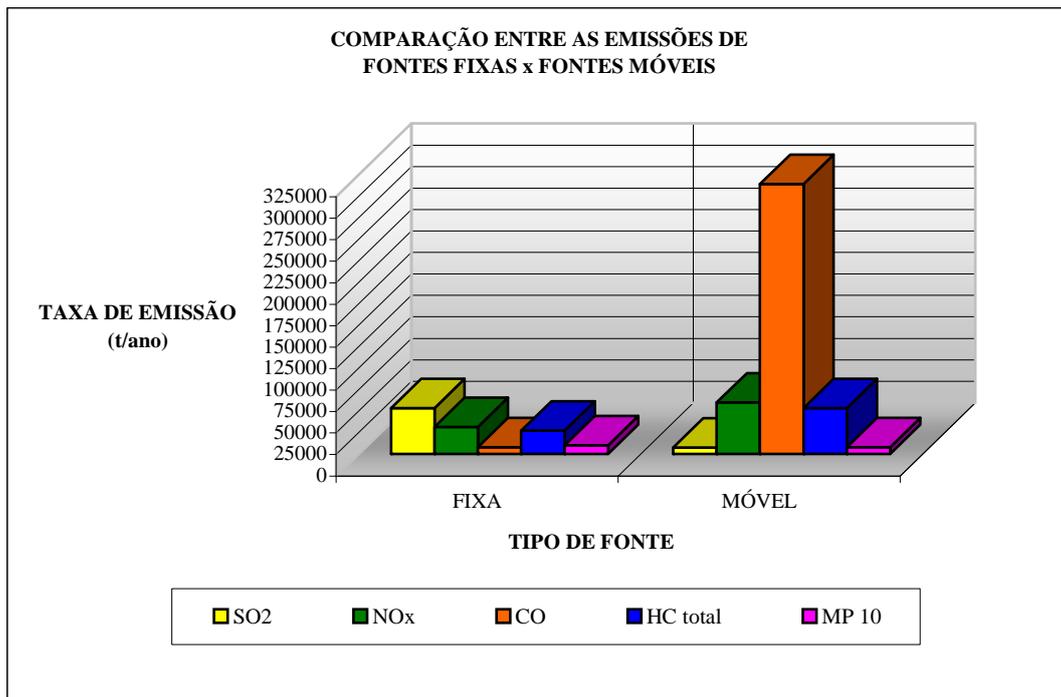
É importante ressaltar que o inventário de emissões não abordou as fontes naturais e nem as vias de tráfego não pavimentadas, cuja emissão de material particulado é significativa na RMRJ, como já mencionado.

A contribuição das fontes fixas e móveis, por tipo de poluente, consta da Tabela 36 e da Figura 43. Verifica-se que a maior parcela de contribuição das fontes fixas está relacionada à emissão de material particulado inalável e ao dióxido de enxofre. Quanto às fontes móveis, a participação de suas emissões é maior para os hidrocarbonetos e monóxido de carbono.

**Tabela 36: Taxas de Emissão por tipo de Fonte na RMRJ (x 1000 ton/ano)**

TIPO DE FONTE	MP10	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	HC
Fixas	10,6	55,8	30,3	6,3	25,9
Móveis	7,8	7,5	60,2	314,7	53,4
<b>Total</b>	<b>18,4</b>	<b>63,3</b>	<b>90,5</b>	<b>321,0</b>	<b>79,3</b>

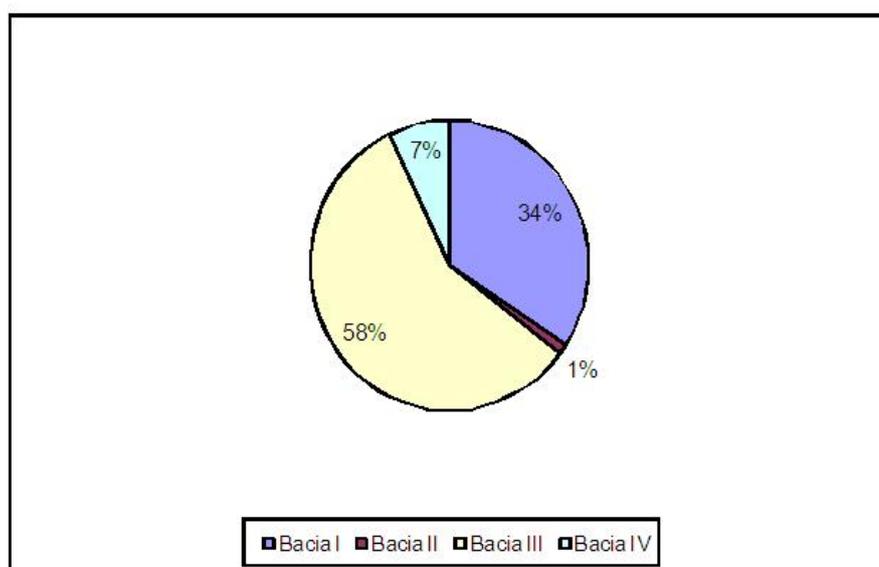
Fonte: FEEMA, 2004.



**Figura 43: Emissão por tipo de Fonte na RMRJ**

Fonte: FEEMA, 2004

A participação das emissões atmosféricas das fontes fixas, em cada bacia aérea da RMRJ é mostrada na Figura 44.



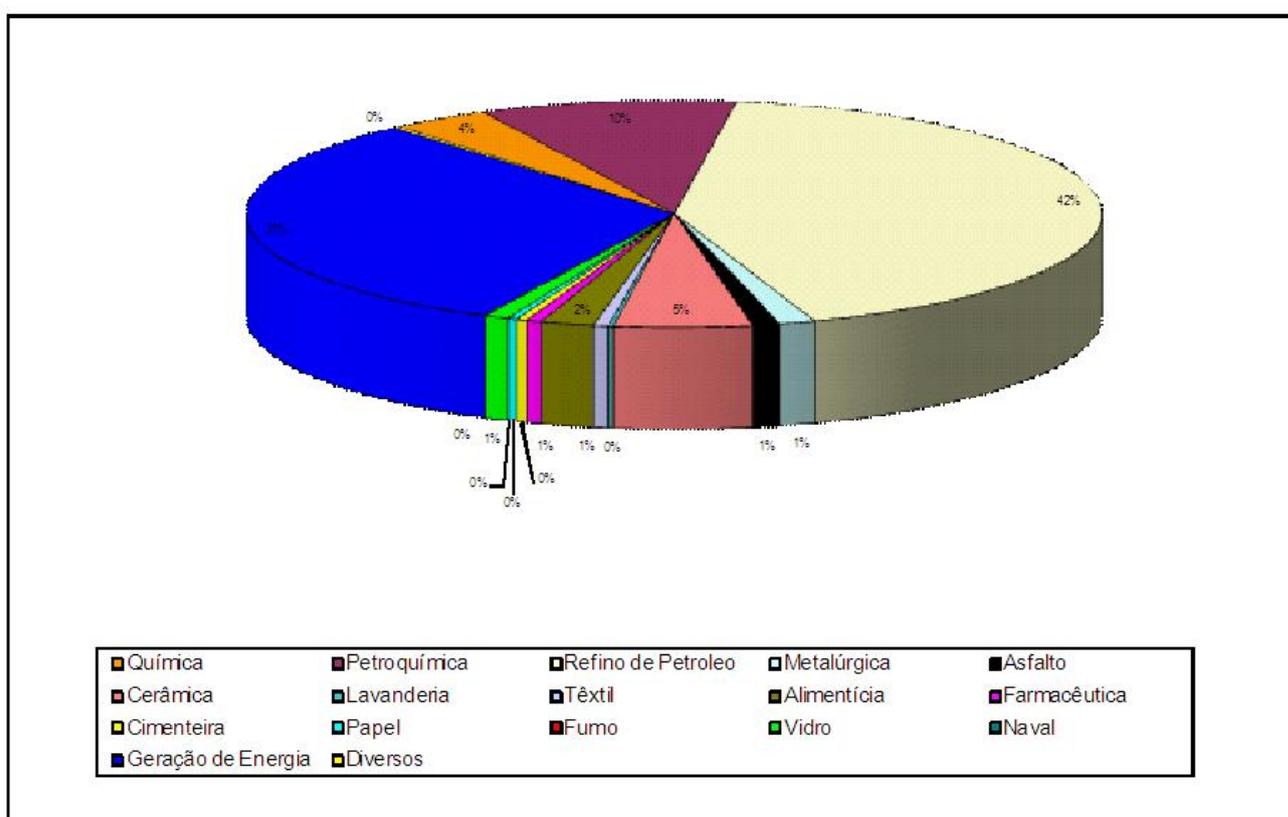
Fonte: Pires, 2005

**Figura 44: Participação das Emissões por Bacias Aéreas**

Observa-se que a Bacia Aérea III concentra 58% das emissões totais provenientes das fontes fixas.

A carga poluidora de dióxido de enxofre lançada na Bacia Aérea III representa, aproximadamente, 53% do total lançado por todas as atividades industriais da Região Metropolitana. Para os hidrocarbonetos, alcança 95% das emissões inventariadas e, no caso dos óxidos de nitrogênio, a contribuição relativa é, também, 44% do total emitido.

A desagregação das informações por tipologia industrial evidencia que a principal contribuição é atribuída às atividades de refino de petróleo<sup>11</sup>, responsáveis por 42 % das emissões totais, de acordo com a Figura 45.



Fonte: Pires, 2005

**Figura 45: Participação das emissões por tipologia industrial**

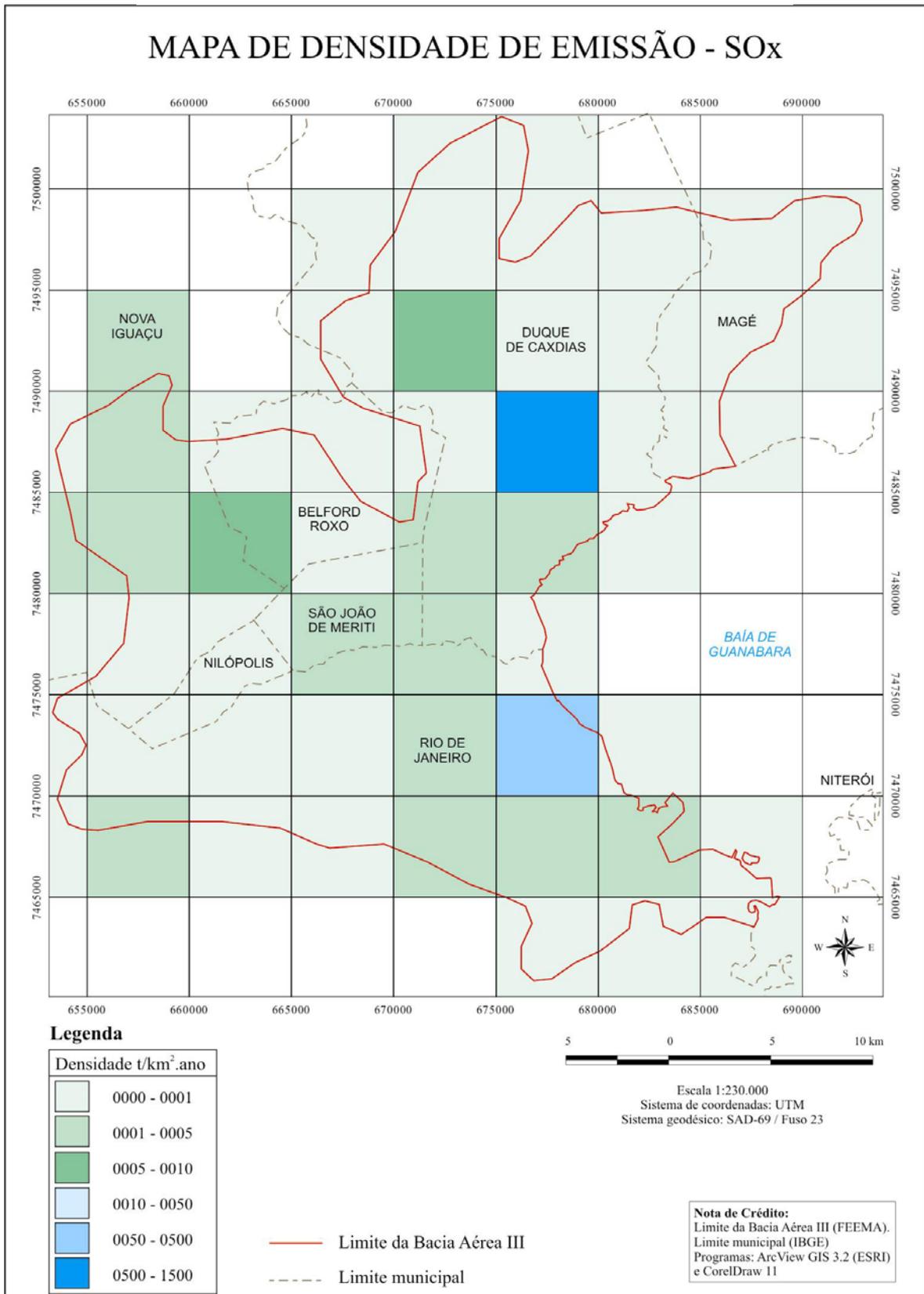
Foi realizado, em 2004, o “Inventário de emissões atmosféricas de fontes estacionárias e sua contribuição para a poluição do ar na Região Metropolitana do Rio de Janeiro”, e com base nas informações Pires (2005) distribuiu geograficamente as emissões contabilizadas na Região. Desse modo, ressaltou duas áreas onde a

<sup>11</sup> Na ocasião, havia 2 refinarias de petróleo em operação na RMRJ.

densidade de emissão de  $\text{SO}_x$  supera o valor de  $50 \text{ t/km}^2\text{.ano}$ : a de maior densidade, acima de  $500 \text{ t/km}^2\text{.ano}$ , no município de Duque de Caxias, onde são realizadas atividades de refino de petróleo e atividades petroquímicas, e outra, com densidade entre  $50$  e  $500 \text{ t/km}^2\text{.ano}$ , situada no município do Rio de Janeiro, onde há grande concentração de atividades industriais que utilizam óleo combustível.

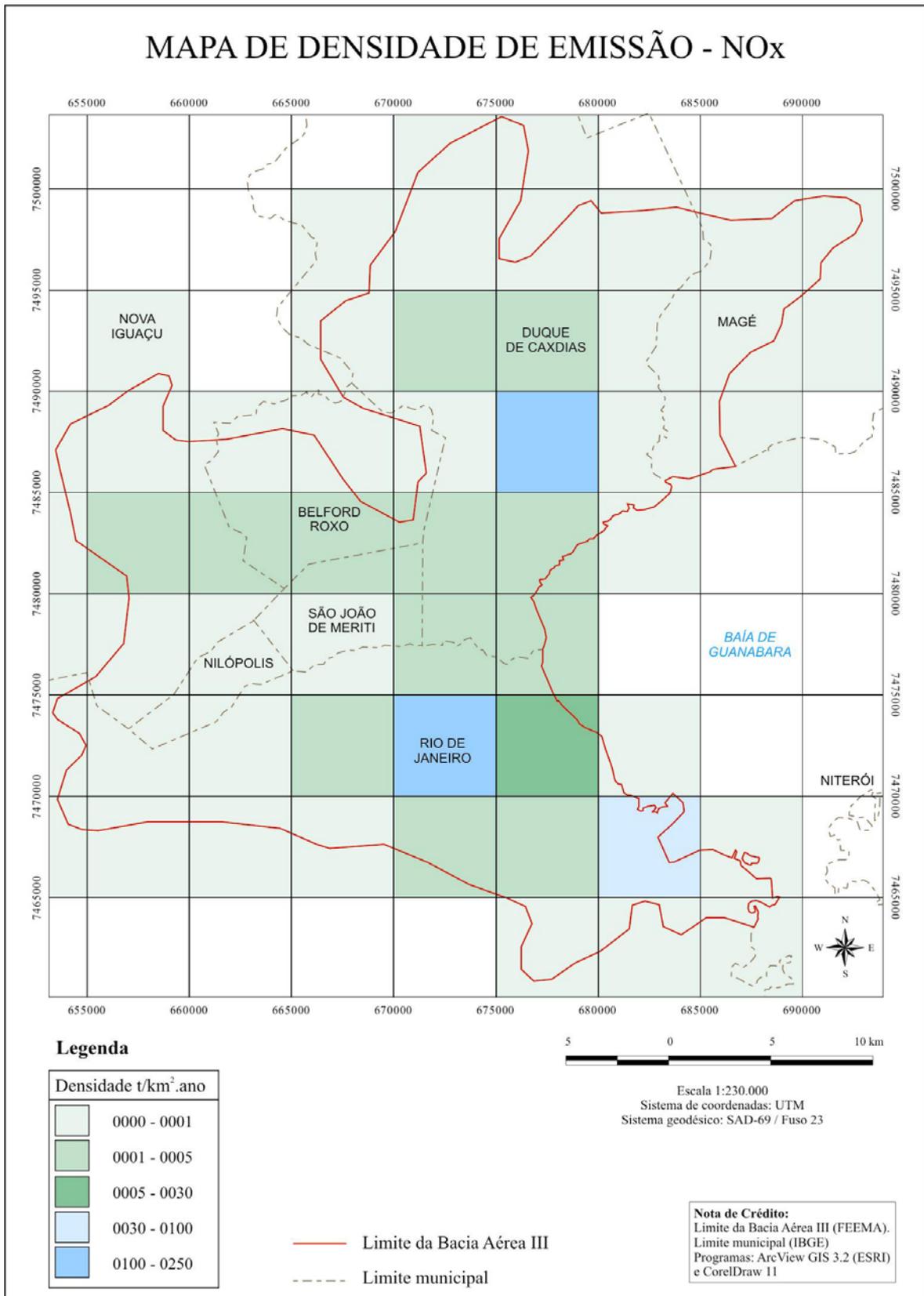
Também, demonstrou que em Duque de Caxias ocorre a maior densidade de emissão de óxidos de nitrogênio, acima de  $100 \text{ t/km}^2\text{.ano}$ , juntamente com parte do município do Rio de Janeiro, onde predominam atividades que utilizam gás natural. A densidade de emissão de monóxido de carbono apresentou distribuição semelhante ao do óxido de nitrogênio, porém com escala máxima entre  $20$  e  $50 \text{ t/km}^2\text{.ano}$ .

A maior densidade de emissão de hidrocarbonetos foi observada, também, no município de Duque de Caxias, onde se concentram as atividades operacionais dos setores de refino de petróleo e petroquímico, assim como para o material particulado inalável, com a maior densidade de emissão. As Figuras 46, 47, 48, 49 e 50 ilustram esses comentários.



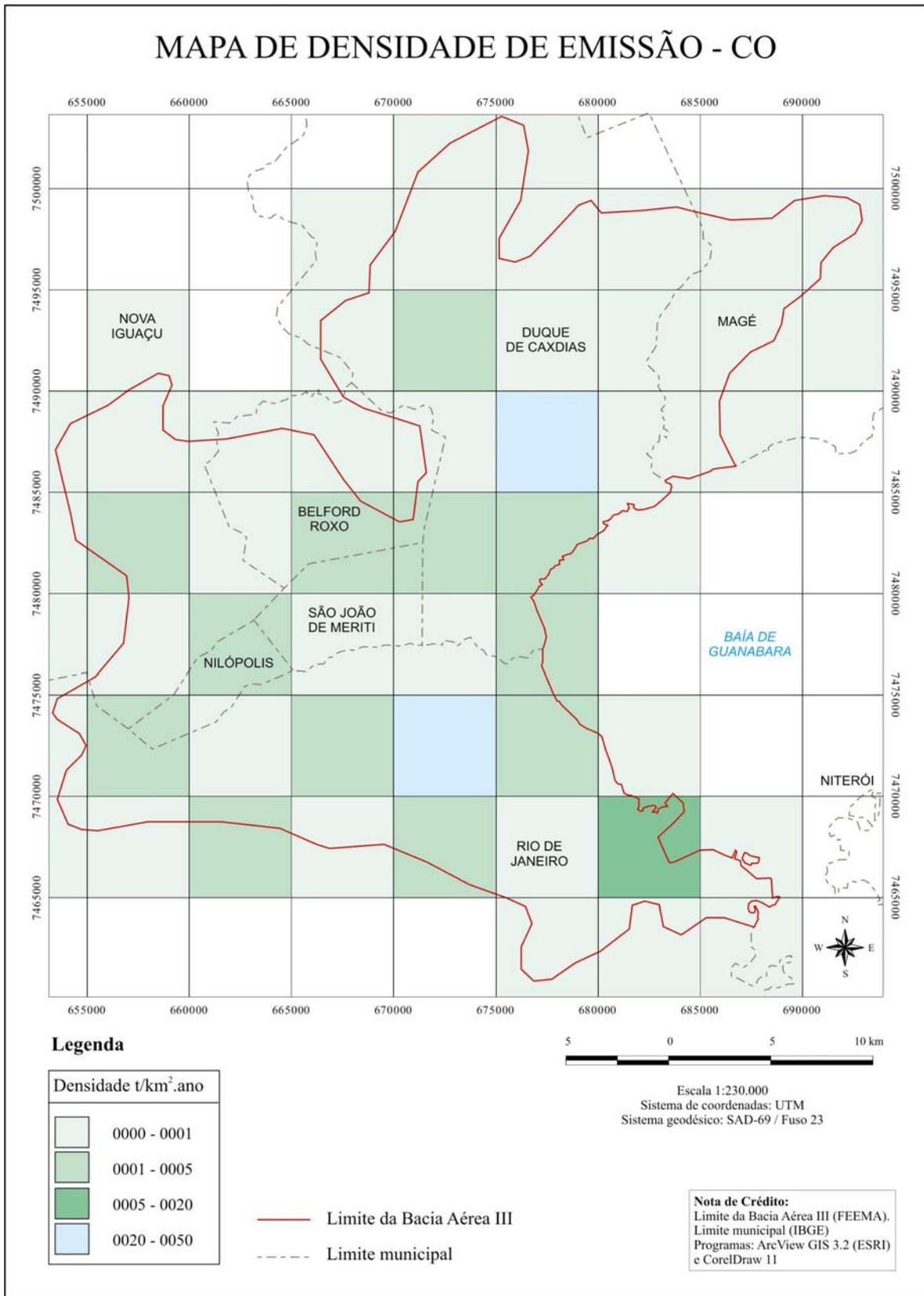
Fonte: Pires, 2005

**Figura 46: Densidade de Emissão para o SO<sub>x</sub> na RMRJ**



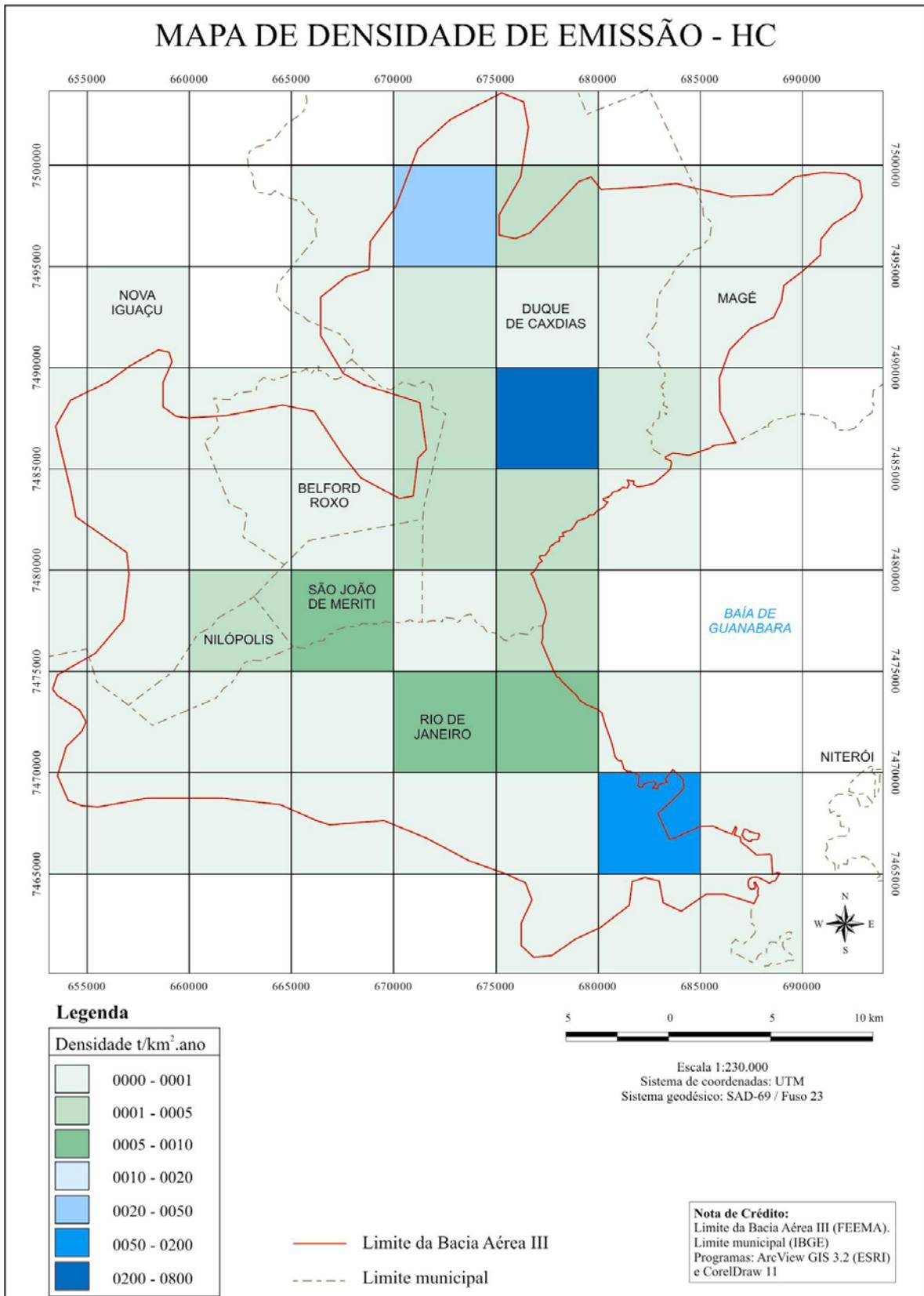
Fonte: Pires, 2005

**Figura 47: Densidade de Emissão para o NO<sub>x</sub> na RMRJ**



Fonte: Pires,2005

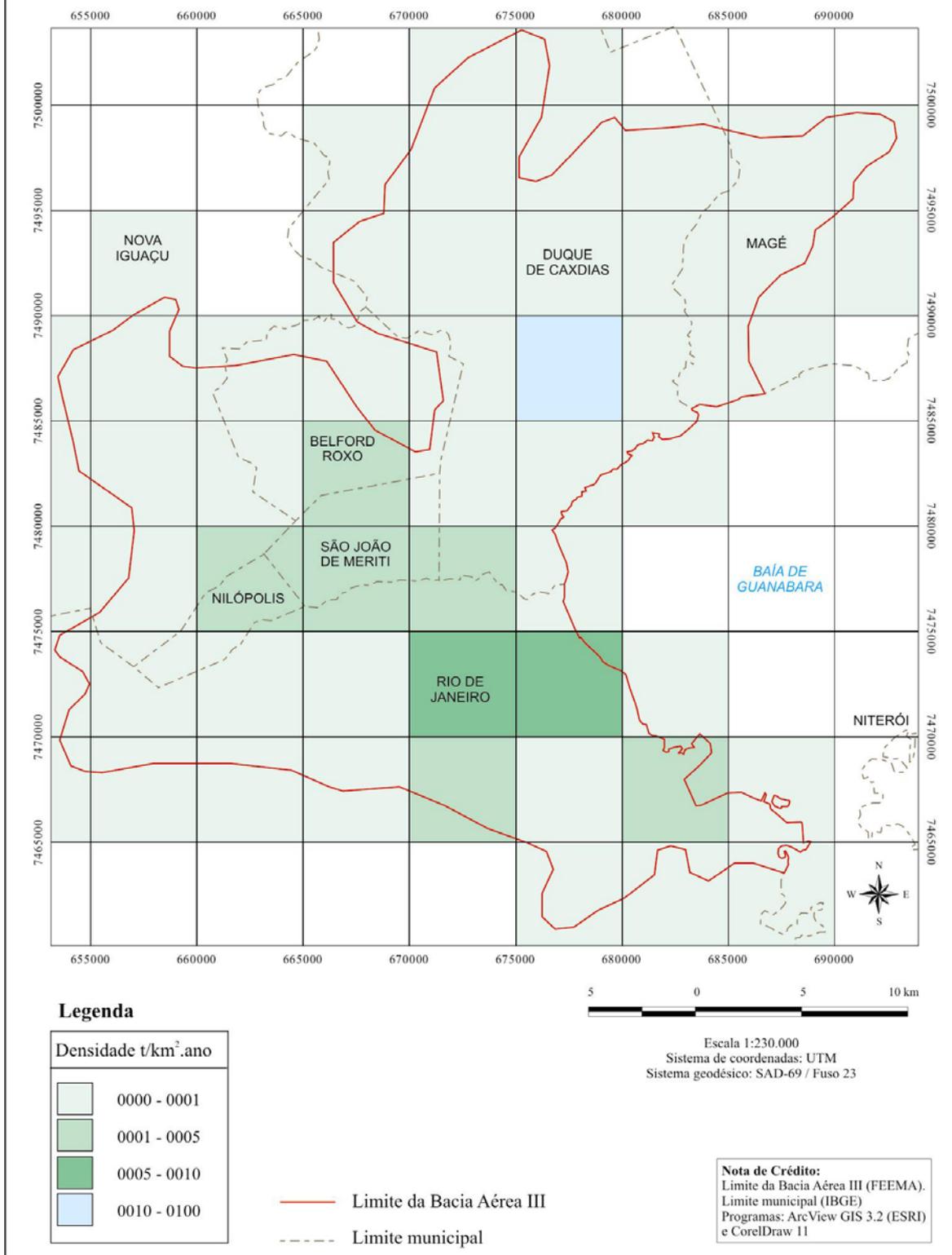
**Figura 48: Densidade de Emissão para CO na RMRJ**



Fonte: Pires,2005

**Figura 49: Densidade de Emissão para HC na RMRJ**

# MAPA DE DENSIDADE DE EMISSÃO - MP10



Fonte: Pires, 2005

**Figura 50: Densidade de Emissão para MP<sub>10</sub> na RMRJ.**

Todo esse conjunto de informações aponta, claramente, que na RMRJ, o município de Duque de Caxias concentra a maior parcela de contribuição de emissões de poluentes atmosféricos provenientes de atividades industriais.

Em outro inventário de emissões, realizado pelas próprias empresas, com o objetivo de integrar um “Plano de Gestão da Qualidade do Ar do Pólo Gás-Químico do Rio de Janeiro”, foram demonstradas as emissões atmosféricas provenientes das empresas localizadas em Campos Elíseos, Duque de Caxias, onde uma única empresa é responsável, atualmente, por 76,3% das emissões de material particulado, 99,8% das de SO<sub>2</sub>, 72,7% de NO<sub>x</sub>, 61% de CO e 42,4% de HC (Tabela 37).

**Tabela 37: Principais emissões atmosféricas provenientes das fontes fixas localizadas no Pólo Gás-Químico de Duque de Caxias (ano-base 2006)**

Parâmetro / Fonte/ Empresa	CO (ton/ano)	SO <sub>x</sub> (ton/ano)	NO <sub>x</sub> (ton/ano)	MP (ton/ano)	HC (ton/ano)
1	1415,3	17306,2	5323,2	521,7	913,6
2	0	0	0	0	386,8
3	304,4	2,2	667,2	16,6	449,7
4	357,0	3,9	568,6	64,7	219,5
5	19,7	0	3,6	13,2	23,9
6	211,8	24,8	759,8	67,6	161,6
<b>Total</b>	<b>2308,2</b>	<b>17337,3</b>	<b>7340,4</b>	<b>683,8</b>	<b>2155,1</b>
<b>% Empresa 1</b>	<b>61</b>	<b>99,8</b>	<b>72,7</b>	<b>76,3</b>	<b>42,4</b>

Fonte: Elaboração Própria, a partir dos dados do Plano de Gestão da Qualidade do Ar no Pólo Gás-químico (em elaboração) e EIA REDUC, 2007.

#### **4.2.5 – Avaliação dos impactos cumulativos causados pelo Pólo Gás-químico na região de Duque de Caxias**

De acordo com o plano setorial do governo federal, visando ampliar a disponibilidade de gás natural para o mercado regional, está prevista a ampliação e modernização da refinaria de petróleo, da malha de gasodutos, já tendo implantado um terminal de recebimento e regaseificação de gás natural liquefeito, investimentos estes que irão ocorrer, principalmente, na região do Pólo de Duque de Caxias.

Com foco especial na qualidade do ar foi realizado um estudo de dispersão do comportamento dos poluentes emitidos pelas várias unidades industriais que compõem esse Pólo, além daqueles gerados pelas ampliações previstas, no sentido de avaliar os impactos cumulativos a serem causados na qualidade do ar da região.

Os impactos cumulativos podem resultar de ações individualmente menores, mas coletivamente significantes, que tomam lugar num determinado período de tempo.

Desse modo, foi aplicada a técnica de modelagem matemática<sup>12</sup> para avaliar as emissões atmosféricas nos cenários propostos. Para tal, foi utilizada a metodologia recomendada pelo CEQ (*Council on Environmental Quality*), que possibilita quantificar as relações causa-efeito que induzem os efeitos cumulativos (CEQ, 1977) e o modelo de dispersão *AERMOD* (EPA, 2004), desenvolvido e recomendado como regulatório pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (*US-EPA*).

Várias são as definições encontradas na literatura para o conceito de impacto ou efeito cumulativo. De maneira bastante sintética Sadler (1996) define como sendo o “*resultado líquido de impactos ambientais de diversos projetos e atividades*”. A regulamentação da lei ambiental norte-americana conceitua como o “*impacto sobre o ambiente resultante do impacto de uma ação presente, quando somadas a outras ações passadas, presentes ou futuras, razoavelmente previsíveis*” (*Council on Environmental Quality*, 1987; *Environmental Protection Agency*, 1969).

Assim, desenvolveu-se um estudo de simulação da dispersão de poluentes a partir das condições atmosféricas locais e das emissões atmosféricas potenciais das principais fontes fixas da região, de acordo com as informações coletadas nos EIA/RIMA. Para as simulações foram utilizados 5 (cinco) anos de dados meteorológicos horários. Também, foram considerados como indicadores das atividades de refino de petróleo e processamento de gás natural, os óxidos de nitrogênio (NOx) e hidrocarbonetos (HC), por serem tais poluentes característicos dessas atividades industriais.

As concentrações de NOx foram comparadas ao padrão de qualidade do ar de longo período, previsto na legislação ambiental, de 100 µg/m<sup>3</sup>. Os valores de concentração de HC foram remetidos à média de 3 horas, de forma a serem comparados a um valor referência, estipulado/arbitrado em 160 µg/m<sup>3</sup>, valor este já utilizado pelo US-EPA.

Assim sendo, procedeu-se a avaliação de cumulatividade de impactos considerando-se as emissões provenientes das unidades já existentes, das novas instalações e das unidades a serem modernizadas e/ou ampliadas. Também, foram consideradas as emissões atmosféricas geradas pela operação do Terminal Flexível de GNL, além das empresas do Pólo Gás-Químico.

A Tabela 38 apresenta, resumidamente, as emissões atmosféricas consideradas, com as respectivas fontes.

---

<sup>12</sup> Ferramenta analítica que possibilita a quantificação das relações de causa e efeito, por intermédio de simulações das condições ambientais.

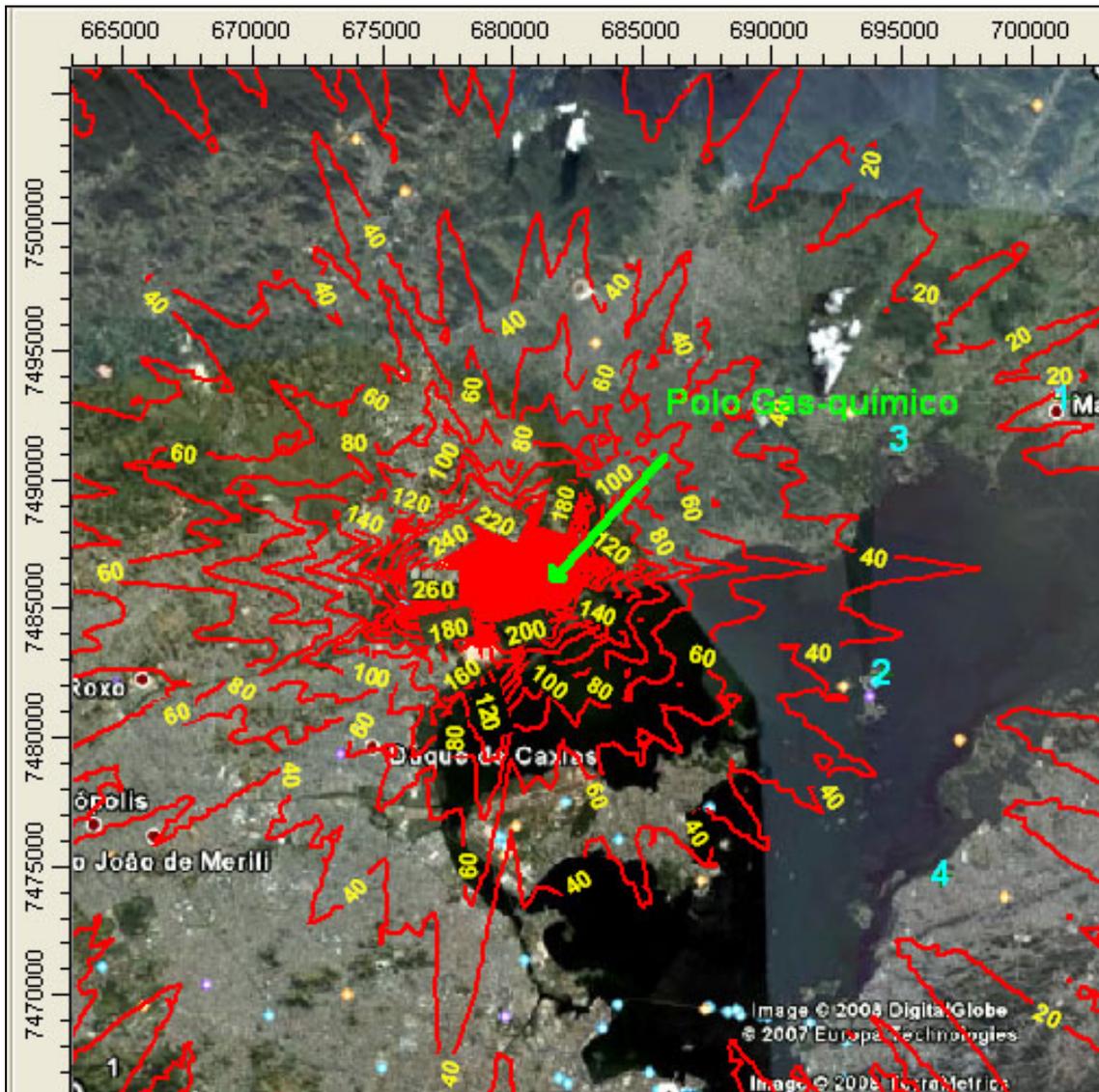
**Tabela 38 – Estimativa das emissões atmosféricas das fontes fixas localizadas no Pólo Gás-químico de Duque de Caxias e no Terminal Flexível de GNL**

Parâmetro / Fonte	CO (ton/ano)	SOx (ton/ano)	NOx (ton/ano)	MP (ton/ano)	HC (ton/ano)
1	1.649,4	13.146,7	3.091,9	836,1	768,3
2	0	0	0	0	386,8
3	304,4	2,2	667,2	16,6	449,7
4	357,0	3,9	568,6	64,7	219,5
5	19,7	0	3,6	13,2	23,9
6	211,8	24,8	759,8	67,6	161,6
7	209,8	15,2	277,8	9,5	28,0
Total	2.752,1	13.192,8	5.368,9	1.007,7	2.037,8

Fonte: LIMA/COPPE/UFRJ, 2009.

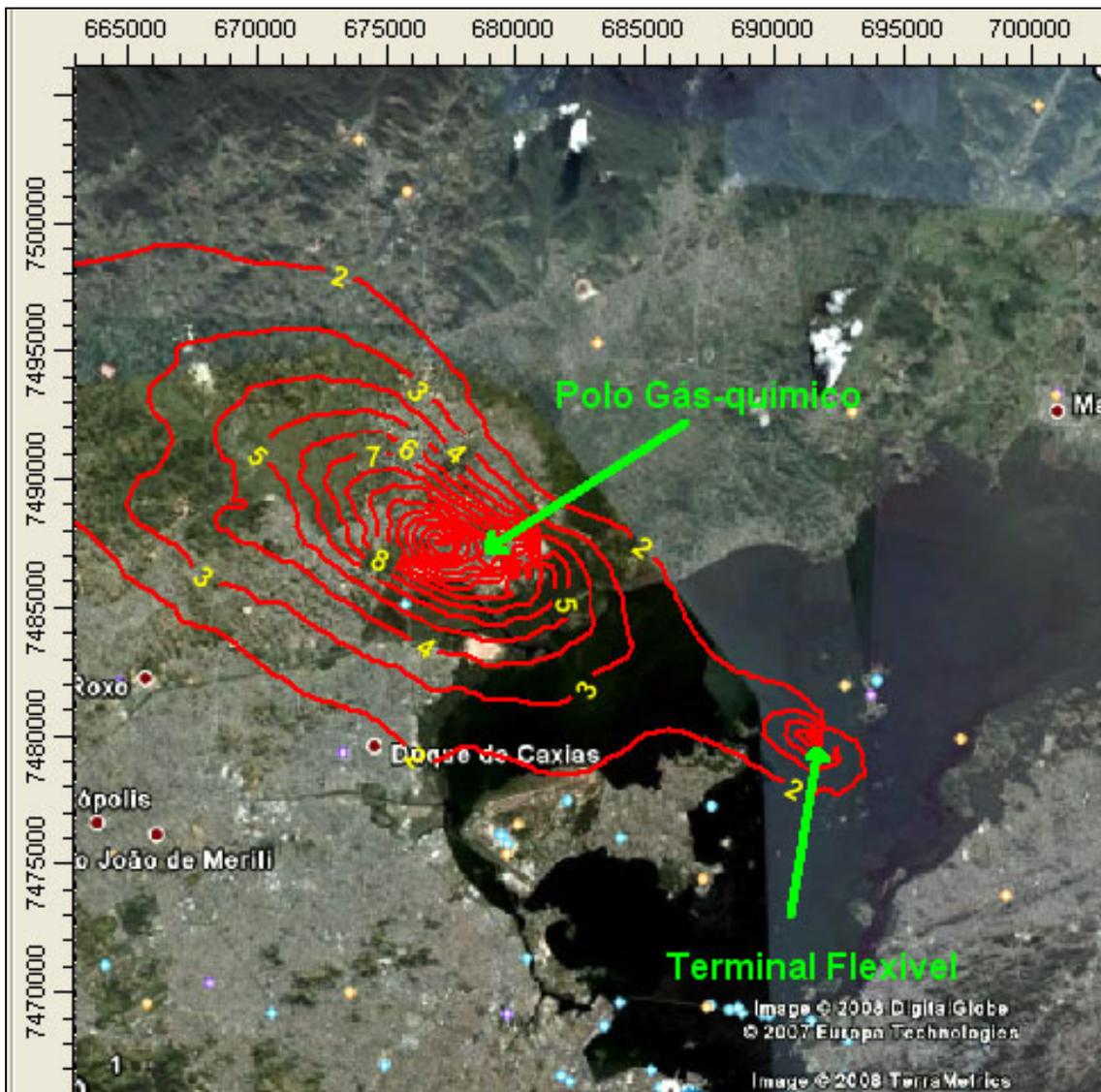
Os resultados de concentração de hidrocarbonetos, estimados pelo modelo, alcançaram o valor máximo de 23.886  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , concentração média de três horas, cerca de 150 vezes acima do padrão de referência.

Estas concentrações máximas estimadas pela modelagem apresentam-se significativamente elevadas no entorno do Pólo, só decrescendo à medida que se distanciam das fontes de emissão, inclusive alcançando a encosta da Serra dos Órgãos, com valores de 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . As isolinhas de concentração de hidrocarbonetos na região são apresentadas na Figura 51.



**Figura 51 – Concentração média de 3 horas de Hidrocarbonetos ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

Para os óxidos de nitrogênio ficou demonstrado que, considerando-se as emissões decorrentes das atividades industriais do Pólo Gás-Químico, acrescidas das emissões referentes às ampliações e modificações previstas, além das emissões do Terminal Flexível de GNL, o incremento nas concentrações do poluente equivalem a 16% do padrão de qualidade do ar. Esses resultados estão ilustrados na Figura 52.



**Figura 52 – Concentração média anual de NOx ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

O número de violações ao padrão de qualidade do ar de ozônio que vem sendo registrado nas estações de monitoramento, localizadas na área de influência do Pólo Gás-Químico, evidencia que as concentrações de seus precursores, óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos, são bastante elevadas. Tal situação permanece constante, desde o início das medições.

Quando se avalia as indústrias ali localizadas, observa-se que mesmo com as medidas de abatimento das emissões de hidrocarbonetos previstas, ou em implantação, pouca ou nenhuma mudança ocorrerá na qualidade do ar.

O estudo evidencia que as medidas de controle de emissões de hidrocarbonetos, implantadas ou propostas, são insuficientes para que se alcance a qualidade do ar recomendada para a proteção da saúde da população.

A implantação dos projetos previstos acarretará, inevitavelmente, um agravamento da qualidade do ar, tendo em vista a situação atual.

A avaliação dos impactos cumulativos permitiu observar que apenas uma única atividade industrial é responsável pela maior parte das emissões do Pólo e que é, também, o maior fator de pressão para a degradação da qualidade do ar.

Na avaliação, aparece claro que para as emissões de hidrocarbonetos, características do tipo de atividade industrial ali implantada, são, ainda, muito tímidas as reduções até então propostas. O mesmo ocorre com o controle das emissões fugitivas, que caracterizam perdas no processo industrial, necessitando, na maioria das vezes, de uma reavaliação de todo o sistema de manutenção dos equipamentos dessas empresas.

Entretanto, há que se levar em conta que a modelagem avaliou, igualmente, a proposta de expansão da produção do Pólo, considerando, porém, a proposta de redução das emissões.

Contudo, as concentrações de hidrocarbonetos estimadas pela modelagem indicam que a proposta de redução líquida de cerca de 5% no que é emitido, não alterará a qualidade do ar da região.

Os níveis de concentração de  $\text{NO}_x$ , expressos como  $\text{NO}_2$ , não apresentam valores de concentração tão significativos, sendo razoável afirmar que a redução das emissões previstas poderá apresentar ganhos na qualidade do ar.

O que se observa é que grande parte dos esforços para a redução das concentrações de ozônio está focada no controle do  $\text{NO}_x$ , que requer investimentos de vulto, mas pouco ou nada tem sido feito para a redução das emissões fugitivas de hidrocarbonetos.

É importante atentar para o fato de que os hidrocarbonetos voláteis, ou compostos orgânicos voláteis – COV são fundamentais para a formação de ozônio, que é identificado como o principal poluente atmosférico a ter seus níveis reduzidos, haja vista as constantes ultrapassagens ao padrão de qualidade do ar na região.

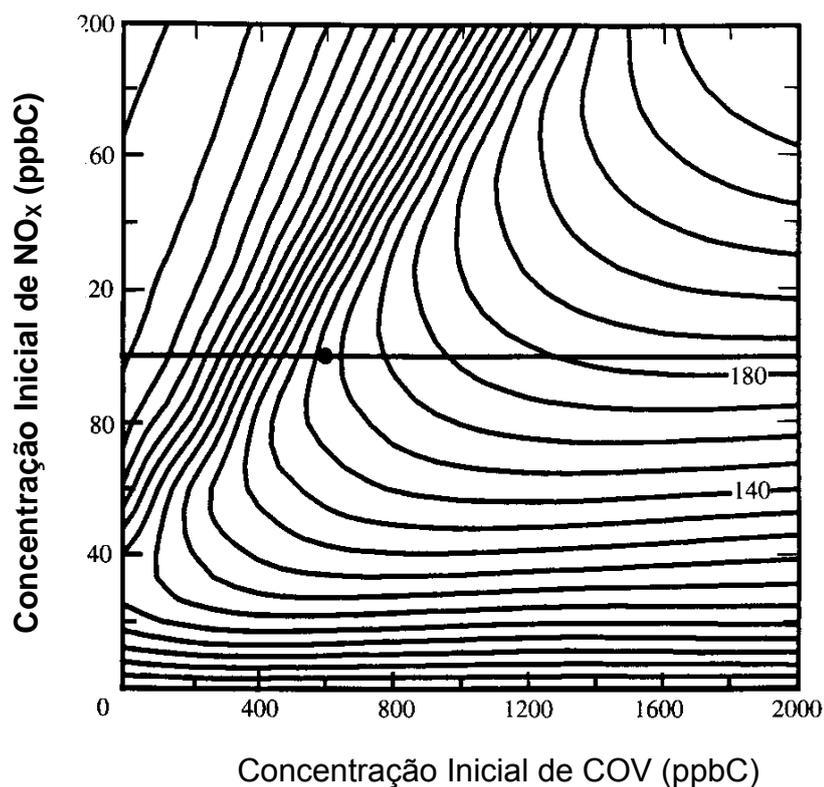
A produção química do ozônio na troposfera ocorre a partir de reações envolvendo, principalmente, os compostos orgânicos voláteis (COV) e os óxidos de nitrogênio (SEINFELD, 1986; EPA, 2006). Sendo o ozônio um poluente secundário, o sinergismo com os demais poluentes representa um fator complicador para o problema, dificultando a modelagem e previsão da formação deste. De acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos - EPA (EPA, 2006), a complexidade da formação do ozônio e de outros oxidantes responde não linearmente a diversos fatores como: a intensidade e distribuição espectral da luz solar; a mistura e

aos processos atmosféricos que ocorrem em nuvens e em partículas de aerossóis; as concentrações dos precursores; e a velocidade de reação dos precursores.

A complexidade do processo de formação do ozônio, que envolve um grande número de fatores físicos e químicos, variando espacialmente e temporalmente de forma não linear, ainda não é totalmente conhecida. Outro fator complicador está na escala temporal da formação e remoção do poluente que, geralmente, é da ordem de poucas horas. Além disso, para a simulação das concentrações deste são requeridos dados de emissão que incluem a especiação dos compostos orgânicos voláteis. É importante ressaltar, também, que existem aspectos ainda não muito claros no que se refere às reações químicas envolvendo os óxidos de nitrogênio (MARTINS, 2006).

No Brasil, não foram definidos, até o momento, modelos de uso regulatório para a simulação de concentrações de ozônio. Atualmente, alguns estudos nesse sentido estão sendo desenvolvidos, principalmente, na área acadêmica.

É importante ressaltar que os radicais livres provenientes dos compostos orgânicos voláteis (COV), são responsáveis por uma grande parcela da oxidação do NO a NO<sub>2</sub> e, por conseguinte, pelo aumento da eficiência do processo de formação do ozônio. Dessa forma, uma redução nas emissões de NO<sub>x</sub> nem sempre resulta em uma significativa diminuição das concentrações de ozônio (PONT e FONTAN, 2001), mas a diminuição das emissões de COV produz, em geral, uma menor formação deste poluente (SEINFELD, 1986; BRÖNNIMANN e NEU, 1997). Logo, a taxa de formação das moléculas de ozônio não é apenas proporcional à quantidade de NO<sub>x</sub> presente na atmosfera. De acordo com SEINFELD (1986), para um determinado nível de COV, existe uma concentração de NO<sub>x</sub> na qual uma quantidade máxima de ozônio é produzida (razão COV/NO<sub>x</sub> ideal). Para razões menores do que este valor, o aumento das concentrações dos óxidos de nitrogênio leva a uma diminuição do ozônio. A dependência da produção de ozônio da razão NO<sub>x</sub>/COV é representada pelas isopletras de ozônio (Figura 53).



**Figura 53: Isoplefas de Ozônio**

Fonte: SEINFELD, 1986

Há que se mencionar que todas as atividades industriais ali instaladas foram submetidas à AIA e apresentaram EIA/RIMA quando dos respectivos licenciamentos. Os estudos foram avaliados isoladamente, projeto a projeto, sem considerar as demais fontes de emissão da região.

Desse modo, têm sido concedidas licenças ambientais com base nos padrões de qualidade do ar que não contemplam a cumulatividade dos impactos, sendo permitida qualquer quantidade de emissão apresentada, desde que, individualmente, observem os padrões de emissão existentes. Ou seja, apenas avaliam se as concentrações estimadas de um determinado poluente, para um determinado projeto, ultrapassam os limites fixados pela legislação, ignorando toda e qualquer outra fonte de emissão na região.

Também, constata-se que não há por parte dos organismos licenciadores qualquer fixação de metas de redução de emissões, para qualquer atividade industrial, ou mesmo metas de qualidade ambiental, no sentido de se alcançar a qualidade do ar adequada para uma dada região.

Até o momento, as reduções são propostas pelas empresas, na medida em que consideram o que é viável de se realizar e sequer são avaliados os ganhos

ambientais daí advindos. Conseqüentemente, na maior parte dos casos, as reduções não são adequadas para que se alcance o objetivo final – proteção da saúde da população.

A ocorrência de concentrações de poluentes na atmosfera, próximas ou superiores aos limites permitidos pela legislação vigente, além de trazer preocupações relativas à saúde das comunidades impactadas, também cria sérias restrições à implantação de novos empreendimentos na região do Pólo, que se configura como de grande atratividade para novas atividades industriais, devido à logística do fornecimento de matérias-primas e proximidade do mercado consumidor. Além do que, as empresas já instaladas também analisam possibilidades de ampliação e diversificação da produção que, inevitavelmente, incorrerá em alterações das taxas de emissão de poluentes estabelecidas, provocando sérias conseqüências à qualidade do ar.

Aliado ao aumento das emissões na região, há que se levar em conta o crescimento urbano e populacional da RMRJ que, conseqüentemente, ocasionará o crescimento da frota, que, também, é fator de pressão para o aumento das concentrações de poluentes do ar.

Nesse sentido, devem ser levantadas e analisadas todas as alternativas de redução das emissões nas unidades industriais, tanto aquelas resultantes de melhorias tecnológicas, quanto de mudança de combustíveis, até a adoção de instrumentos econômicos. Novamente, com base na metodologia de cenários, os impactos cumulativos e sinérgicos deverão ser reavaliados, até que sejam alcançados os padrões de qualidade do ar.

#### **4.2.6 Estabelecimento de Diretrizes**

Devem ser estabelecidas diretrizes claras que permitam a aplicação do modelo de gestão, tais como:

- O licenciamento ambiental de qualquer atividade na região do Pólo Gás-Químico deverá ocorrer em concordância com o Plano de Gestão da Qualidade do Ar elaborado;
- Propor, para a prevenção e controle das ameaças e riscos à qualidade do ar, que todos os empreendimentos existentes e previstos adotem as melhores tecnologias de controle disponíveis (*Best Available Control Technology- BACT*);
- Revisar as estratégias de controle propostas em todas as licenças ambientais dos empreendimentos localizados na área do pólo gás-químico;

- A adoção de limites de emissão das fontes potenciais de emissão deverá ser avaliada à luz dos impactos a serem causados na qualidade do ar da região do entorno da Baía de Guanabara, considerando-se a cumulatividade.
- Estabelecer o Arcabouço Institucional de Gestão do Pólo Gás-Químico
- Adoção pelas indústrias a serem implantadas no Pólo, em seu processo produtivo, das melhores tecnologias de controle disponíveis – Best Available Control Technology (BACT);
- Avaliar a adoção de instrumentos econômicos de acordo com o contexto do programa implantado, no sentido de negociar emissões atmosféricas. Em suma, depois de estabelecidos os níveis a totais de emissões permitidas, os direitos de emitir são atribuídos às empresas em forma de licenças que podem ser transferidas de uma fonte de poluição para outra.
- Adoção de limites de emissão das fontes potenciais de emissão, avaliada à luz dos impactos a serem causados na qualidade do ar da região do Complexo Industrial e seu entorno, considerando-se a cumulatividade dos impactos;
- Implantação de um “Plano de Gestão da Qualidade do Ar” na área do Pólo;
- Criação de centro de controle da gestão integrada da qualidade do ar, responsável pela implantação e operação dos monitoramentos previstos: emissões atmosféricas, qualidade do ar e meteorologia de forma a não haver sobreposição de estações das várias empresas lá situadas e abranger a maior área de influência possível.
- Implantação de sistema de previsão da qualidade do ar;
- Definição do enquadramento das áreas do Estado do Rio de Janeiro nas classes I, II e III, de acordo com a Resolução CONAMA 03/90, em seu Art. 8º, possibilitando adotar os padrões primários ou secundários de qualidade do ar;
- Elaboração do “Plano de Emergência para Episódios Críticos de Poluição do Ar”, visando providências dos governos do Estado e dos Municípios, assim como dos empreendedores, com o objetivo de prevenir grave iminente risco à saúde da população quando da ocorrência de altas concentrações, caracterizando “Níveis de Atenção, Alerta e Emergência”, conforme estabelecido na Resolução CONAMA 03/90; e
- Implantação de política de compensação de emissões de gases do efeito estufa.

#### **4.2.7 Programas de monitoramento**

O monitoramento da qualidade do ar já vem sendo realizado na região do Pólo. Entretanto, deve ser ressaltado que, nos últimos anos, pouco dados vêm sendo obtidos, em função das más condições de operação e manutenção dos equipamentos. Uma vez que o monitoramento permite o acompanhamento e a eficácia das medidas adotadas, é fundamental que seja mantido em condições para proporcionar a avaliação do plano a ser implantado.

Também, o monitoramento de emissões atmosféricas é condição primordial para se avaliar as reduções de emissão previstas, além de permitir um acompanhamento eficaz da conformidade e desempenho dos sistemas de controle.

Uma vez que o Pólo encontra-se situado em região desfavorável à dispersão de poluentes, é imprescindível que se instale um completo sistema de previsão da qualidade do ar, composto de equipamentos e softwares capazes de auxiliar na gestão preventiva da qualidade do ar em certos períodos do ano.

Os diversos monitoramentos que serão requeridos devem compor uma gestão única, constituindo-se em um Sistema de Monitoramento, que:

- (i) incorpore, continuamente, novos parâmetros de possíveis novas unidades industriais que irão se instalando no decorrer do tempo;
- (ii) contenha um banco de dados georeferenciado e um sistema de avaliação que, continuamente, incorpore novos dados e emita relatórios gerenciais e de situação sobre os diversos indicadores que compõem cada monitoramento e o conjunto deles;
- (iii) coordene os vários monitoramentos e as interações que estes devem ter com os fatores geradores, no caso de situações problemas que exijam alterações de procedimentos.

Cada um dos monitoramentos requeridos deve ser integrante de um sistema de gestão, pois assim caso seja identificada a ultrapassagem de parâmetros estabelecidos ou alterações significativas, poderão ser tomadas providências para alterar os procedimentos que os estão gerando.

Da mesma forma que na abordagem preventiva, deverão ser adequadamente avaliados os “parâmetros-chave” a serem acompanhados e a frequência das amostragens/medições, evitando-se custos desnecessários. É recomendado o desenvolvimento de um programa interinstitucional que aproveite, de forma articulada, a capacidade instalada dos órgãos ambientais, de universidades e de institutos de pesquisa.

#### **4.2.8 Programa de avaliação de objetivos e metas**

O processo de gestão da qualidade do ar deve prever mecanismos de revisão e avaliação dos objetivos e metas, de forma a possibilitar a avaliação dos ganhos ambientais. É importante revisar e aperfeiçoar o sistema de gestão implantado, os objetivos e metas e as ações implementadas para assegurar a melhoria contínua do desempenho ambiental.

#### **4.2.9 Avaliação Independente**

Da mesma forma que na abordagem preventiva, deverá ser realizada uma auditoria de Sistema de Gestão Ambiental, que avalia o cumprimento dos princípios estabelecidos no modelo proposto. Independentemente, deve-se ressaltar que as unidades industriais que compõem o Pólo, também estão sujeitas à auditoria conforme a legislação ambiental vigente e que, no caso do Rio de Janeiro, remete-se à DZ 056, da CECA.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O objetivo principal desta pesquisa de tese é propor um modelo de gestão da qualidade do ar que garanta à atual e às futuras gerações a necessária qualidade do ar, em padrões adequados para a proteção da saúde da população e do meio ambiente. Tem como objetivos específicos: avaliar a aplicação dos instrumentos de gestão existentes; desenvolver metodologia para aplicação de um sistema de gestão da qualidade do ar, com base nos padrões de qualidade do ar e avaliação dos impactos cumulativos; identificar os pontos positivos e negativos da aplicação do licenciamento ambiental e de seus instrumentos de apoio para o controle da poluição do ar; estabelecer critérios para tomada de decisões estratégicas para a ocupação industrial, em regiões específicas; avaliar a aplicação de outros instrumentos de gestão tendo por base o planejamento estratégico e a sustentabilidade ambiental da região; e propor a constituição de *Fórum Gestor*, por região, com a participação do Poder Público e dos empreendedores, promovendo a descentralização do poder de decisão e implementando a negociação social.

Para tal, foca a discussão da aplicação dos atuais instrumentos de gestão estabelecidos no país, sua aplicabilidade para solucionar graves questões relativas à deterioração da atmosfera, em regiões com alto comprometimento da qualidade do ar, como também discute o atual processo de tomada de decisão, que nem sempre envolve a apreciação das questões ambientais ainda no processo de planejamento, no sentido de verificar a contribuição de novos instrumentos de gestão de forma a garantir a promoção do desenvolvimento econômico de forma mais sustentável e com menor comprometimento da qualidade ambiental e da qualidade de vida da população.

Para verificação de pertinência, ponderam-se a experiência internacional na gestão da qualidade do ar e a aplicação dos instrumentos de gestão no Brasil, demonstrando-se a fragilidade da atual conduta do processo de avaliação ambiental que fundamenta o licenciamento e, conseqüentemente, a gestão da qualidade do ar. Assim sendo, de forma a contribuir para que se adotem ações necessárias à gestão da qualidade do ar, foram, aqui, formuladas as seguintes hipóteses:

- A aplicação dos instrumentos de comando e controle é insuficiente para garantir a gestão ambiental sustentável de uma região com múltiplas fontes de emissão de poluentes atmosféricos.
- A inclusão de instrumentos modernos de gestão ambiental no planejamento de uma região implica em promoção do desenvolvimento econômico de forma mais sustentável e em menor comprometimento da qualidade ambiental e da qualidade de vida da população.

Para demonstrar as hipóteses formuladas, inicialmente, descreveu-se a poluição atmosférica, identificando sua cadeia – fontes, poluentes mais comuns, suas interações, suas escalas de abrangência e os efeitos adversos à saúde humana e ao meio ambiente em geral.

Após essa descrição e caracterização, procedeu-se o levantamento do estado da arte da gestão da poluição do ar, não só no Brasil, como também nos EUA e Comunidade Européia, ressaltando-se, respectivamente, o Estado da Califórnia e Reino Unido, por serem pioneiros nas questões relativas à poluição do ar e, também, os mais rigorosos quanto à implantação de medidas que garantam o ar de boa qualidade para manutenção da saúde e bem-estar da população.

A análise da experiência internacional em gestão da qualidade do ar possibilitou a constatação da necessidade da descentralização da gestão; da pertinência da avaliação dos impactos cumulativos e sinérgicos; da adoção de limites de emissão dinâmicos, em função dos avanços tecnológicos; da necessidade de revisão dos padrões de qualidade do ar; e de dotar esse processo de gestão participativo entre os principais atores envolvidos. Além disso, revelou que um sistema de AAE integrado ao planejamento e com regras claras favorece a definição de exigências ambientais para a instância seguinte de definição dos projetos de unidades industriais, contribuindo para a eficiência do licenciamento ambiental dessas atividades.

Quanto à gestão da qualidade do ar no Brasil, observa-se que tem prevalecido a postura de comando-controle, sem qualquer avanço no sentido da sustentabilidade. Somente o Estado de São Paulo merece destaque em função da implantação do comércio de emissões atmosféricas, tendo estabelecido critérios de saturação, delimitando, assim, todo o seu território conforme os níveis de concentração de poluentes. O Estado do Rio de Janeiro, embora tenha apresentado há anos atrás uma iniciativa de gestão pela qualidade ambiental, alternativa ao comando-controle, hoje predomina o mesmo sistema implantado desde 1975.

Com base no referencial teórico, foi possível identificar a falta de ordenamento dos instrumentos de gestão existentes, bem como a ausência de outros. Desse modo, de acordo com a contextualização e das comparações realizadas, pode-se constatar, resumidamente, que:

- A gestão da qualidade do ar é uma tarefa complexa que requer um equilíbrio bastante delicado entre ciência, tecnologia, economia e riscos à saúde humana e ao ecossistema;

- Tanto nos EUA, quanto na Europa, ao longo dos anos, vários programas visando à melhoria da qualidade do ar foram estabelecidos, avaliados e continuados;
- A gestão da qualidade do ar tem sido realizada com base na redução de emissões, à luz dos padrões de qualidade do ar;
- Os padrões de qualidade do ar são determinantes para o estabelecimento de metas de redução da poluição ambiental.
- O sistema de controle é dinâmico, cíclico e definido pela linha que conecta os padrões de qualidade do ar, os limites de emissão e as fontes de poluição, o que significa que, necessariamente, qualquer estratégia de controle consiste na limitação das emissões na fonte;
- O controle efetivo das fontes de poluição é realizado pela limitação das emissões que, por sua vez, é alcançado pela adoção de padrões de emissão mais restritivos, alteração do processo industrial, melhores técnicas operacionais, utilização de combustíveis alternativos, troca de matéria-prima, mudança de tecnologia etc.
- Antes de serem estabelecidas as estratégias de redução de emissões, os tomadores de decisão devem atentar sobre que setores serão impostos limites de emissão mais restritivos e quais aqueles que são capazes de suportar maiores investimentos necessários de controle;
- Os padrões de qualidade do ar são periodicamente revistos e novos programas de redução são elaborados;
- Os planos de redução de emissões são elaborados em conjunto com os demais setores envolvidos;
- Os planos de ação para a qualidade do ar estão sujeitos a uma Avaliação Ambiental Estratégica, *“sobre a avaliação dos efeitos de determinados planos e programas sobre o meio ambiente”*;
- Na gestão da qualidade do ar de uma determinada região, a relação custo-benefício deve ser levada em conta, uma vez que pode resultar em emissões muito menores de processos existentes ou modificar outros previstos, até alcançar a redução da geração de poluição compatível com a qualidade ambiental desejada a custos viáveis;
- Os planos e programas de determinada região têm o compromisso de colocar a qualidade do ar no centro do processo de tomada de decisão, em especial em outras áreas políticas, tais como decisões de planejamento, incluindo-a em estratégias regionais de desenvolvimento;

- Os planos de ação devem incluir uma quantificação da melhoria da qualidade do ar para cada medida adotada ou proposta, dentro de um dado período de tempo;
- Devem ser considerados os impactos: econômico, social e ambiental;
- Os planos de ação para a gestão da qualidade do ar são submetidos à consulta pública;
- Os planos desenvolvidos devem comprovar sua eficácia e serão alterados na medida em que novas fontes forem acrescentadas e novos padrões forem adotados; e
- Os resultados do monitoramento da qualidade do ar devem ser amplamente divulgados para a população.

O referencial teórico apresentado permitiu não só concluir ser necessária a reestruturação da gestão da qualidade do ar no país, além de verificar a pertinência das hipóteses apresentadas. Nesse sentido, a partir da experiência internacional, nas formas de gestão implantadas nos países pesquisados, formulou-se uma proposta de modelo de gestão da qualidade do ar, com duas vertentes: uma corretiva e outra preventiva, valendo-se da aplicação dos instrumentos de gestão atuais e aplicando outros. Tal desdobramento surge do fato de haver situações muito comuns, atualmente, no país, que se enquadram perfeitamente nos modelos apresentados, a exemplo de:

- Várias são as regiões do país constituídas por aglomerados de atividades industriais, cuja população reside ao lado das indústrias, expondo-se a altos níveis de contaminação atmosférica. Cubatão, talvez, seja o melhor exemplo dessa situação.
- Em 1998, o Relatório do Banco Mundial “Brasil: Gestão dos Problemas de Poluição”, apontava para “os problemas de poluição localizada por um pequeno número de grandes poluidores ou muitos poluidores com impacto geográfico limitado ... têm um impacto drástico sobre a área, em termos de danos à saúde e perdas ecológicas”. Àquela ocasião, exemplificavam as áreas com pequeno número de grandes poluidores industriais que não são controlados adequadamente, isto é, Cubatão, ABC Paulista, Camaçari, Volta Redonda e etc. Observa-se que é esse o quadro atual, com inclusão da periferia das grandes regiões metropolitanas do país.
- O novo modelo de desenvolvimento adotado no país, com investimentos na infra-estrutura logística, principalmente na área portuária, visando escoar produtos do setor de siderurgia, causa reação em cadeia, envolvendo todo um

complexo decorrente das novas oportunidades de negócio, acarretando um crescimento industrial na região, que não pode ser avaliado ambientalmente só por ele mesmo, mas envolvendo todo potencial. No que diz respeito ao recurso atmosférico, destaca-se que, na maioria das vezes, as atividades previstas para implantação caracterizam-se como sendo de alto potencial poluidor. Os exemplos são muitos: Porto do Mearim, na Região Metropolitana de São Luis; Porto do Açú, na Região do Litoral Norte Fluminense; Complexo Portuário de Sepetiba, na Região Metropolitana do Rio de Janeiro; Porto Sul, na Região do Litoral Sul da Bahia; e Porto de Ubu, no Espírito Santo.

O processo de gestão sugerido está embasado na adoção da AAE para avaliar os potenciais impactos e riscos ambientais associados aos planos de desenvolvimento, para uma determinada região, possibilitando lidar com discussões prévias no contexto do planejamento ambiental. Dessa forma, recomenda-se a adoção da AAE como instrumento de gestão institucionalizado, a ser integrada aos processos de tomada de decisão sobre os planos de desenvolvimento setorial, programas, grupos de projetos de infraestrutura e projetos estruturantes, de acordo com os princípios da sustentabilidade nos diferentes níveis de planejamento. Entretanto, verifica-se a necessidade de vinculação da AIA à AAE, que se sugere que ocorra por meio de Resolução CONAMA.

O modelo de gestão também considera o emprego das melhores tecnologias para controle das emissões atmosféricas, bem como a possibilidade de aplicação de instrumentos econômicos para a gestão da qualidade do ar. Conseqüentemente, avalia-se que é recomendável a criação de um grupo de trabalho para a discussão da formulação de Resolução CONAMA para regulamentar a utilização de instrumentos econômicos. Além disso, recomenda-se que, numa base caso a caso, estejam previstos nos termos de referência da AAE e AIA a aplicação dos conceitos de Ecologia Industrial, bem como a utilização da melhor tecnologia de controle disponível no mercado.

O sistema de gestão proposto prevê que a verificação da *performance* e os consequentes ajustes do plano de gestão implantado devem se dar por meio de um processo contínuo e sistemático de auditorias independentes, além daquelas já previstas na legislação ambiental.

Seguidamente, os modelos de gestão propostos são aplicados a dois conjuntos de atividades industriais no Estado do Rio de Janeiro, um já implantado e outro a se implantar, visando abordar a questão da qualidade do ar de forma a garantir o

desenvolvimento econômico de forma sustentável e com menor comprometimento da qualidade de vida da população.

A aplicação do modelo preventivo de gestão da qualidade do ar tomou como base a região do Litoral do Norte Fluminense, mais precisamente, o Complexo Industrial do Açú. O modelo está amparado na avaliação dos impactos cumulativos e sinérgicos causados na qualidade do ar daquela região, considerando-se os pressupostos da Ecologia Industrial. Parte da adoção da AAE, no sentido de ampliar a AIA de projeto.

Sabe-se que a instalação de uma estrutura portuária em determinada região estimula uma série de atividades econômicas em função de vantagens competitivas associadas às facilidades logísticas, além de demandar uma diversa rede de serviços que dão suporte à operação portuária e às outras empresas que se estabelecem nas proximidades do porto.

Trata-se de uma estrutura de escoamento de produtos capaz de atrair atividades industriais e suas respectivas cadeias produtivas, como é o caso da siderurgia.

A implantação de um complexo portuário sugere uma série de benefícios, geralmente associados às novas oportunidades de emprego e investimento para a população local e ao crescimento econômico. Ao mesmo tempo, entretanto, há uma série de aspectos negativos que devem ser considerados no momento da decisão referente à implementação de um complexo portuário de grande porte, capaz de alterar a dinâmica socioeconômica da região e do estado. A simples expectativa com relação aos novos investimentos pode induzir fluxos migratórios capazes de sobrecarregar a infra-estrutura existente, agravando uma série de problemas comuns aos centros urbanos em áreas como segurança, saúde, educação e transporte. Ainda nesse sentido, são muito importantes os problemas associados à expansão desordenada e ocupação irregular no entorno dos centros urbanos.

Com relação aos aspectos ambientais, presume-se que os impactos potenciais da implantação de tais complexos sobre a biodiversidade, a dinâmica dos ecossistemas terrestres e marinhos, a alteração da paisagem e os seus processos de restauração extrapolem o sítio portuário, o retroporto e os distritos industriais. No que diz respeito ao recurso atmosférico, destaca-se que, na maioria das vezes, as atividades previstas para implantação caracterizam-se como sendo de alto potencial poluidor.

O Complexo do Açú, de acordo com a configuração considerada, é constituído por um núcleo base, cujas atividades industriais previstas são caracterizadas por

apresentarem, na sua maioria, alto potencial poluidor. Com base no princípio da prevenção e de forma a não comprometer a capacidade de suporte do meio foram estabelecidas premissas básicas, não só para as tecnologias que deverão ser adotadas, como, também, para a utilização de combustível menos poluente, com menor teor de carbono. À exceção da UTE a carvão, todas as demais unidades produtivas deverão utilizar o gás natural como combustível, de forma a minimizar as concentrações de partículas em suspensão e dióxido de enxofre na atmosfera.

Para a unidade de gás natural liquefeito foi considerado que a regaseificação deverá ser realizada em circuito aberto, utilizando a água do mar para troca de calor, evitando, ao máximo, a queima de combustível.

Em se considerando a emissões de gases, no processo siderúrgico, a fonte mais relevante é a coqueria. A alternativa proposta no sentido de eliminar as emissões mais nocivas dessa etapa do processo industrial foi o emprego da tecnologia *Heat Recovery*. Assim, as duas siderúrgicas deverão adotar tal tecnologia, evitando-se as tradicionais que possuem uma unidade carboquímica para recuperar subprodutos, como o benzeno, cujas propriedades carcinogênicas são comprovadas.

Também, foi estabelecido que os queimadores de todas as fontes de combustão possuirão *design* apropriado para gerarem baixas emissões de NOx, além de controles adicionais, quando necessário.

Dessa forma, para a viabilização do Complexo, com base nas melhores tecnologias disponíveis (BAT) e a exemplo do que já ocorre em alguns setores industriais do país, foram consideradas as emissões atmosféricas características de cada atividade poluidora, avaliando o impacto causado na qualidade do ar quando da operação conjunta de todas as unidades previstas. Foram estabelecidos limites de emissão, muitas vezes, bem mais restritivos do que aqueles previstos na legislação ambiental vigente, visando limitar as tecnologias a serem adotadas, no sentido de evitar que uma unidade industrial que venha a se implantar pioneiramente utilize alternativas tecnológicas que não garantam a performance esperada e inviabilizem a implantação das demais.

Assim, considerando-se todas as premissas estabelecidas e que os óxidos de nitrogênio serão o principal poluente a ser emitido no complexo, foram estimadas somente as concentrações de NOx com o objetivo de avaliar os impactos cumulativos e sinérgicos provenientes da operação concomitante das várias unidades industriais, cujos resultados apontaram para a viabilidade do Complexo.

Aí deve ser destacado um ponto de grande relevância – quanto do padrão de qualidade do ar deve ser preenchido?

Evidentemente que as peculiaridades da região irão influenciar sobremaneira a decisão a ser tomada. As características de relevo, altitude, cobertura do solo e maritimidade, próprias das baixadas litorâneas fluminense, associadas às condições meteorológicas que predominam na região, propiciam um escoamento atmosférico eficiente, ocasionando uma boa capacidade de dispersão para os poluentes ali emitidos, o que favorece bastante quanto à implantação das unidades industriais e dão uma margem de segurança quanto ao não comprometimento da capacidade de suporte.

De acordo com os princípios da Ecologia Industrial, os resultados obtidos para o conjunto de empreendimentos que compõem o Complexo Industrial sinalizaram a existência de diversas simbioses intra e inter-módulos, de oportunidades para efficientização de processos e para aplicação de tecnologias de ponta para redução de resíduos, emissões e de consumo de água e de energia que deverão ser mais detalhadas nas etapas subseqüentes do desenvolvimento do Complexo.

Embora as análises se baseiem em projeções e estimativas e, como tal, estejam sujeitas a incertezas, os resultados apontam expressivas oportunidades para redução de consumo de gás natural e de matérias primas, pelo aproveitamento de resíduos como insumos de produção e de geração de energia elétrica. As medidas de prevenção e de controle preconizadas levam a uma redução comprovada das emissões de NO<sub>x</sub> e de SO<sub>2</sub>. A maior eficiência nos processos energéticos, além de disponibilizar excedentes para o Complexo como um todo, deverá levar, também, a uma redução das emissões de CO<sub>2</sub>.

Com relação à questão energética, deve ser ressaltado que o Governo do Estado do Rio de Janeiro instituiu, em 2008, o Mecanismo de Compensação Energética (MCE)<sup>13</sup>, como parte do Plano de Abatimento de Emissões de Gases de Efeito Estufa, visando combater o aquecimento global e reforçar a oferta energética no Estado. Este mecanismo visa ampliar o uso de fontes de energia renovável para geração de energia elétrica e promover a eficiência energética, com a finalidade de subsidiar o desenvolvimento sustentável. Assim, no caso das UTE a carvão e a gás natural localizadas no Complexo, parte da potência instalada deverá ser compensada em duas parcelas: a primeira, para geração de energia por fonte renovável; e, a segunda, para a implantação de ações que contribuam para o aumento da eficiência energética (1%).

---

<sup>13</sup> Decreto Estadual 41.318 de 27 de maio de 2008 – Governo do Estado do Rio de Janeiro.

Como muitas das simbioses identificadas contribuem para a redução das emissões de GEE, recomenda-se que sejam incorporadas as diretrizes do “*Guia para a elaboração de inventários corporativos de emissões de Gases de Efeito Estufa*”, elaborado pelo Programa Brasileiro *GHG Protocol* (FGV/EAESP, 2009). O inventário permitirá que, periodicamente, a partir do conhecimento do perfil de emissões das unidades industriais, sejam estabelecidos planos e metas para redução e gestão das emissões. Permitirá, também, que sejam identificadas oportunidades para atuação no mercado de carbono. Esta iniciativa levará o conjunto de unidades que compõem o Complexo a contribuir de modo efetivo para o combate ao aquecimento global. Outros benefícios podem ser antevistos com a adoção desta iniciativa, como, por exemplo, manter os investidores, acionistas e demais partes interessadas informados sobre os riscos e oportunidades associados à gestão das emissões de GEE e envolver fornecedores e compradores em ações de redução dessas emissões, estendendo-as por toda a cadeia de valor.

O modelo de gestão corretivo da qualidade do ar é aplicado ao Pólo Gás-Químico de Duque de Caxias, amparado na avaliação dos impactos cumulativos e sinérgicos causados na qualidade do ar daquela região, considerando-se as fontes de emissão atuais, além de outras unidades industriais previstas para se implantar.

O modelo de gestão corretiva da qualidade do ar adota o conceito de melhores tecnologias de controle disponíveis – BACT (*Best Available Control Technologies*), como paradigma para redução das emissões de fontes fixas, onde se percebe a oportunidade de ser incorporado na fase da renovação das licenças ambientais concedidas às atividades industriais. Também é baseado no conceito de AAE, onde o emprego da metodologia de cenários auxilia na avaliação dos ganhos ambientais em função das reduções propostas, independentemente do instrumento utilizado – tecnologia e/ou comércio de emissões, além de ajudar no estabelecimento de metas a serem alcançadas.

O licenciamento ambiental, nesse caso e de uma maneira geral, tem-se apoiado, tradicionalmente, na postura “comando e controle”, ou seja, na criação de dispositivos e exigências legais (comando) e na aplicação de mecanismos para garantir o cumprimento desses dispositivos e exigências (controle).

Entretanto, conforme ilustra esse caso do Pólo Gás-Químico de Duque de Caxias, essas medidas têm-se mostrado ineficientes na gestão dos recursos atmosféricos.

Embora já se tivesse conhecimento da gravidade da situação de Duque de Caxias, somente após ter sido implantado o monitoramento contínuo na região foi

possível comprovar o grau de deterioração da qualidade do ar do entorno do Pólo Gás-Químico. Cabe lembrar que a rede de monitoramento da área de influência do Pólo começou a ser operada em 2004. Até então, nada se sabe quanto aos danos causados à população vizinha desde os anos de 1960.

Constata-se que todas as atividades instaladas nessa região foram submetidas ao licenciamento ambiental e, em muitos casos, apresentaram EIA/RIMA para obtenção das licenças. Contudo, os estudos de impacto ambiental estiveram restritos a cada projeto em si, desconsiderando completamente a situação ambiental do entorno. Embora a avaliação dos impactos cumulativos e sinérgicos conste da Resolução CONAMA 01/86, essa não tem sido considerada, impossibilitando que se proceda a uma avaliação integrada da região.

Esse quadro revela a insuficiência do licenciamento ambiental para encaminhar as questões relativas à gestão da qualidade do ar de uma região já densamente ocupada por atividades industriais e sujeita a um incremento progressivo dessa ocupação.

O Estado do Rio de Janeiro possui graves problemas estruturais muitos deles derivados da sua própria história de evolução política e econômica. No entanto, a expectativa para os próximos anos é de investimentos públicos e privados, de capital nacional e estrangeiro, superiores a R\$ 107 bilhões, o que o torna o Estado de maior destaque no atual cenário econômico brasileiro, com objetivos de implantação de novas plantas ou de modernização e expansão das existentes (LIMA/COPPE/UFRJ, 2009).

A Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) que historicamente abrigava a maior parte das atividades econômicas e condicionava o próprio desenvolvimento do Estado, vem seguindo ritmo distinto, com o avanço, em especial, da Região Norte-Fluminense.

A proposta da gestão pública estabelecida, a partir de 2007, de remodelar a administração do estado e consolidar um novo modelo de gestão voltado aos resultados com foco na profissionalização da gestão tem, na Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico, Energia, Indústria e Serviços (SEDEIS), o apoio à implantação dos projetos estruturantes, como o Complexo do Açú: Pólo Industrial e Logístico de grande dimensão em instalação no Norte Fluminense, em São João da Barra, com investimentos de R\$ 2 bilhões, envolvendo, principalmente, porto, retroporto, termoelétrica, mineroduto, pelotização, siderúrgica, cimenteira, indústria automobilística e outras atividades do setor minero-industrial.

Além destes e outros investimentos, estão previstos os da PETROBRAS que transformarão o Rio de Janeiro em novo — “*player*” no cenário petroquímico internacional, com papel de destaque no setor de petróleo e gás. Os investimentos fazem parte do Plano de Aceleração do Crescimento do Brasil (PAC), do Governo Federal, que inclui uma série de projetos do Plano Estratégico da PETROBRAS. Têm peso significativo no estado, em especial, os que dizem respeito a: desenvolvimento da produção de petróleo e gás natural na Bacia de Campos; construção de gasodutos e terminais de gás natural liquefeito; construção de um novo Centro Integrado de Processamento de Dados; e ampliação e modernização do Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello (CENPES). Na região estudada compreendem: o PLANGAS, que inclui a ampliação da Refinaria de Duque de Caxias (REDUC), no município de Duque de Caxias e a construção de um Terminal de Gás Natural (GNL), na Baía de Guanabara.

O volume de investimentos da PETROBRAS no estado, a implantação e a ampliação de novas plantas industriais em região em que a problemática ambiental é evidente, tendem a aumentar a consciência ambiental, o que se traduz em pressões para que se intensifique o controle dos empreendimentos. Por outro lado, os instrumentos de gestão que vêm sendo hoje aplicados, não fornecem subsídios e nem garantem que a qualidade do ar esteja ou vá estar em condições adequadas para manutenção da saúde da população e dos ecossistemas.

É fato que o principal instrumento de gestão tem sido o licenciamento ambiental, aplicado de forma burocrática no sentido da intervenção no nível dos poluidores individuais, em vez de orientar-se para a definição de melhorias ambientais. Os instrumentos concentram-se no poder de polícia dos estados e proporcionam pouca assistência às atividades poluidoras, no sentido de melhorarem seu desempenho ambiental.

No Brasil, apesar de já instituída pelo Estado de São Paulo, a aplicação de instrumentos econômicos, tais como as metas negociadas para a redução de emissões por grupos de indústria, é bastante incipiente e ainda encontra resistência. Por outro lado, somente a aplicação desse comércio de emissões não garante que a qualidade do ar desejável seja alcançada e mantida. Tais instrumentos podem e devem ser aplicados, adicionalmente, a tecnologias de redução das emissões, sem perder de vista os padrões de qualidade do ar.

O monitoramento da qualidade do ar, complementado pelo monitoramento das emissões atmosféricas, é condição “*sine qua non*” no processo de gestão. A base para a gestão adequada de uma região é a informação sólida do conjunto: qualidade do ar,

fontes de emissão e meteorologia. Cabe lembrar que foi previsto no PRONAR estabelecer a Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade do Ar, bem como o Inventário Nacional de Fontes e Poluentes do Ar.

De acordo com o PRONAR, os estados têm competência para o estabelecimento e implementação dos Programas Estaduais de Controle, para fixar valores mais rígidos de limite de emissão e adotar ações de controle complementares. O que tem prevalecido nos estados é que não há planos, programas, ou metas de redução de emissões, no sentido de se alcançar níveis seguros de concentração de poluentes no ar.

Outro aspecto importante do PRONAR que ainda não foi regulado, de responsabilidade do estado, é o enquadramento das áreas nas classes de uso, Classe I, II e III, de forma a definir qual o padrão de qualidade deve ser estabelecido – primário ou secundário.

O fato de o PRONAR utilizar de limites de emissão como principal estratégia, reservando o uso dos padrões de qualidade do ar como ação complementar de controle, evidencia uma visão estreita de comando e controle focada na fonte de poluição e não na qualidade do meio. Desse modo, possibilita a ocorrência de situações em que, apesar do controle das fontes, são mantidos os problemas de degradação da qualidade do ar, não sendo, portanto, condizente com a operacionalização coordenada dos instrumentos de gestão presentes no ordenamento jurídico brasileiro.

Assim sendo, recomenda-se a revisão do PRONAR, no sentido de serem atualizadas suas estratégias, metas de curto e longo prazos, gerenciamento, procedimentos, e etc.

Em 1996, a Deliberação CECA 3520 estabeleceu, em nível experimental, um critério para orientar o licenciamento de atividades poluidoras com base em Estratégia de Gestão pela Qualidade Ambiental. Estabelecia o limite de 80% do padrão de qualidade, determinado na legislação ambiental vigente, como o patamar a partir do qual a associação de usuários do recurso natural teria que reestudar os níveis de lançamentos individuais, com a finalidade de definir e adotar as medidas de redução necessárias. Quando os padrões de qualidade ambiental prevalecessem sobre os padrões de emissão, a decisão de conceder a licença caberia a CECA. A Deliberação seria válida por dois anos, findo os quais seriam avaliados os resultados de sua aplicação e a validade de sua aplicação a outras regiões do Estado. Tal Deliberação orientou e balizou o licenciamento de uma fábrica de vidros planos que se instalou no

Vale do Paraíba. Entretanto, naquela ocasião, não havia qualquer monitoramento da qualidade do ar na região que avaliasse as concentrações de *background* e, muito menos, havia recursos técnicos para se estimar a contribuição das demais fontes de emissão instaladas na região, impedindo que os impactos cumulativos e sinérgicos fossem considerados.

Cabe ressaltar que apesar de ter sido proposto um modelo de gestão da qualidade do ar, independentemente da abordagem corretiva ou preventiva, cabe ao poder público exercer suas funções quanto a uma série de requisitos. Por mais que as atividades industriais se esforcem para enquadrar suas emissões de forma a não atingir os padrões de qualidade do ar, há que se levarem em conta as emissões provenientes dos meios de transporte rodoviários. Mesmo que o PROCONVE seja um dos Programas ambientais implantados no país de maior sucesso, com todas as alterações tecnológicas que proporcionou, além da melhoria contínua da qualidade dos combustíveis, não se observa, por parte das autoridades competentes, iniciativas no sentido de controlar as emissões provenientes das fontes móveis. De certa forma, o problema da gestão da qualidade do ar cai no mesmo canal comum das fontes fixas: foram estabelecidos limites de emissão para os veículos automotores, mas prevaleceu a postura “comando e controle”, uma vez que jamais qualquer governo atuou no planejamento da infra-estrutura de transporte dos centros urbanos, com vistas à melhoria da qualidade do ar.

Outro fato muito comum que se observa é que, coincidentemente, nas áreas onde se encontram os pólos industriais, ou seja, na periferia das regiões metropolitanas, é hábito da população queimar o lixo, causando impactos significativos na qualidade do ar, sem qualquer atuação das autoridades competentes. Na Região do Litoral Norte Fluminense, há a queima da cana de açúcar, na época da colheita.

Também se constata que há um grande número de vias não pavimentadas nas áreas suburbanas, que contribuem enormemente para a degradação da qualidade do ar.

Dessa forma, há que se considerarem todos esses fatores, que estão muito além da alçada dos empreendedores, no sentido de realizar a gestão da qualidade do ar.

A exemplo do que ocorre no Reino Unido, recomenda-se que os planos de ação para a melhoria da qualidade do ar em determinado local devam incluir medidas tais como o compromisso de colocar a qualidade do ar no centro do processo de tomada de decisão, incluindo-a em estratégias regionais de desenvolvimento, além da necessidade de trabalhar em estreita colaboração com as autoridades competentes

em matéria de estradas e/ou regulação ambiental, sobre as possíveis medidas de redução de emissões nas vias de tráfego e emissões fugitivas.

A experiência da tese contribuiu para o entendimento de que a gestão da qualidade do ar deve ser incorporada na fase de planejamento dos grandes programas de governo, preferencialmente orientada para resultados. Contribuiu, também, para o entendimento de que somente com a inclusão de instrumentos mais modernos de gestão, é possível agregar crescimento econômico e qualidade de vida, devendo-se não se limitar à postura “comando e controle”. Do mesmo modo, evidenciou a carência de informações sobre os possíveis danos que a poluição do ar pode causar na saúde da população residente no entorno das grandes áreas industriais. Para cobrir tal lacuna, recomenda-se, por fim, que sejam envidados esforços no sentido de que sejam desenvolvidos estudos sobre os efeitos das concentrações de poluentes na saúde da população exposta, cujos resultados embasarão ações complementares de controle, bem como auxiliarão na formulação das estratégias de redução de emissões a serem empregadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT, Coletânea de Normas sobre Qualidade e Meio Ambiente. ISO 19011, Rio de Janeiro, 2003.
- ALVES, C.M., Modelos Estocásticos para Tratamento da Dispersão de Material Particulado na Atmosfera, Tese de Doutorado, LNCC, Rio de Janeiro, 2006.
- ALVES, R.C.M. Descrição das circulações locais na região de Candiota RS e seus efeitos no transporte de poluentes. São Paulo: USP, 2000. 118 p. Tese (Doutorado), Instituto Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- AIR & WASTE MANAGEMENT ASSOCIATION. Air Pollution Engineering Manual. New York, Van Nostrand Reinhold, 1992.
- ARCADIS Tetraplan, Estudo EI-Ecologia Industrial como Fundamento do Condomínio Industrial do Açú, São Paulo, 2010.
- ARCADIS/TETRAPLAN – LLX, 2009- Avaliação Ambiental Estratégica do Complexo Industrial e Portuário do Açú. São Paulo.
- Assembléia Legislativa do Rio de Janeiro. *Áreas de risco ambiental no Estado do Rio de Janeiro*. Comissão de Defesa do Meio Ambiente: Rio de Janeiro, 2000.
- ASSUNÇÃO, João Vicente de. HASEGAWA, Paulo T. Geração Termelétrica com Turbinas a Gás Natural e seu Impacto na Qualidade do Ar. Workshop: “Geração Termelétrica a Gás Natural”, promovido pelo IBAMA e PETROBRAS, Porto Alegre-RS, junho/2001.
- BANCO MUNDIAL, Brasil: Gestão dos Problemas da Poluição, A Agenda Ambiental Marrom, Vol.I: Relatório de Política, 1998.
- BAIRD, Colin. Química Ambiental 2<sup>o</sup>ed.- Porto Alegre: Bookman, 2002.
- BECKER, Betha K. (coord.) *Logística e Ordenamento Territorial*. Relatório preparado como subsídio à elaboração da Política Nacional de Ordenamento Territorial - PNOT, 2006.
- BOUBEL, R.W. *et al.* Fundamentals of Air Pollution, San Diego, Academic Press Inc., 1994.
- BRASIL. Leis, Decretos etc., 1988, Constituição da República Federativa do Brasil, promulgada em 05 de outubro de 1988, Brasília.
- BRASIL, Lei n. 6938, de 31 de outubro de 1981, que define a política Nacional do Meio Ambiente.
- BRETSCHNEIRDER, B., KURFURST, J., 1987, *Air Pollution Control Technology*, Amsterdam-Oxford-New York, Elsevier.

- BRÖNNIMANN, S., NEU, U., 1997. Weekend-Weekday differences of near surface ozone concentrations in Switzerland for different meteorological conditions. *Atmospheric Environment*, 35 (8), 1127-1137.
- CANTER, L. W. *Workshop on Cumulative Effects Assessment. University of Oklahoma*, outubro de 1997.
- COMAR, V., TRUDERA, Eduardo M. V., COSTA, F.E.S. *Avaliação Ambiental Estratégica para o Gás Natural*. Ed. Interciência: Rio de Janeiro - RJ, 2006.
- CARVALHO, V. S. B., Meteorologia da Qualidade do Ar no que tange as Concentrações de ozônio e dos óxidos de nitrogênio na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, 2006.
- CARVALHO, V. S. B. e CAVALCANTI, P. M. P. S. Formação de ozônio troposférico na região de Macaé. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, XIII, 2004, Fortaleza. Anais do XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Fortaleza, 2004.
- CARVALHO, V. S. B., WALDHEIM, P. V. e MAIA, L. F. P. G. Primeira Campanha de Monitoramento da Qualidade do Ar no Município de Belford Roxo Utilizando o Sistema Doas. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, XIII, 2004, Fortaleza, Anais do XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia.
- CARVALHO, V. S. B., CAVALCANTI, P. M. P. S., CATALDI, M. e PIMENTEL, L. C. G. Avaliação da Concentração do Ozônio e de seus precursores na RMRJ e correlação deste com variáveis meteorológicas durante o ano de 2002. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, XIII, 2004, Fortaleza, Anais do XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia.
- CAVALCANTI, P.M.S., 2003, *Avaliação dos Impactos Causados na Qualidade do Ar pela Geração Termelétrica*. Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- CAVALCANTI, Paulina M.P.S. SALES, José Arnaldo. Estudo de Simulação dos Impactos na Qualidade do Ar pela Geração Termelétrica na Bacia Aérea I da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente – FEEMA, Departamento de Planejamento Ambiental, Divisão de Qualidade do Ar, Rio de Janeiro, agosto/2002.
- CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br>.
- CETESB – Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental, Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo – 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009.
- CETESB, Legislação Estadual (Lei 997/76 e Decreto 8468/76) - Controle de Poluição Ambiental Estado de São Paulo, Série Documentos, São Paulo, 2000.
- CETESB, Legislação Federal (Leis e Decretos), Série Documentos, São Paulo, 2000.

- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, Estudo do Comportamento do Ozônio na Região Metropolitana de São Paulo, São Paulo, 2002.
- COMRIE, A.C. An all-season synoptic climatology of air pollution in the US–Mexico border region. *Professional Geographer*. V.48 (Nº3), p.237–251. 1996.
- CIDE. Território do Estado do Rio de Janeiro. Centro de Informações de Dados do Rio de Janeiro/Secretaria de Estado de Planejamento e Controle – SECPLAN/Governo do Estado do Rio de Janeiro. 1997.
- CLEMENTE, D. A. – Estudo de Impacto Ambiental das Fontes Industriais de Poluição do Ar no Município de Paulínia – S.P. Empregando Modelo ISCST3.2000. C.591e: Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do título de mestre em Engenharia Química – Campinas, 2000. 179p.
- COELHO, V., 2007, Baía de Guanabara Uma História de Agressão Ambiental. Casa da Palavra Produções Editorial, Rio de Janeiro, pp 278.
- COMISSÃO EUROPÉIA – Direção Geral XI – Ambiente, Segurança e Proteção Civil, Legislação Comunitária no Domínio do Ambiente, Volume 2 – Av, Luxemburgo, Serviço das Publicações Oficiais das Comunidades Europeias, 1996, 347 p.
- COMMITTEE ON AIR QUALITY MANAGEMENT IN THE UNITED STATES, Air Quality Management in the United States, National Research Council, National Academy of Sciences, 2004, 426 pp.
- COMRIE, A.C. An all-season synoptic climatology of air pollution in the US–Mexico border region. *Professional Geographer*. V.48 (Nº3), p.237–251. 1996.
- CONAMA, Resoluções do CONAMA 1984-2008, 2ª. Edição, Brasília, 2008.
- CONCREMAT Engenharia. *EIA COMPERJ - Esclarecimento sobre os cenários futuros*. Rio de Janeiro, 2007.
- CORNWELL, DAVID A; MACKENZIE, L. DAVIS – Introduction to Environmental Engineering – third Edition - International Editions 1998. p. 473 - inclui índice ISBN 0- 07-015918-1.
- COSTA, Márcio Macedo da. *Princípios de Ecologia Industrial Aplicados à Sustentabilidade Ambiental e aos Sistemas de Produção de Aço*. COPPE/UFRJ: Rio de Janeiro, 2002. XIV, 257 p. 29,7 cm (Tese de doutorado em Planejamento Energético).
- COUNCIL ON ENVIRONMENTAL QUALITY. Regulations for implementing the procedural provisions of the National Environmental Policy Act. 40 CFR parts 1500-1508. Washington, DC, Executive Office of the President: [http://www.nepa.gov/nepa/regs/ceq/toc\\_ceq.htm](http://www.nepa.gov/nepa/regs/ceq/toc_ceq.htm).
- CRA, EIA/RIMA UTE Porto do Açú, Rio de Janeiro, 2007.

- CRA, EIA/RIMA UTE Porto do Açú II, Rio de Janeiro, 2010.
- CURTIN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY. Centre of Excellence in Cleaner Production. *Regional Resource Synergies for Sustainable Development in Heavy Industrial Areas: An Overview of Opportunities and Experiences*. Australia, May 2007.
- DALAL- CLAYTON, B. & SADLER, B. *Strategic environmental assessment – a sourcebook and reference guide to international experience*. Earthscan, London, 2005.
- DAVEY, L. H., BARNES, J. L., HORVATH, C.L. & GRIFFITHS, A. *Addressing Cumulative Environmental Effects: Sectoral And Regional Environmental Assessment*. In: KENNEDY, A. J. (ed.). *Proceedings: Cumulative Environmental Effects Management, Tools & Approaches*. Alberta Society of Professional Biologists, Alberta Institute of Agrologists, and Association of Professional Biologists of British Columbia, November, 2000, Calgary, Alberta.
- DALLAROSA, J. B., Estudo da Formação e Dispersão de Ozônio Troposférico em Áreas de Atividade de Processamento de Carvão Apilicando Modelos Numéricos, Tese de Mestrado, UFRGS, Porto Alegre, abril/2005.
- DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT, FOOD AND RURAL AFFAIRS IN PARTNERSHIP WITH THE SCOTTISH EXECUTIVE, WELSH ASSEMBLY GOVERNMENT AND DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT NORTHERN IRELAND, *The Air Quality Strategy for England, Scotland, Wales and Northern Ireland*, Vol. I e II, 2007.
- DIEM, J.E., COMRIE, A.C. Air quality, climate, and policy: a case study of ozone pollution in Tucson, Arizona. **Professional Geographer**. V.53 (Nº4), p.469–491. 2001.
- ECOSOFT. *Plano de Gestão da Qualidade do Ar na área do Pólo Gás-químico – Relatórios Parciais*. PETROBRAS: Rio de Janeiro – RJ, 2007.
- EEA, 2010, disponível em <http://europa.eu/index>.
- EEA, 2006. *Air Quality and Ancillary Benefits of Climate Change Policies – Relatório Técnico número 4 da Agência Ambiental Européia*. Disponível em <http://www.eea.europa.eu/>. Acessado em fevereiro de 2010.
- EEA, 2003. *Air Pollution and Climate Change Policies in Europe: Exploring Linkages and the Added Value of an Integrated approach*. Relatório Técnico número 5 da Agência Ambiental Européia, Disponível em <http://www.eea.europa.eu/>. Acessado em fevereiro de 2010.
- EGLER, Paulo César Gonçalves. Perspectivas de uso no Brasil do processo de Avaliação Estratégica.
- ELMINIR, H. K. Dependence of urban air pollutants on meteorology. *Science of Total Environment*, 350, p. 225-237, 2005.

- ENVIRON EC, INC., Report – Jurisdicional Review of Regulations for Air Quality Management, Ontario, Canadá, 2009.
- ENVIRON EC, INC., Final Report – Feasibility of Adapting Regulations for Air Quality Management to Ontario's Existing Regulatory Framework, Ontario, Canadá, 2009.
- ENVIRONMENTAL, NUCLEAR SAFETY & CIVIL PROTECTION. *Guidelines for the Assessment of Indirect Cumulative Impacts as well as Impact Interactions*, Ed. Hyder, 1999.
- EPA - National Center for Environmental Assessment, 2006. Air Quality Criteria for Ozone and Related Photochemical Oxidants. EPA 600/R-5/004aF, Volume I of III.
- ETCAE (European Topic Centre on Air Emissions) 1996, Review of CORINAIR90 – Proposals for Air Emissions 1994, November 1996.
- ETI (ENVIRONNEMENT ET TECHNOLOGIE INTERNATIONALE) 2000, Relatório de Estudo de Viabilidade do Sistema Nacional de Monitoramento da qualidade do Ar, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, Brasil.
- FBDS - Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável. *Indicadores, Índices e Parâmetros Sócio-Ambientais para a Área de Influência das Instalações da Petrobrás na Baía de Guanabara*. Rio de Janeiro, 2000.
- FEDERAL ENVIRONMENT AGENCY, Trends in Air Quality in Germany, 2009.
- FEEMA/GTZ, Qualidade do Ar na Região Metropolitana do Rio de Janeiro – 1995.
- FEEMA, 1990a, Vocabulário básico de meio ambiente, Moreira, I. V. (compilação), Rio de Janeiro, pp.246.
- FEEMA. Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente. *Diretriz de Implantação do Programa de Autocontrole de Emissões para a Atmosfera – PROCON – AR*. Rio de Janeiro – RJ, 1990.
- FEEMA. Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente. *Inventário de Emissões Veiculares*. Departamento de Planejamento Ambiental, Divisão de Qualidade do Ar: Rio de Janeiro, 1999.
- FEEMA. Fundação Estadual de Engenharia do Meio AMBIENTE. *Inventário de Fontes Emissoras de Poluentes Atmosféricos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro - RJ, 2004.
- FEEMA, Relatório Anual de Qualidade do Ar, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007 e 2008.
- FERLING, F.F., Gestão de Bacias Aéreas como Instrumento de Gestão Ambiental: Estudo de Caso em Projetos de Geração de Energia no Estado de São Paulo, Dissertação de Mestrado, PIPGE/USP, São Paulo, 2008.

- FINNVEDEN, G.; *et al.* Strategic environmental assessment methodologies— applications within the energy sector. *In: Environmental Impact Assessment Review. Volume 23, Issue 1, January 2003, Pages 91-123.*
- FISHER, T. B. *Benefits from SEA Application, a comparative review of North West England, Noord-Holland and Brandenburg-Berlin. EIA-Review, 1999. 19(2), 143-173.*
- FIRJAN, 2002, "A Gestão Ambiental nas Industriais do Estado do Rio de Janeiro", *Súmula Ambiental*, Edição Especial (Jun.), pp. 1-12.
- FIRJAN – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. *Decisão Rio. Investimentos 2008-2010.* Gerência de Infra-Estrutura e Novos Investimentos. Retirado de: <www.firjan.org.br/decisaorio>. Acesso em: setembro de 2008. (pdf)
- FRAGOMENI, Ana Luiza Moura. "Parques industriais ecológicos" como instrumento de planejamento e gestão ambiental cooperativa. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2005. (Dissertação de mestrado em Planejamento Energético).
- FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. Centro de Estudos em Sustentabilidade da EAESP (FGV/EAESP). *Guia para a elaboração de inventários corporativos de emissões de gases do efeito estufa.* São Paulo, FGV, 2009.
- GIANNETTI, B.F. E ALMEIDA, C. B., 2007, *Ecologia Industrial*, São Paulo.
- GODET, Michele. *Prospective et planification strategique.* Paris, ed. Economica, 1985.
- GOLDEMBERG, JOSÉ, 2004, Proteger o homem ou o meio ambiente? Artigo. [www.ambiente.sp.gov.br/artigos/260303\\_homem.htm](http://www.ambiente.sp.gov.br/artigos/260303_homem.htm). Acesso em 04 abr. 2007.
- GOUVEIA, N., FLETCHER, T., Time series analysis of air pollution and mortality: effects by cause, age and socioeconomic status, *J. Epidemiol Community Health*, 2000 – disponível em <http://jech.bmj.com/cgi/reprint/54/10/750?ck=nck>.
- GovRJ, Governo do Estado do Rio de Janeiro, Plano Estratégico do Governo do Rio de Janeiro, 2007-2010, Rio de Janeiro, pp. 120.
- GOVERNO FEDERAL. *Programa de Aceleração do Crescimento - PAC (2007 - 2010).* Comitê Gestor. Brasília - DF, Janeiro de 2008.
- HURTUBIA, J., *Ecologia y desarrollo: evolución y perspectivas Del pensamiento ecológico.* In: *Estilos de desarrollo y médio ambiente.* México: Fondo de Cultura Económica, 1980.ç
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo demográfico 2000.*
- INEA, Relatório Anual de Qualidade do Ar, 2009.
- INEA, Legislação Ambiental, disponível em [www.inea.rj.gov.br](http://www.inea.rj.gov.br), 2010.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. *Normais Climatológicas.* Brasília – DF, 1992.
- JAMES, E. Mc COLL, P.T.V. FRY, C. Final Report – Literature Review/Scoping Study on Cumulative Effects Assessment and the Strategic Environmental

- Assessment Directive. Environmental Policy – Risk and Forecasting Report, UK, 2003.
- JANSSEN, L. H. J. M. et al. A Classification of no Oxidation Rates in Power Plant Plumes Based on Atmospheric Conditions, *Atmospheric Environment*, Vol. 22, No , pp 43-53, 1988.
  - KLIMONT, Z., AMANN, M.,COFALA, J., GYARFAS,F., KLAASSEN,G., SCHOPP,W.,1994, "An Emission Inventory for the Central European Initiative 1988", *Atmospheric Environment*, v.28,n.2(Jul), pp.235-246.
  - KRAEMER, Maria Elisabeth Pereira. Gestão ambiental: enfoque no desenvolvimento sustentável. Itajaí/SC: Univali, 2004.
  - LA ROVERE, Emílio Lèbre. Política Ambiental e Planejamento Energético. Programa de Planejamento Ambiental da COPPE/UFRJ, Agosto 2000.
  - LA ROVERE, E. L. et al, 2002. *Avaliação do PROCONVE – Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores*. Relatório de pesquisa elaborado pelo Laboratório Interdisciplinar de Meio Ambiente (LIMA/COPPE/UFRJ), Rio de Janeiro.
  - LIMA, Laboratório Interdisciplinar de Meio Ambiente, Avaliação Ambiental Estratégica dos Empreendimentos do PLANGAS, GNL e COMPERJ na região em torno da baía de Guanabara, 2009, Rio de Janeiro.
  - LIMA - Laboratório Interdisciplinar de Meio Ambiente/ COPPE - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia/ UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro. *Avaliação Ambiental Estratégica para o setor de Petróleo e Gás Natural no Sul da Bahia*. El Paso, PETROBRAS, Petroserv, Ipiranga, Queiroz Galvão, 2003.
  - LIMA. Laboratório Interdisciplinar de Meio Ambiente/ COPPE – Instituto Alberto Luiz Coimbra De Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia/ UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro. *Avaliação Ambiental Estratégica do Pólo Mineiro-Industrial de Corumbá e influências sobre a Planície Pantaneira*. Plataforma do Diálogo, 2008.
  - LIMA - Laboratório Interdisciplinar de Meio Ambiente/ COPPE - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia/ UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro. *Análise de Viabilidade da Aplicação da AAE para E & P no Brasil - Estado da Arte da Aplicação da Avaliação Ambiental Estratégica nos países produtores de petróleo*. MMA, Rio de Janeiro, RJ, 2004.
  - LORA, Electro Silva. Prevenção e Controle da Poluição nos Setores Energético, Industrial e de Transportes. Brasília, DF: ANEEL 2000.
  - MACINTYRE, A. J. – Ventilação Industrial e o Controle da Poluição. ed. Guanabara, Rio de Janeiro, 1988. 403p. p. 4 –5.
  - MADSEN, H. *Regasification System and Method*. Estados Unidos da América, 2005.
  - MAGLIO, I.C, PHILIPPI Jr., A., 2005, Planejamento ambiental: metodologia e prática de abordagem. In: Arlindo Philippi Jr. (editor), Saneamento, Saúde e Ambiente – fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Coleção

- Ambiental, USP/FSP/NISAM, 1ª Edição. 1ª Reimpressão, 2008. São Paulo, pp. 842.
- MAIA, L. F. P. G. Avaliação das Variações Climáticas no Estado do Rio de Janeiro. In: Índice de Qualidade dos Municípios – Verde II (IQM-Verde II). Fundação CIDE. Governo do Estado do Rio de Janeiro. 2003.
  - MAIA, L. F. P. G. Estudo de Dimensionamento da Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar para a Cidade do Rio de Janeiro. Parte I: Estudo Dinâmico-Climatológico. Departamento de Meteorologia-UFRJ/Secretaria Municipal de Meio Ambiente-Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. Janeiro de 1997. 172p.
  - MAIA, L. F. P. G. Estudo de Dimensionamento da Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar para a Cidade do Rio de Janeiro. Parte II: Dimensionamento Qualitativo, Quantitativo e Definição Locacional da Rede de Monitoramento. Departamento de Meteorologia-UFRJ/Secretaria Municipal de Meio Ambiente-Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. Janeiro de 1997. 57p.
  - MAIA, L. F. P. G. Estudo de Localização da Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar na REDUC (Relatório Técnico). Universidade Federal do Rio de Janeiro/Refinaria Duque de Caxias. Rio de Janeiro. Setembro de 1995. 53p.
  - MAIA, L. F. P. G. Influência da Topografia de Pequena-Escala na Precipitação no Rio de Janeiro. In: Anais do VI Congresso Brasileiro de Meteorologia. Sociedade Brasileira de Meteorologia. Salvador, BA. Vol I: 210-214. 1990.
  - MAIA, L.F. P. G . Relatório Final do I Seminário do Ar Limpo na Bacia Aérea III da Região Metropolitana do Rio de Janeiro: Plano de Ação para a Melhoria da Qualidade do Ar na Bacia Aérea III da RMRJ. Banco Mundial/Secretaria Municipal de Meio Ambiente do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2000.
  - MAIA, L. F. P. G. Urban Air Quality Monitoring in Rio de Janeiro – Brazil by Diffusive Sampling. In: Proceedings on International Conference Measuring Air Pollutants by Diffusive Sampling. ERLAP. Montpellier. 2001.
  - MALHEIROS, T.F., PHILIPPI JR., A., COUTINHO, S. M.V., 2008, Agenda 21 nacional e indicadores de desenvolvimento sustentável: contexto brasileiro. Saúde e Sociedade, vol. 17, n. 1, São Paulo, jan./mar. 2008.
  - MALHEIROS, T.M.M., O Controle Ambiental Federal das Atividades de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural no Novo Cenário de Flexibilização do Monopólio Estatal no Brasil, Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2002.
  - MANAHAN,S.E.,2000,*Environmental Chemistry*, 7 ed, New York, CRC Press LLC.
  - MANSON,H.B.,HERTHER,M.A.,1982," Emission Inventory for Stationary NOx Sources(USA)".In: Schneider,T., Grant,L,(eds), *Air Pollution by Nitrogen Oxides*,2 ed., chaper 4, Amsterdam, Netherlands, Elsevier Scientific Publishing Company.
  - MARQUEZ, L. O. , SMITH, N. C., A framework for linking urban form and air quality, *Environmental Modelling & Software* 14 (1999) 541–548, 1999.

- MARTINS, L. D., 2006. Sensibilidade da Formação de Ozônio Troposférico às emissões veiculares na Região Metropolitana de São Paulo. 198 p. São Paulo. Tese de Doutorado do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo.
- MENDES, F. E., 2004. *Avaliação de Programas de Controle de Poluição Atmosférica por Veículos Leves no Brasil*. Tese de Doutorado. Programa de Planejamento Energético, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.
- MILLER, E.W., MILLER, M.R., 1989, *Contemporary World Issues – Environmental Hazards: Air Pollution: a reference handbook*. ABC-CLIO, Santa Barbara, California.
- MOREIRA, A. *Curso de Poluição Atmosférica na Indústria de Petróleo*. Rio de Janeiro, Universidade Corporativa da Petrobras, 2004.
- MOSLEY, S., 2001, *The Chimney of the World: A History of Smoke Pollution in Victorian and Edwardian Manchester*. Cambridge . White Horse Press.
- MEDEIROS, Alexandre Mollica. Diretrizes para a Incorporação da Variável Ambiental no Planejamento da Expansão Termelétrica a Gás Natural no Brasil. Tese (Mestrado) - Programa de Planejamento Energético da COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2003.
- MMA, Ministério do Meio Ambiente, 1997, Instrumentos econômicos para a gestão ambiental no Brasil Ronaldo Seroa da Motta, Carlos Eduardo Frickmann Young (Coord.), Rio de Janeiro, pp. 136.
- MMA (2002). Manual de Avaliação Ambiental Estratégica. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 91 pp.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente, 2002a. Gestão Ambiental no Brasil: um compromisso com o desenvolvimento sustentável, Brasília, 162 p.
- MMA/SQA, SUBSÍDIOS À ELABORAÇÃO DA 1ª CONFERÊNCIA NACIONAL DE SAÚDE AMBIENTAL: Plano Nacional de Qualidade do Ar, 2009.
- MMA, 1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários, 2010.
- MEYER M. M. Gestão ambiental no setor mineral: um estudo de caso. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- NEGRI, Jean Cesare. Modelo Preditivo da Emissão e Dispersão do NOx Gerado em Usinas Termelétricas como Instrumento de Análise de Inserção e Capacidade de Suporte Regional da Qualidade do Ar. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecânica. São Paulo, 2002.
- OECD. *Applying Strategic Environmental Assessment*. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), 2006.

- OLIVEIRA, V.R.S., Impactos cumulativos na avaliação de impactos ambientais: fundamentação, metodologia, legislação, análise de experiências e formas de abordagem. *Dissertação de mestrado do programa de pós graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos*, 160, São Paulo, 2008.
- QUITÉRIO, S.L., ARBILLA, G., SILVA, C.R.S., ESCALEIRA, V., MAIA, L.F.P.G., 2003, "Os Municípios da Baixada Fluminense do Estado do Rio de Janeiro e seus Problemas com a Qualidade do Ar". In: Anais da 26ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. Poços de Calda, Minas Gerais, Maio.
- PADULA, R.C., Modelo Atual de Gestão Ambiental: Uma Proposta Focada na Qualidade Ambiental, Dissertação de Mestrado, PEAMB/UERJ, Rio de Janeiro, 2004.
- PARTER, A., 1978, *Industrial Air Pollution Handbook*, Great Britain, Mc-GrawHill Book Company.
- Partidário, M.R. 2006a. Curso geral de AAE. Capacitação em AAE dada no Brasil para o Governo Federal, com apoio do Ministério do Meio Ambiente e Ministério do Planejamento e Gestão. Apostila Impressa. Brasília. 50 pp.
- PARTIDÁRIO, M. R. *Elements of an SEA framework – Improving the added-value of SEA*. In: *Environmental Impact Assessment Review*. Elsevier Science Inc., 2000. 20, 647-663.
- PARTIDÁRIO, M.R. *The Public Participation Manual*. ÖGUT – Australian Society for Environment and Technology/ Lebeusministerium.at, Veinna, March, 2007.
- PARTIDÁRIO, M. R.; CLARK, R. *Perspectives on Strategic Environmental Assessment*. Boca Raton: CRC Press LLC, 2000. PARTIDÁRIO, M. R.; FISCHER, T. B. Follow-up in current SEA Understanding. In: MORISSON-SAUNDERS, A. e ARTS, J. (Ed.). *Assessing Impact: Handbook of EIA and SEA Follow-Up*. Earthscan: London, 2004.
- PARTIDÁRIO, M. R.; ARTS, J. Exploring the concept of strategic environmental assessment follow-up. *Impact Assessment and Project Appraisal*, v. 23, n. 3, p. 246-257, 2005.
- PIRES, D. O., 2005, Inventário de Emissões Atmosféricas de Fontes Estacionárias e sua Contribuição para a Poluição do Ar na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Tese (Mestrado), UFRJ/COPPE/PPE, Rio de Janeiro, Brasil.
- PHILIPPI Jr., A., ROMERO, M.A., BRUNA, G.C., Curso de Gestão Ambiental, Coleção Ambiental, USP, São Paulo, 2004.
- PONT, V., FONTAN, J., 2001. Comparison between weekend and weekday ozone concentration in large cities in France. *Atmospheric Environment*, 35, 1527-1535.

- PORTO, M.F.A., PORTO, R.L., *Gestão de Bacias Hidrográficas, Estudos Avançados*, ISSN, São Paulo, 2008.
- PUC – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2002. *Memórias do Seminário sobre Emissões Atmosféricas de Fontes Estacionárias*.
- QUITÉRIO, S. L, ARBILLA, G., SILVA, C. R. S., ESCALEIRA, V. e MAIA, L.F.P.G. Os Municípios da Baixada Fluminense do estado do Rio de Janeiro (BFRJ) e seus Problemas com a Qualidade do Ar. In: *Anais da 26ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*. Poços de Caldas, MG. Maio de 2003.
- SACHS, I., 2004, *Desenvolvimento incluyente, sustentável, sustentado*, Ed. Sebrae/Garamond Universitária, Rio de Janeiro, pp.151
- SACHS, I. *Ecodesenvolvimento: crescer sem destruir*. São Paulo, Vértice, 1986.
- SACHS, I., *Estratégias de Transição para o século XXI: desenvolvimento e meio ambiente*, São Paulo, Studio Nobel/FUNDAP, 1993.
- SADLER, B. *Environmental assessment in a changing world: evaluating practice to improve performance*. Canadian Environmental Assessment Agency and International Association for Impact Assessment, Ottawa, 1996.
- SADLER, B. VERHEEM, R. *Strategic Environmental Assessment: Status, Challenges and Future Directions*, Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, Netherlands, 1996, 188 pp.
- SÃO PAULO, Decreto n. 47.397, de 04 de dezembro de 2002.
- SÃO PAULO, Decreto n. 48.523, de 02 de março de 2004.
- SÃO PAULO, Decreto n. 50.753, de 28 de abril de 2006.
- SÃO PAULO, Decreto n. 52.469, de 12 de dezembro de 2007.
- SANCHEZ, L.E. 1991. Os Papéis da Avaliação de Impacto Ambiental. (in) *Avaliação de Impacto Ambiental: situação e perspectivas*, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1991.
- SANTOS, E.L., *Avaliação do Conceito Bolha como Critério de Compensação Ambiental em Licenciamento de Atividades Poluidoras do Ar Atmosférico – Estudos de Caso no Estado de São Paulo*, Dissertação de Mestrado, UFScar, São Paulo, 2004.
- SANTOS, E.L., SALVADOR, N.N.B., *Avaliação do Conceito Bolha como Critério de Compensação Ambiental em Licenciamento de Atividades Poluidoras do Ar Atmosférico – Estudos de Caso no Estado de São Paulo*, Revista Ceciliana, ISSN, 2004.

- SANTOS, Rozely Ferreira. Conservação e Gestão de Recursos naturais. Campinas: Unicamp, 1998.
- SALDIVA, P.H.N. et al. Air Pollution and Mortality in Elderly people: a time series study in São Paulo, Brazil. Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, 1993.
- SALDIVA, P.H.N. et al. Association between Air Pollution and mortality due to respiratory diseases in children in São Paulo, Brazil: a preliminary report. Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, 1993.
- SALDIVA, P.H., BRAGA, A.Q.L.F., PEREIRA, L.A., MENEZES, M.R.D.O., Relação entre Poluição Atmosférica e atendimentos por infecção de vias aéreas superiores no município de São Paulo: avaliação do rodízio de veículos, Revista Brasileira de Epidemiologia, São Paulo, 2001.
- SALES, José Arnaldo. Dimensionamento da Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar, Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente – FEEMA, Departamento de Poluição, Divisão de Poluição do Ar, Rio de Janeiro, 1980.
- SALES, José Arnaldo. A Ocorrência de Inversões Térmicas e sua Influência na Qualidade do Ar Ambiente do Rio de Janeiro. II Congresso Interamericano de Meteorologia, Buenos Aires 1987.
- SEA – SECRETARIA DE ESTADO DO AMBIENTE, disponível em [www.sea.rj.gov.br](http://www.sea.rj.gov.br).
- SEINFELD, J.H. Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution. New York: John Willey & Sons, 1986.
- SEWELL, G. H. – Administração e o Controle da Qualidade Ambiental: Original norte-americano: Environmental Quality Management. São Paulo, EPU, EDUSP, CETESB, 1978. 295p.
- SILLMAN, S. The relation between ozone, NO<sub>x</sub>, and hydrocarbons in urban and polluted rural environments. Atmospheric Environment. V.33, p.1821–1845. 1999.
- SMAC. Avaliação das Concentrações de Ozônio na Cidade do Rio de Janeiro usando o Método dos Tubos Passivos. Secretaria Municipal de Meio Ambiente/Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 1999.
- SMAC. Avaliação das Concentrações de SO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub> na Cidade do Rio de Janeiro usando o Método dos Tubos Passivos. Secretaria Municipal de Meio Ambiente/Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 1996.
- SCHMIDT, M.; JOÃO, E.; ALBRECHT, E. *Implementing Strategic Environmental Assessment*. Berlin: Springer, 2005.
- SEINFELD, J.H., 1986. Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution. New York: John Willey & Sons.

- SILVA, Heliana Vilela O. *Controle Industrial: Antecedentes Históricos, Principais Atividades Desenvolvidas, Resultados Alcançados: Indústrias Prioritárias da Baía de Guanabara*. FEEMA: Rio de Janeiro, 1990.
- SILVA, Heliana Vilela. *O Caso da Poluição Industrial na Baía de Guanabara: Da Origem da Industrialização à Origem do Movimento Ambientalista*, 2002 (Não Publicado).
- SILVA, Heliana Vilela. *O Uso de Indicadores Ambientais para Aumentar a Efetividade da Gestão Ambiental Municipal* COPPE/ UFRJ: Rio de Janeiro – RJ, 2008. (Tese de Doutorado).
- SMIT, B.; SPALING, H. Methods for cumulative effects assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 15, p. 81-106, 1995.
- STERN, Arthur C. BOUBEL, Richard W. TURNER, D. Bruce, FOX, Donald L. *Fundamentals of Air Pollution*, Academic Press, Inc., Orlando, Florida, 1984, 530 pp.
- TEIXEIRA, Isabella Mônica Vieira. *O uso da avaliação ambiental estratégica no planejamento da oferta de blocos para exploração e produção de petróleo e gás natural no Brasil: uma proposta*. COPPE/ UFRJ: Rio de Janeiro – RJ, 2008. (Tese de Doutorado)
- THEODORE, L., BUONICORE, A., 1998, *Air Pollution Control Equipment*, vol 2, CRC Press Inc.
- THERIVEL, R. *Strategic Environmental Assessment in Action*. London: Earthscan, 2004.
- THERIVEL, R. & PARTIDÁRIO, M.R. *The Practice of Strategic Environmental Assessment*. Earthscan Publications Ltd., London, 1996.
- THERIVEL, R., Wilson, E., THOMPSON, S., HEANY, D. & PRITCHARD, D. *Strategic Environmental Assessment*. Earthscan Publications Ltd., London, 1992.
- THE WORLD BANK. *Environmental Assessment Sourcebook, Volume III. Guidelines for Environmental Assessment of Energy and Industry Projects*. Nº 139, etc. Washington, D.C. 1991.
- THE WORLD BANK, *Pollution Prevention and Abatement Handbook, Thermal Power: Guidelines for New Plants*, Washington DC, July/1998.
- TURNER, R.K. *Speculations on Weak and Strong Sustainability*. CSERGE Working Paper GEC 92-26 Norwich: University of East Anglia/University College London 1992.
- UNECE (United Nations Economic Commission for Europe), 2004. Site Internet [www.unece.org](http://www.unece.org).
- UK Air Quality Archive, disponível em [www.airquality.co.uk](http://www.airquality.co.uk).
- U. S. Environmental Protection Agency (US-EPA). *Compilation of Air Pollutants Emission Factors (AP-42)*, Washington DC., US-EPA, 2008.

- US-EPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Cumulative Impacts*. 15 de fevereiro de 2001 (Versão preliminar).
- VALLERO, D., *Fundamentals of Air Pollution*, 4a. Edição, Academic Press, USA, 2008.
- VAN DER HEIJDEN, K. *Scenarios, the art of strategic conversation*. John Wiley & Sons, New York, 1996.
- VARGAS, H.C. e RIBEIRO, H. *Novos Instrumentos de Gestão Ambiental Urbana*. Editora da USP, São Paulo, 2001.
- VEROCAI, I., *Avaliação de Impacto Ambiental – AIA*, FEEMA, Rio de Janeiro, 1985.
- VEROCAI, I. 1991. A Experiência Brasileira em Avaliação de Impacto Ambiental; Palestra apresentada no Simpósio Avaliação de Impacto Ambiental: situação atual e perspectivas, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 10 pp.
- VEROCAI, I. 1991. A Experiência Brasileira em Avaliação de Impacto Ambiental; Palestra apresentada no Simpósio Avaliação de Impacto Ambiental: situação atual e perspectivas, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 10 pp.
- VEROCAI, 2006. “O Licenciamento Ambiental em Outros Países”. Palestra apresentada no Painel 2 do Seminário “Vinte Anos de Licenciamento Ambiental no Brasil”, coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente, São Paulo, 07 pp. Mimeo.
- VEROCAI, I., *Licenciamento Ambiental em Unidades Industriais*, Belém, 2007
- WEAVER, A.; CALDWELL, P. *Environmental Impact Assessment for Mining Projects*. In: PETTS, J. (Ed.). *Handbook of Environmental Impact Assessment*. Oxford: Blackwell Science, v.2, 1999. p.377-403.
- WALKER, L.J., JOHNSTON, J. *Guidelines for the Assessment of the Indirect and Cumulative Impacts as well as Impact*. EC DG XI. Environment, Nuclear Safety & Civil Protection. The European Commission. Hyder, may 1999.
- WHO *Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide - Global update 2005 - Summary of risk assessment*
- WILKINSON, P.L., HAY, N.E., 1987, “Major Air Pollutants and Their Sources”. In: HAY, N.E., *Natural Gas Applications for Air Pollution Control*, chapter 3, Lilburn, USA, The Fairmount Press, Inc.

## ANEXOS

**Tabela A1 – Concentração de Partículas Inaláveis ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) nas estações localizadas na área de influência do Pólo Gás-Químico de Duque de Caxias**

Estação	2004		2005		2006		2007		2008	
	Conc. média anual *	n° de ultrapassagens ao padrão **	Conc. média anual *	n° de ultrapassagens ao padrão **	Conc. média anual *	n° de ultrapassagens ao padrão **	Conc. média anual *	n° de ultrapassagens ao padrão **	Conc. média anual *	n° de ultrapassagens ao padrão **
<b>CE Adelina de Castro</b>	64	54	55	38	52	31	41	3	38	0
<b>CIEP Cora Coralina</b>	50	0	47	12	38	21	41	16	42	0
<b>PRF</b>	35	0	27	27	29	0	39	0	38	0
<b>Sec. Meio Ambiente</b>	65	52	55	68	24	0	42	0	37	0

\*Padrão de Qualidade do Ar estabelecido pela Resolução CONAMA 03/90 –  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

\*\*Padrão de Qualidade do Ar estabelecido pela Resolução CONAMA 03/90 – concentração máxima de 24 horas -  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , que não deve ser excedido mais de uma vez ao ano.

**Tabela A2 – Concentração de Dióxido de Enxofre ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) nas estações localizadas na área de influência do Pólo Gás-Químico de Duque de Caxias**

Estação	2004		2005		2006		2007		2008	
	Conc. média anual *	n° de ultrapassagens ao padrão **	Conc. média anual *	n° de ultrapassagens ao padrão **	Conc. média anual *	n° de ultrapassagens ao padrão **	Conc. média anual *	n° de ultrapassagens ao padrão **	Conc. média anual *	n° de ultrapassagens ao padrão **
<b>CE Adelina de Castro</b>	27	0	24	0	28	0	43	0	32	0
<b>CIEP Cora Coralina</b>	12	0	12	0	10	0	16	0	15	0
<b>PRF</b>	10	0	8	0	10	0	16	0	11	0
<b>Sec. Meio Ambiente</b>	13	0	15	0	17	1	10	0	8	0

\*Padrão de Qualidade do Ar estabelecido pela Resolução CONAMA 03/90 –  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

\*\*Padrão de Qualidade do Ar estabelecido pela Resolução CONAMA 03/90 – concentração máxima de 24 horas -  $365 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , que não deve ser excedido mais de uma vez ao ano.

**Tabela A3 – Concentração de Dióxido de Nitrogênio ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) nas estações localizadas na área de influência do Pólo Gás-Químico de Duque de Caxias**

Estação	2004		2005		2006		2007		2008	
	Conc. média anual *	n° de ultrapassagens ao padrão **	Conc. média anual *	n° de ultrapassagens ao padrão **	Conc. média anual *	n° de ultrapassagens ao padrão **	Conc. média anual *	n° de ultrapassagens ao padrão **	Conc. média anual *	n° de ultrapassagens ao padrão **
<b>CE Adelina de Castro</b>	21	0	19	0	26	0	37	0	34	0
<b>CIEP Cora Coralina</b>	19	0	28	0	29	0	31	0	36	0
<b>PRF</b>	29	0	39	1	32	0	36	0	37	0
<b>Sec. Meio Ambiente</b>	25	0	29	0	31	0	28	0	22	0

\*Padrão de Qualidade do Ar estabelecido pela Resolução CONAMA 03/90 –  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

\*\*Padrão de Qualidade do Ar estabelecido pela Resolução CONAMA 03/90 – concentração máxima de 24 horas -  $320 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , que não deve ser excedido mais de uma vez ao ano.

**Tabela A4 – Ultrapassagens da concentração de referência de Hidrocarbonetos (ppm) nas estações localizadas na área de influência do Pólo Gás-Químico de Duque de Caxias**

Estação	2004		2005		2006		2007		2008	
	Conc. média 3 horas	n° de ultrapassagens à conc. de referencia *	Conc. média 3 horas	n° de ultrapassagens à conc. de referencia *	Conc. média 3 horas	n° de ultrapassagens à conc. de referencia *	Conc. média 3 horas	n° de ultrapassagens à conc. de referencia *	Conc. média 3 horas	n° de ultrapassagens à conc. de referencia
<b>CE Adelina de Castro</b>	3,3	2096 (em 6113 registros)	2,7	2615 (em 7687 registros)	3,5	2658 (em 7869 registros)	2,9	2680 (em 7958 registros)	2,7	2753 (em 8179 registros)
<b>CIEP Cora Coralina</b>	2,9	2164 (em 6085 registros)	3,2	2583 (em 7646 registros)	2,9	2557 (em 7564 registros)	2,5	2599 (em 7629 registros)	2,8	777 (em 2265 registros)
<b>PRF</b>	2,9	1880 (em 5594 registros)	2,1	2847 (em 8379 registros)	2,2	2879 (em 8593 registros)	3,2	2553 (em 7581 registros)	2,5	2147 (em 6522 registros)
<b>Sec. Meio Ambiente</b>	2,7	2154 (em 6249 registros)	2,6	2221 (em 6550 registros)	3,3	2809 (em 8313 registros)	3,1	2792 (em 8311 registros)	3,4	2496 (em 7560 registros)

\*Padrão de Qualidade do Ar já adotado para a Califórnia e US-EPA – concentração média de 3 horas – 0,24 ppm.

**Tabela A5 – Ultrapassagens ao padrão de Ozônio ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) nas estações localizadas na área de influência do Pólo Gás-Químico de Duque de Caxias**

<b>Estação</b>	<b>2004</b> n° de ultrapassagens ao padrão	<b>2005</b> n° de ultrapassagens ao padrão	<b>2006</b> n° de ultrapassagens ao padrão	<b>2007</b> n° de ultrapassagens ao padrão	<b>2008*</b> n° de ultrapassagens ao padrão
<b>CE Adalina de Castro</b>	130	184	152	345	144
<b>CIEP Cora Coralina</b>	112	109	142	206	34
<b>PRF</b>	51	162	165	201	18
<b>Sec. Meio Ambiente</b>	76	197	214	235	78

\*Ano com dados de baixa representatividade estatística (problemas operacionais no equipamento)

Nota: Padrão de Qualidade do Ar estabelecido pela Resolução CONAMA 03/90 – concentração máxima de 1 hora de  $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , que não deve ser excedida mais de uma vez ao ano.