

FUNDACAO ESTADUAL DE PROTECAO AMBIENTAL

RELATORIO DA QUALIDADE DO AR 2001-2002

Porto Alegre, 2002

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

NOME DO GOVERNADOR

SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE

NOME DO SECRETÁRIO

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

NOME DO DIRETOR PRESIDENTE

Diretoria Técnica

Mauro Moura

DEPARTAMENTO DE LABORATÓRIOS

Roberto dos Santos Claro

Equipe Técnica da Rede Automática

Ana Maria Scazzola Cruzat(Consultora)
Daniela Montanari Migliavacca (Consultora)
Estevão Segalla
Flávio Wiegand
Iara Brito Martins

Equipe Técnica da Rede Manual

Alessandro Monteiro
Cristiano Gross
Cledion Aldo de Moura Peixoto
Hildegar Dal Ponte Tavares
José Ernesto G. Castro
Marcelo Christoff
Paulo Roberto Barbosa
Ubirajara Tiarajú Soares

DEPARTAMENTO DE QUALIDADE

Claudia Laydner

Eduardo Rodrigo Ramos de Santana
Ieda Maria Cordeiro O. Silva
Nádia Boeira Soares

Elaboração Técnica

Daniela Montanari Migliavacca (Consultora)
Eduardo Rodrigo Ramos de Santana

Equipe Revisora

Ana Maria Scazzola Cruzat(Consultora)
Estevão Segalla
Flávio Wiegand
Iara Brito Martins
Ieda Maria Cordeiro O. Silva
Nádia Boeira Soares

GLOSSÁRIO

$\mu\text{g. L}^{-1}$: micrograma por litro

$\mu\text{g. m}^{-2}$: micrograma por metro quadrado

$\mu\text{g. m}^{-3}$: micrograma por metro cúbico

$\mu\text{S. cm}^{-1}$: microsiemens por centímetro

8^o DISME: 8^o Distrito de Meteorologia

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

APHA: American Public Health Association

ASTM: American Society for Testing and Materials

CCEE: Coordenadoria do Controle do Equilíbrio Ecológico

CEASA/RS: Centrais de Abastecimento do Rio Grande do Sul

CEEE: Companhia Estadual de Energia Elétrica

CEPETC: Centro de Previsões de Tempo e Estudos Climáticos

CETESB: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo

CH: Ciclohexano

CIAMB: Ciências Ambientais

CNPq: Conselho nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CO: Monóxido de Carbono

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

Copelmi: Companhia de Pesquisa de Lavra Mineral

CORSAN: Companhia Riograndense de Saneamento

COVs: Compostos Orgânicos Voláteis

DCM: Diclorometano

Disponibilidade dos dados: percentual de validação dos dados de qualidade do ar referente a 365 dias

DMA: Departamento do Meio Ambiente

ENOS: El Niño – Oscilação Sul

EPA : Agency Protection Environment

ESEF: Escola de Superior de Educação Física da UFRGS

FAPERGS: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul

FIERGS: Federação e Centro das Indústrias do Estado do Rio Grande do Sul

FINEP: Financiadora de Estudos e Projetos

GOES: Geostationary Operational Environmental Satellite

GTZ: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit

HI-Vol: Amostrador de Grande Volume

HPAS: Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos

HV PM₁₀: Hi Vol PM₁₀

INMET: Instituto Nacional de Meteorologia

INPE: Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais

IQAr: Índice de Qualidade do Ar

ISCST: Industrial Source Complex Term

L.D: Limite de Detecção

Máxima de 1 hora: Valor máximo diário de 1 hora da concentração do poluente

Máxima Média Diária: máximo valor anula da média de 24 horas

Média Móvel de 8 horas: média da máxima média móvel de 8 horas diária

meq. m⁻²: miliequivalente por metro quadrado

MOE: Matéria Orgânica Extraída

MW: Mega Watt

N.D: Não Detectado

ng. m⁻³: nanograma por metro cúbico

NO₂: Dióxido de Nitrogênio

OPS: Organização Pan-americana de Saúde

PADCT: Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico

PAN: Peroxiacil Nitratos

PETROBRAS: Petróleo Brasileiro S.A

pH: Potencial de Hidrogênio

PI₁₀: Partículas Inaláveis com diâmetro menor que 10 microns

PI_{2,5}: Partículas Inaláveis com diâmetro menor que 2,5 microns

PIXE: Particle – Induced X – Ray Emission

ppm: partes por milhão

PQAr: Padrões de Qualidade do Ar

PTS: Partículas Totais em Suspensão

RMPA: Região Metropolitana de Porto Alegre

SENAI: Serviço Nacional das Indústrias

SESI: Serviço Social da Indústria

SMAM: Secretaria Municipal do Meio Ambiente

SO₂: Dióxido de Enxofre

SODAR/RASS: Sonda Acústica. Equipamento que serve para sondagem da baixa troposfera (até 1500 metros), fornecendo dados de direção e velocidade do vento e

temperatura, para várias camadas.

SSMA: Secretaria da Saúde e do Meio Ambiente

Tri-Gás: equipamento de amostragem de gases

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UPME: Usina Termoelétrica Presidente Médici

USEPA: United States Environmental Protection Agency

V COMAR: V Comando Aéreo Regional

1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que quanto maiores são as concentrações humanas, maiores são as demandas de energia e geração de resíduos (sólidos, líquidos e gasosos). O acúmulo destes, seja devido ao excesso de produção, falta de controle ou dificuldade de eliminação, resulta em poluição (Braga, Freitas *et al.*, 2002).

As primeiras preocupações com a qualidade do ar datam da era pré-cristã quando o carvão era o principal combustível e a qualidade do ar já se mostrava decadente nas regiões de impacto direto. No final do século XIII, a Inglaterra decretava seus primeiros atos de controle de fumaça. Contudo, a relação de causalidade entre poluentes atmosféricos e danos à saúde é mais recente e se deu devido a episódios catastróficos verificados em grandes centros urbanos. O primeiro evento relatado data de 1930 e ocorreu no vale de Meuse (Bélgica), região que concentrava siderúrgicas, metalúrgicas, termelétricas a carvão e outras indústrias. Nos cinco primeiros dias de dezembro deste ano, houve um problema de dispersão de poluentes atmosféricos devido a condições meteorológicas desfavoráveis. Como consequência, registrou-se durante o episódio um aumento de doenças respiratórias e a ocorrência de 60 mortes.

Outro incidente registrado é o de Donora (Pensilvânia – EUA) ocorrido em 1948, onde uma forte inversão térmica ocasionou a concentração de poluentes na atmosfera, sendo constatadas 20 mortes.

Caso similar e de repercussão maior foi verificado em 1952, em Londres, onde o carvão era muito utilizado pelas indústrias e aquecedores domiciliares. No inverno deste ano, uma inversão térmica gerou uma nuvem de poluentes que pairou sobre a cidade por cerca de três dias. Esta nuvem era composta principalmente de material particulado e óxidos de enxofre em concentrações até nove vezes superior a sua média usual e provocou um aumento de 4000 óbitos em relação a períodos similares.

Depois disto, em 1956, começou na Inglaterra o desenvolvimento de ações controladoras obrigando a troca de sistemas a carvão por outros a gás ou diesel.

Outra ocorrência mais recente, ocorrida em 03 de dezembro de 1984, se passou em Bhopal (Índia) onde um grande vazamento de metil-isocianato da *Union Carbide* provocou a morte de cerca de 1700 pessoas por um intenso edema pulmonar. Outras milhares ficaram com seqüelas graves, com comprometimento irreversível do pulmão. Episódios como estes levaram à mobilização de pesquisadores, órgãos não governamentais (ONGs) e governos com intuito de controlar e regularizar as emissões atmosféricas.

Na década de 60, os Estados Unidos estabeleceram padrões para as emissões de partículas totais, dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO₂), ozônio e Chumbo (Pb). Na mesma época foi criada a Agência de Proteção Ambiental Americana (USEPA). Paulatinamente os países europeus também começaram a criar órgãos ambientais visando ao controle da poluição. Entre os anos 70 e 80 a comunidade europeia também preocupava-se em estabelecer limites para poluentes atmosféricos (SO₂, CO, NO₂, material particulado e oxidantes fotoquímicos).

No Brasil, em 1973, foi instituída a Secretaria Especial do Meio Ambiente, vinculada ao Ministério do Interior. Em 1974, o Rio Grande do Sul criava a Coordenadoria de Controle do Equilíbrio Ecológico (CCEE), vinculada à Secretaria Estadual de Saúde. Em 1979, a CCEE foi extinta e criado em seu lugar o Departamento do Meio Ambiente (DMA), órgão da administração direta, vinculado à Secretaria da Saúde e do Meio Ambiente.

Em 1990, o DMA foi transformado em Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Röessler (FEPAM), hoje vinculada à Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA), criada em 1999.

No Rio Grande do Sul, a Lei n.º 10.330, de 27 de dezembro de 1994, ao estabelecer o Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA) como órgão superior do Sistema Estadual de Proteção Ambiental (SISEPRA), atribuiu a ele a competência para propor e acompanhar a implementação da Política Estadual de Proteção ao Meio Ambiente.

A Política Estadual de Proteção ao Meio Ambiente, estabelecida em consonância com os preceitos constitucionais e a legislação vigente, é o instrumento orientador das ações dos órgãos e entidades do Estado e dos municípios que integram o SISEPRA. Sua linha de atuação coloca a questão ambiental em um contexto de desenvolvimento integrado e sustentável, enfocando a ação multi-institucional na busca de soluções conjuntas que viabilizem a evolução econômica e social do Estado.

Esta política atende aos preceitos estabelecidos na Constituição Federal de 1988, art. 225; no Capítulo IV da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul de 1989; na Lei Federal n.º 6.938, de 31 de agosto de 1981; no Decreto Federal n.º 99.274, de 6 de junho de 1990; na Lei Estadual n.º 10.330, de 27 de dezembro de 1994 e mais recentemente, a Lei Estadual n.º 11.520, de 03 de agosto de 2000, a qual institui o Código Estadual do Meio Ambiente.

O Código Estadual do Meio Ambiente, resultante de esforços conjuntos da Comissão de Saúde e Meio Ambiente da Assembléia Legislativa, SEMA e CONSEMA,

elencas em seus 246 artigos uma série de assuntos de grande relevância ambiental, sistematizando em uma única lei temas como a proteção da flora, da fauna, do solo, do ar, licenciamento ambiental, penalidades por infrações ambientais, entre outros assuntos. Também inova ao dispor de temas ainda não tratados pela legislação ambiental gaúcha, como auditorias ambientais, responsabilidade do produtor pelo destino final de embalagens, poluição visual e sonora, municipalização da gestão ambiental, patrimônio genético, paleontológico e arqueológico. Por outro lado, prevê ainda a criação de mecanismos de estímulos e incentivos às boas práticas de preservação ambiental.

A reorganização do setor ambiental no Estado, através da criação da SEMA e a da entrada em vigor do Código Estadual de Meio Ambiente, colocam o Rio Grande do Sul em um novo patamar em termos de política ambiental, constituindo-se em novo marco da história da luta ecológica do Estado.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste relatório é informar à sociedade a qualidade do ar, as principais fontes e poluentes, o sistema de monitoramento empregado e sua abrangência e a influência da meteorologia nos episódios de maior concentração de poluentes atmosféricos. A interpretação dos resultados gerados pela rede de monitoramento subsidia as ações de gestão que visam a melhoria e a manutenção da qualidade do ar. A divulgação destes resultados é um dever do Estado e um direito da sociedade.

1.2 DESCRIÇÃO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

1.2.1 Localização



Figura 1: Localização do Rio Grande do Sul. Fonte: Atlas Eólico/SEMC,2002.

O Estado do Rio Grande do Sul delimita-se a norte-nordeste com o Estado de Santa Catarina, a oeste-noroeste com a República Argentina, a sul-sudoeste com a República do Uruguai e a leste é banhado pelo Oceano Atlântico. De acordo com dados de 2002 do IBGE, o Estado tem uma área territorial de 281.748,54 km² (3.3% do território brasileiro) e ocupa o extremo meridional do Brasil. Desse total, 10.049,62 km² e 2.811,53 km² são referentes, respectivamente, às Lagoas dos Patos e Mirim. Seus limites geográficos se estendem entre as longitudes 57°36'14"W - 49°42'00W e as latitudes 33°45'37"S - 27°05'20"S.

1.2.2 Relevo, Superfície e População

Na sua configuração física duas áreas se individualizam: o planalto basáltico, ao norte, conhecido como Planalto Serrano, com altitudes de mais de 800m; e as serras de terrenos cristalinos ao sul, conhecidos por Serra do Sudeste, de relevo suave, resultado de um processo de erosão de longa data. Entre estas duas formações localiza-se a Depressão Central, uma área de extensas várzeas e terrenos por vezes alagadiços com altitudes inferiores a 100m. O Planalto Serrano ocupa mais da metade do território do Estado, estendendo-se por toda a parte setentrional em direção ao sudoeste. Na região Serrana, localizada a nordeste, encontram-se altitudes de 900 a 1000 metros, chegando a apenas 100 metros no vale médio do rio Uruguai.

Na parte meridional, Serra do Sudeste, apresenta escarpas de *cuestas*, que caem para a Depressão Central. Nessa parte do relevo do Estado podem ser encontradas extensas campinas e também regiões de florestas, onde predominam as araucárias e a vegetação da Mata Atlântica. O Pampa gaúcho localiza-se na parte centro-meridional do Estado e corresponde a um planalto de ondulações suaves, com altitudes inferiores a 500 metros. À leste, encontra-se a região mais baixa do estado, a região litorânea, configurada pela planície costeira, onde está a maior restinga do País, apresenta paisagem de praias com dunas e restingas, além de enorme quantidade de lagunas, as maiores do Brasil, destacando-se entre elas a Lagoa dos Patos, Mirim e Mangueira (Saraiva, 1996).

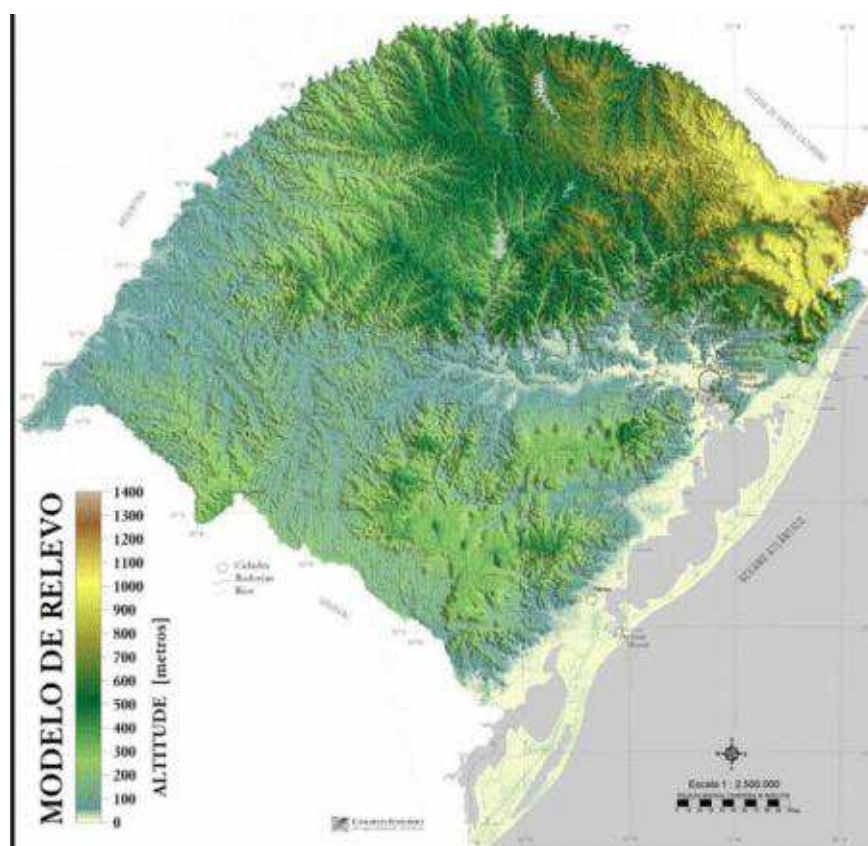


Figura 2: Mapa de relevo do estado do Rio Grande do Sul. Fonte: Atlas Eólico/SEMC,2002.

A cobertura vegetal reflete a posição meridional do Estado, de transição entre a região tropical, com predomínio de matas, e a zona temperada, onde são características as campinas e florestas mais abertas. Assim, tem-se no estado a predominância dos campos que recobrem a metade sul de seu território e ocorrem ainda, em superfícies elevadas, os chamados campos de altitude. Seguem-se, em importância, as matas, típicas das áreas de planalto e serras, que se encontram

atualmente muito devastadas, em função da expansão das atividades econômicas (Saraiva, 1996).

O Censo de 2000 do IBGE indica para o Rio Grande do Sul uma população de 10.187.798 habitantes. A população da área urbana e rural corresponde, respectivamente, a 81,65 % e 18,35% do total.

Na composição da economia destacam-se a agricultura, a pecuária e as atividades industriais.

O Rio Grande do Sul conta com elevado número de indústrias de tipologias bem distintas cujo licenciamento é outorgado pela Fepam. Dentre estas, cerca de 6600 indústrias são de alto e médio potencial poluidor. Alguns ramos em particular têm maior potencial de poluição atmosférica como as indústrias metalúrgicas, mecânicas, químicas, petroquímicas, petrolíferas e de papel e celulose.

As termelétricas também são fonte de poluição atmosférica de impacto mais significante. Em Charqueadas (Termochar) e em São Jerônimo funcionam duas termelétricas a carvão. Existe também um projeto em andamento para implementação de uma usina a carvão em Cachoeira do Sul e outra em Charqueadas (Jacuí). Dentre as usinas a carvão, também cabe mencionar a termelétrica Presidente Médici, em Candiota. O projeto de Candiota III também está em andamento e deverá operar em breve. Ainda próximo a Candiota planeja-se a construção da usina de Seival. O licenciamento ambiental das usinas desta região (Candiota) é regulado pelo IBAMA.

Em Alegrete existem ainda uma usina termelétrica a óleo. Também existem algumas usinas a biomassa, em planejamento e em operação, em vários municípios do Estado.

De forma geral, quanto a concentração industrial e veicular, merecem destaque Gravataí, Cachoeirinha, Canoas, Porto Alegre, Novo Hamburgo e São Leopoldo, todos integrantes da Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA). O mesmo é observado em outros municípios da serra Gaúcha como Caxias do Sul, Bento Gonçalves, Farroupilha, Garibaldi, etc. Rio Grande é um município que apresenta algumas indústrias de fertilizantes e uma refinaria de petróleo que apresentam potencial de poluição atmosférica. Tendo em vista o exposto, é na RMPA, Caxias do Sul e Rio Grande que se concentra a maior parte da rede de monitoramento da qualidade do ar da FEPAM.

A Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA) encontra-se na região centro-leste do Estado. Sua localização é muito distinta, pois imediatamente a sul é banhada pela Lagoa dos Patos; a leste há a planície costeira e o Oceano Atlântico (a uma

distância que varia de 80 a 100 km); a norte a Serra Geral e uma região de planalto, que declina moderadamente em direção ao sul e abruptamente em direção a leste; e a oeste há a Depressão Central. Isto faz com que ao sul da RMPA tenhamos altitudes mais baixas que 20m ao sul e mais ao norte chegue a mais de 300m. Especialmente a região industrial da RMPA se estende desde o Município de Guaíba; a sudeste de Porto Alegre; em direção norte, passando pela capital, atingindo Canoas, Esteio, Sapucaia do Sul, alcançando o vale coureiro calçadista do Rio dos Sinos. É nesta direção norte, seguindo pelo importante eixo rodoviário representado pela BR-116, que se intensifica a periferia mais dinâmica da Região Metropolitana. A RMPA é constituída, hoje, por 30 municípios distribuídos em uma área de 9.616,19 km², onde concentra-se aproximadamente 36% da população do Estado (3,7 milhões de habitantes- censo de 2000, IBGE).

Quanto a agricultura, o Estado do Rio Grande do Sul cultiva, tradicionalmente, soja, trigo, arroz, milho, algodão, cana-de-açúcar, feijão, café, etc. Na pecuária destacam-se as criações de bovinos, ovinos, eqüinos e suínos. Existem também reservas minerais no Estado, especialmente cobre e calcário.

O Rio Grande do Sul e a RMPA são apresentados na figura a seguir. Os municípios de Caxias do Sul e Rio Grande, devido à grande concentração de veículos e indústrias, também são ilustrados nesta Figura 3.

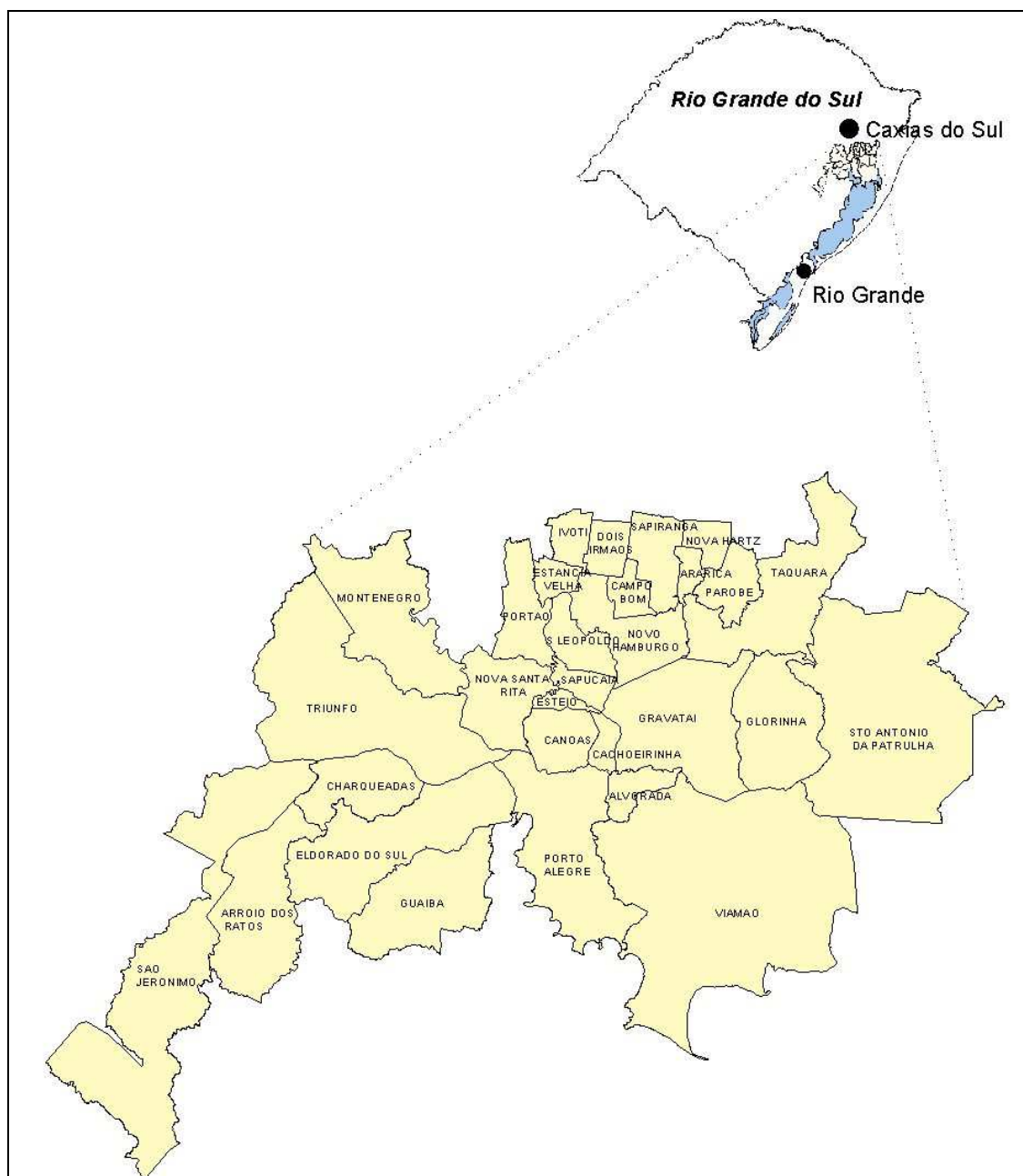


Figura 3: Ilustração da Região metropolitana de Porto Alegre, Caxias do Sul e Rio Grande.

2 POLUENTES: ASPECTOS GERAIS

2.1 DEFINIÇÃO E FONTES

Segundo a resolução CONAMA 003 de 28 de junho de 1990, um poluente atmosférico é 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 a flora;
- ⇒ prejudicial à segurança, ao uso e ao gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

As fontes de poluição podem ser classificadas em naturais e antropogênicas. As fontes naturais têm causas nas forças da natureza, são gases que provêm de tempestades de areia, atividades vulcânicas, solos e plantas, maresias, queima de biomassa, decomposição da matéria-orgânica, incêndios e queimadas naturais.

As fontes antropogênicas advêm de atividades humanas podendo ser fixas (ou estacionárias) ou móveis. As primeiras decorrem de atividades industriais, comerciais e prestação de serviços. Assim, destacam-se a combustão de combustíveis fósseis (carvão, gás, petróleo e derivados) para geração de energia, aquecimento, transporte e processos industriais, queimadas intencionais, fusão de minérios ferrosos e não-ferrosos, processamento de óleos, produção de ácido sulfúrico, decomposição e incineração de resíduos sanitários e resíduos sólidos, aplicação de fertilizantes e pesticidas, deposição de excreções humanas e de animais domésticos, queima de biomassa, uso de explosivos, etc. As fontes móveis provêm de veículos automotores, aviões, navios, trens, etc. Sobretudo os veículos têm maior participação entre as fontes móveis.

2.2 CLASSIFICAÇÃO

Os poluentes podem ser classificados em primários e secundários. Os primários são aqueles liberados diretamente pelas fontes de emissão, estacionárias ou não. Os secundários são aqueles formados por reações químicas ou fotoquímicas entre dois ou mais poluentes podendo envolver ainda os constituintes naturais da

atmosfera. Um poluente secundário bem conhecido é o ozônio, cuja formação é fotoquímica e associada à presença de óxidos de nitrogênio (NO_x) e de hidrocarbonetos.

O esquema da Figura 4 ilustra as fontes anteriormente citadas e poluentes comuns.

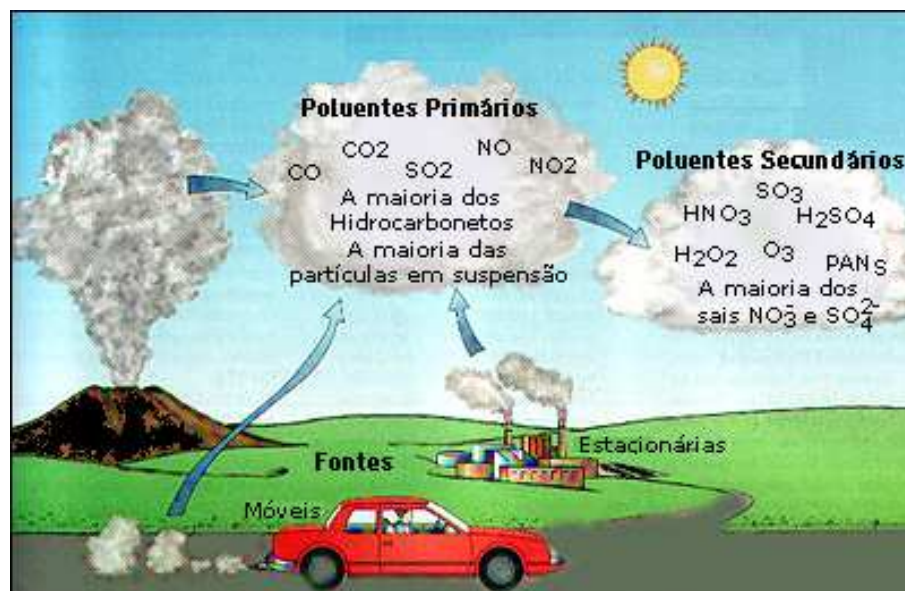


Figura 4: Fontes de poluentes atmosféricos.

Fonte: "Living in the Environment", Miller, 10th edition in Ramis (2002).

2.3 LEGISLAÇÃO VIGENTE

A Resolução n.º 003/90 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece os padrões primários e secundários de qualidade do ar para os principais poluentes conforme ilustra a próxima tabela. Os padrões secundários são mais restritivos que os primários. As definições destes padrões estão sendo revistas pelo Ministério do Meio Ambiente e devem ser publicadas em breve.

Tabela 1: Padrões Nacionais de Qualidade do Ar (Resolução do CONAMA 003/90).

Padrões de Qualidade		Primário $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Secundário $\mu\text{g}/\text{m}^3$
PTS	MG, anual	80	60
	Média 24 h*	240	150
Fumaça	MA, anual	60	40
	Média 24 h*	150	100
Partículas Inaláveis	MA, anual	50	50
	Média 24 h*	150	150
SO₂	MA, anual	80	40
	Média 24 h*	365	100

CO	Média 8h*	10000 (9 ppm)	10000 (9 ppm)
	Média 1h*	40000 (35 ppm)	40000 (35 ppm)
Ozônio	Média 1 h*	160	160
NO₂	MA, anual	100	100
	Média 1 h	320	190

*não exceder mais de uma vez ao ano; condições de referência: 25° C e 760 mmHg.

No Estado do Rio Grande do Sul, o CÓDIGO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE, instituído pela Lei nº 11520 de 03/08/2000, visando implementar uma política de prevenção de deterioração significativa da qualidade do ar, em seu Capítulo III “Da Utilização e Conservação do Ar”, artigos 145 a 153, determina a aplicação dos Padrões Secundários de Qualidade do Ar para Áreas de Classe I e II, sendo os Padrões Primários (menos restritivos) empregados para Áreas de Classe III.

2.4 POLUENTES: EFEITOS NA SAÚDE E FONTES USUAIS

Monóxido de carbono (CO)

O monóxido de carbono é um gás incolor e inodoro, resultante de processos que envolvem a combustão incompleta do carbono presente no combustível. Em áreas urbanas, os veículos automotores são as principais fontes de emissão de CO, apresentando altas concentrações em situações de tráfego intenso e congestionado. O CO entra na corrente sanguínea através dos pulmões e liga-se quimicamente à hemoglobina, a substância sanguínea que leva oxigênio para as células. Desta maneira, o CO reduz a quantidade de oxigênio que chega aos órgãos e tecidos do corpo.

Pessoas com doenças cardiovasculares, correm maior risco quando expostas ao CO. Em indivíduos saudáveis, a exposição à altas concentrações de CO pode afetar o nível de consciência e a visão.

Óxidos de nitrogênio (NO_x)

Óxidos de nitrogênio é a denominação genérica de uma família de sete compostos, constituídos basicamente por oxigênio e nitrogênio, entre os quais destacam-se o óxido nítrico (NO), o óxido nitroso (N₂O) e o dióxido de nitrogênio (NO₂). Este último é regulamentado pela legislação brasileira (CONAMA) e americana (USEPA), não só por sua toxicidade peculiar, mas também, segundo a USEPA, por ser esta a forma mais abundante encontrada na atmosfera, decorrente de ações

antropogênicas. As principais fontes de NO_x , envolvendo processos de combustão, são os veículos automotores, usinas termelétricas e outras fontes industriais, comerciais e residenciais. Fontes naturais como processos biológicos no solo e relâmpagos também podem gerar NO_x .

A esta família de compostos é atribuída uma ampla variedade de impactos na saúde e no ambiente:

- assim como os hidrocarbonetos, são precursores na formação de ozônio. Crianças, pessoas com doenças pulmonares e pessoas que executam atividades externas são suscetíveis à efeitos adversos, tais como dano no tecido pulmonar e redução de sua função ;
- reagem formando partículas de nitrato, aerossóis ácidos e dióxido de nitrogênio (NO_2), os quais também causam problemas respiratórios;
- contribuem para a formação de chuva ácida;
- contribuem com a sobrecarga de nutrientes (eutrofização), deteriorando a qualidade das águas;
- partículas de nitrato e NO_2 bloqueiam a transmissão da luz, reduzindo a visibilidade em áreas urbanas e em parques;
- no ar, reagem com compostos orgânicos ou mesmo ozônio, formando uma ampla variedade de produtos tóxicos, alguns dos quais podem causar mutações biológicas.
- óxido nitroso (N_2O) é considerado um gás de efeito estufa, que acumula-se na atmosfera com outros gases e contribui para o aquecimento gradual da temperatura terrestre, aumentando os riscos à saúde humana e mudanças adversas no habitat dos animais e plantas.

Material Particulado (MP)

Material Particulado é o termo para partículas suspensas no ar, na forma de poeiras, fumos, fumaça ou névoas (partículas líquidas).

Sua composição e tamanho dependem da fonte de emissão, mas, em geral, o MP é constituído por componentes múltiplos, tais como: sulfatos, sais, metais, partículas de carbono e sílica finamente divididas. As classificações usuais são partículas totais em suspensão (PTS) e partículas inaláveis (PI).

As primeiras são partículas cujo tamanho é, em geral, inferior a 100 micra. O segundo grupo compreende as partículas inferiores ou iguais a 10 μm (PI_{10}) e partículas inferiores a 2,5 μm ($\text{PI}_{2,5}$). As partículas inaláveis podem atingir as vias

respiratórias transportando os gases adsorvidos em sua superfície até as porções mais distais das vias aéreas prejudicando as trocas gasosas no pulmão. Além disto, as partículas inferiores a $2,5 \mu\text{m}$ têm, em geral, um caráter mais ácido o que lhes confere maior capacidade de dano. Uma das razões por que as partículas causam tanta preocupação é o fato de parecer não haver qualquer limiar de concentração abaixo do qual não existam efeitos. O mecanismo preciso dos danos ainda não é conhecido. Até o momento os objetivos de qualidade do ar têm sido fixados em relação à massa total concentrada de material particulado, mas o prejuízo a saúde depende de sua composição e de seu potencial carcinogênico.

As fontes antropogênicas de material particulado abrangem processos de combustão (indústrias e veículos automotores), processos industriais, queimadas intencionais, poeira de rua, etc. As fontes naturais de material particulado são o pólen, aerossol marinho, solo e queimadas geradas por raios.

Óxidos de enxofre (SO_x)

O SO_2 é um gás incolor que se dissolve prontamente na água presente na atmosfera para formar ácidos sulfurosos (H_2SO_3). Cerca de 30 % do SO_2 na atmosfera é convertido a sulfato (aerossol ácido), o qual é removido através de processos de deposição seca ou úmida. Trióxido de enxofre (SO_3) é emitido diretamente para atmosfera ou é produzido a partir do SO_2 e é prontamente convertido a ácido sulfúrico (H_2SO_4).

Dióxido de enxofre e/ou aerossóis contendo sulfatos, em altas concentrações, causam dificuldades respiratórias temporárias. Exposições mais prolongadas causam doenças respiratórias e agravam doenças pré-existentes do coração.

O SO_2 também pode reagir com outros compostos químicos presentes no ar para formar aerossóis de sulfato, os quais constituem as partículas finas $\text{PM}_{2,5}$ que causam a redução da visibilidade na atmosfera. Quando estas são respiradas acumulam-se nos pulmões, sendo associadas ao aumento de sintomas respiratórios e doenças que dificultam a respiração e causam morte prematura.

Os SO_x , juntamente com os óxidos de nitrogênio, também contribuem para a formação de chuva ácida, que causa danos em árvores, plantações, prédios históricos e monumentos e acidifica solos, lagos e córregos. Estes gases podem ser conduzidos pelo vento por centenas de quilômetros e a precipitação ácida pode se dar na forma de chuva, neve, neblina ou deposição seca.

A queima de combustíveis fósseis, principalmente pelos setores industrial, de geração de energia e transporte são as principais fontes antropogênicas. Entre as fontes naturais se destacam os vulcões e os aerossóis marinhos.

Ozônio (O₃)

Comparado aos poluentes anteriormente discutidos, este é o mais complexo, difícil de controlar e mais penetrante. O ozônio, gás composto por três átomos de oxigênio, não é emitido diretamente, mas forma-se na baixa atmosfera através de reações fotoquímicas (catalisadas pelos raios ultravioletas do sol) entre os óxidos de nitrogênio (NO_x) e os compostos orgânicos voláteis (COVs). Os picos de ozônio tipicamente ocorrem em períodos de calor, tempo seco e algumas vezes em condições atmosféricas estagnantes.

O ozônio é um oxidante muito forte, citotóxico (tóxico às células) e que, mesmo em baixas concentrações, pode atingir as porções mais distais do pulmão, irritar os olhos, nariz e garganta, causar envelhecimento precoce da pele, náusea, dor de cabeça, tosse, fadiga, aumento do muco, diminuição da resistência orgânica, infecções e agravamento de doenças respiratórias. Além disso, o O₃ também afeta os demais ecossistemas e tem ação corrosiva sobre os materiais. Também é o principal constituinte do *smog* fotoquímico causando problemas de visibilidade.

As fontes de COVs são numerosas e difusas, decorrem principalmente de processos e operações envolvendo o petróleo e seus derivados. As fontes de NO_x já foram mencionadas anteriormente. Emissões de NO_x, COVs e mesmo O₃ podem ser transportadas por centenas de quilômetros, impactando regiões bem distantes de suas origens.

Evidentemente, existem outros poluentes preocupantes como os fluoretos, o mercúrio, o chumbo, o benzeno, etc. Contudo, foram abordados apenas os poluentes legislados.

2.5 CONSEQÜÊNCIAS CLIMÁTICAS DA POLUIÇÃO

Sabe-se que a dispersão dos poluentes depende das características das fontes tais como temperatura e velocidade de saída do gás, altura da chaminé e fatores climáticos, como a precipitação pluviométrica, a luz solar, a umidade relativa, a temperatura do ar, a velocidade e direção dos ventos, a presença de nuvens e neblina, a pressão atmosférica, as inversões térmicas, etc.

Deve-se considerar também que a interação entre o clima e os poluentes tem duplo sentido. Ou seja, se a meteorologia pode favorecer ou não a dispersão dos poluentes, estes, por sua vez, podem ocasionar modificações climáticas.

O dióxido de carbono (CO₂), por exemplo, não impacta diretamente a saúde humana, mas ele é considerado um gás de efeito estufa, que aprisiona o calor e contribui para o aquecimento global.

As nuvens compostas por partículas pequenas (como aerossóis) apresentam um efeito de maior dispersão da radiação solar e maior reflexividade de ondas curtas. Isto é observado com mais frequência sobre as regiões mais populosas da Terra, ocorrendo efeitos locais de resfriamento.

As brumas, como a bruma do Ártico, consistem em misturas de partículas submicrométricas formadas por sulfatos, carbono grafítico, material orgânico, metais pesados e gases da atmosfera polar. Os sulfatos são seus constituintes mais importantes e resultam da conversão dos compostos gasosos sulfurados em partículas, principalmente o SO₂. A interação da bruma com a radiação solar provoca o resfriamento do solo e o aquecimento da atmosfera em 2 a 3 vezes mais. Além das implicações climáticas envolvendo os compostos sulfurados, os sulfatos estratosféricos consomem o O₃ desta região deixando a população mais exposta à radiação ultravioleta.

2.6 CENÁRIO ATUAL DAS FONTES FIXAS E MÓVEIS NO RIO GRANDE DO SUL

Fontes Fixas

Na RMPA destacam-se a refinaria de petróleo (REFAP), a indústria de celulose (Grupo Aracruz celulose), as siderúrgicas (Riograndense e Gerdau S.A. Aços Finos Piratini), o III Polo Petroquímico, o Complexo Automotivo de Gravataí e diversas termelétricas a carvão e a gás (em fase de implantação), entre outras tipologias.

Em Rio grande, os principais tipos de indústrias encontradas são fertilizantes, misturas de fertilizantes, extração e refino de óleo vegetal, pescado, frigorífico, refinaria de petróleo, têxtil, conservas alimentícias. As maiores indústrias estão instaladas nas áreas urbanas do município e o restante no distrito industrial.

A quantificação dos poluentes atmosféricos gerados pelas fontes industriais cadastradas e licenciadas pela FEPAM, será efetuada através de um banco de dados específico o qual será integrado ao banco da Fepam. Este módulo facilitará a

realização e a atualização contínua do inventário de emissões atmosféricas de fontes fixas.

Fontes Móveis

Perfil da Frota

A frota do Estado em 2001, segundo o Detran-RS, era constituída por 3,1 milhões de veículos automotores (em circulação) sendo 40% e 20 % pertencentes a RMPA e a Porto Alegre, respectivamente. A distribuição dos veículos da frota quanto aos combustíveis utilizados, para este ano de referência, foi de 79 % a gasolina, 9 % a diesel e 8% a álcool. Como esperado, tratando-se da frota automotora da RMPA, ocorre um acréscimo na parcela referente aos veículos a gasolina para valores em torno de 82 % e decréscimo do percentual referente aos veículos movidos a diesel para 6,3 %.

O emprego de outros combustíveis ou de formas alternativas de energia representam 4 % dentro do contexto considerado. Contudo, cabe mencionar a tendência de crescimento deste segmento, principalmente o uso de gás natural. Dados do Detran (RS) de 2002, relativos ao Estado do Rio Grande do Sul, indicam uma participação cada vez maior de sistemas híbridos empregando gás natural (integrado com álcool, diesel ou gasolina). Particularmente para os veículos que utilizam gasolina/gás natural observa-se uma tendência de crescimento mais acentuada.

Atualmente, existem no interior do estado, na RMPA e em Porto Alegre, respectivamente, 24, 30 e 27 empresas conversoras de motores para o uso de gás natural veicular cadastradas no Detran (RS).

Assim, o crescimento ainda que modesto destas tecnologias alternativas, inclusive de veículos empregando o sistema multicomcombustível, devem mudar um pouco o perfil de emissões da frota gaúcha.

Entre os anos de 1997 e 2002, a frota de veículos apresentou um crescimento médio de 5% ao ano. Com base nesta taxa de crescimento, em 2010 a frota deverá estar em torno de 5 milhões de veículos.

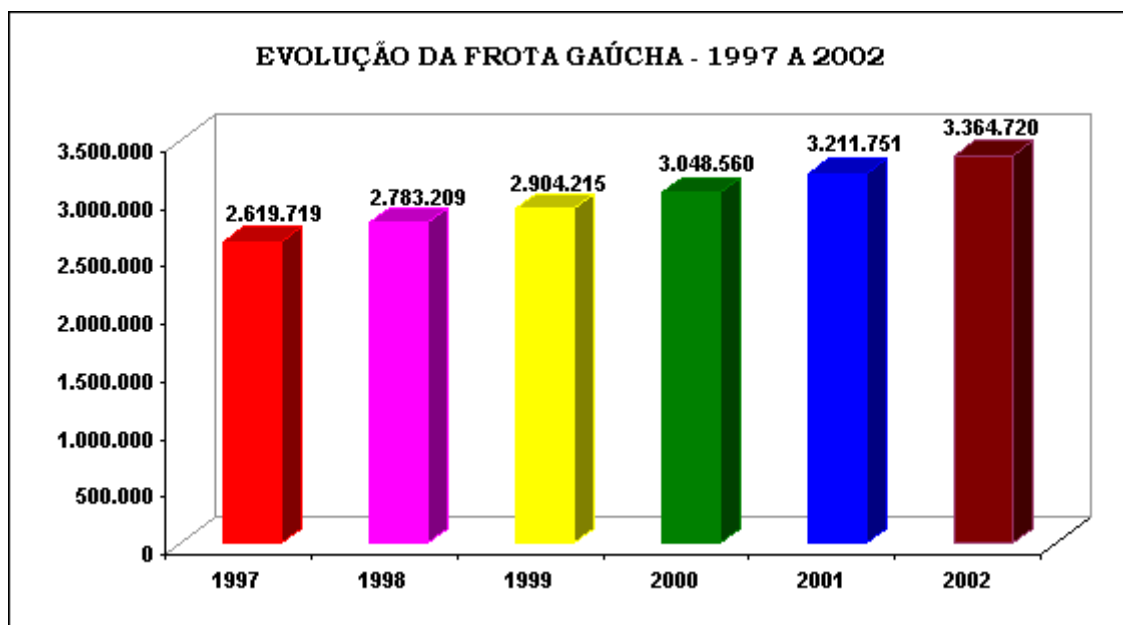


Figura 5: Frota circulante total referente ao mês de dezembro de cada ano.
Fonte: Detran-RS.

A Figura 6 mostra claramente que a densidade de veículos no RS é baixa na maior parte dos municípios. São nos grandes centros urbanos que se observam as maiores concentrações.

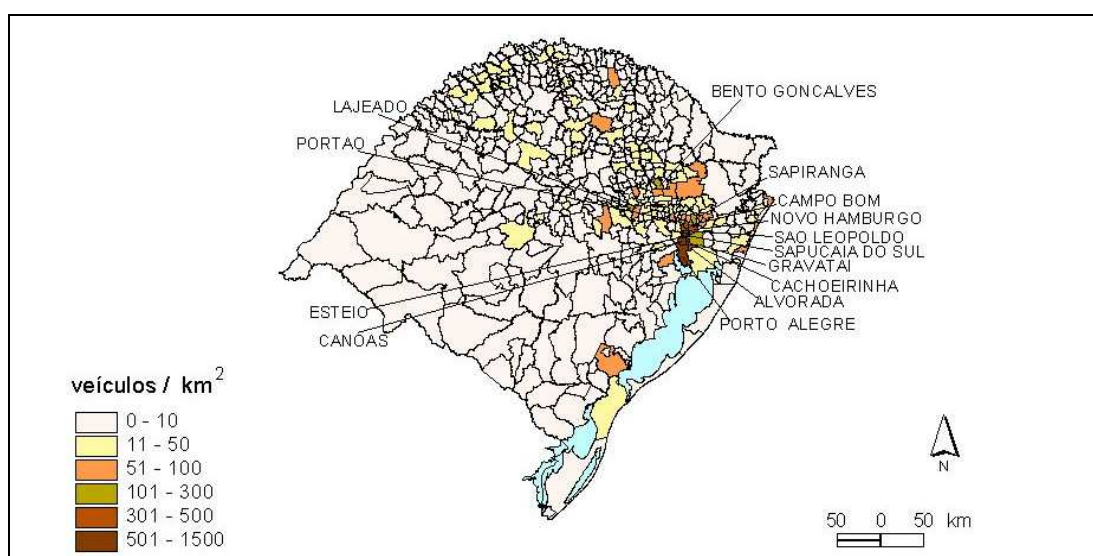


Figura 6: Densidade de veículos por município, RS.

Algumas diferenças entre as fontes fixas e móveis podem ser destacadas:

- as fontes móveis são em maior número que as fixas;
- é mais difícil controlar um grande número de pequenas fontes;

- ao contrário das fontes fixas, que emitem seus poluentes através de chaminés a grandes alturas, as fontes móveis emitem seus poluentes ao nível do solo permitindo sua inalação direta. Ou seja, seu impacto é mais direto.

Daí a importância de elaboração de programas de controle e de ações estratégicas que reduzam seu impacto.

Pode-se dizer que cerca de 40% da frota veicular do Estado se concentra na RMPA. Sabe-se também que nos grandes centros urbanos a poluição de origem veicular é mais significativa que a de origem industrial. Em 1991 fez-se um inventário de emissões atmosféricas oriundas de fontes móveis e fixas para Região Metropolitana de Porto Alegre, então com 22 municípios. Este estudo foi realizado dentro do Programa para o Desenvolvimento Racional de Recuperação e Gerenciamento Ambiental da Região Hidrográfica do Guaíba - Pró-Guaíba. Na época ficou evidenciado na RMPA que as emissões de origem veicular, principalmente de óxidos de nitrogênio (NO_x) e monóxido de carbono (CO), são mais relevantes que as provenientes de atividades industriais. Observou-se o mesmo comportamento em Porto Alegre, sendo que as emissões veiculares de hidrocarbonetos (HC) também foram preponderantes em relação às de origem industrial.

A partir de um convênio entre a FEPAM e a ANEEL, realizou-se um inventário das emissões veiculares da RMPA referente ao ano de 2001. A metodologia de cálculo levou em conta fatores como o tipo de combustível, modelo, ano e fatores de emissão. Tendo em conta a dificuldade em mensurar a quilometragem rodada pela frota, o método foi baseado no consumo aparente de combustíveis (gasolina, álcool e diesel) nos 30 municípios da RMPA. A Tabela 2 apresenta os resultados do inventário de fontes móveis realizado e a Figura 7 a contribuição por tipo de combustível.

Tabela 2: Emissões veiculares da frota gaúcha relativas a 2001.

EMISSÕES TOTAIS NA RMPA (1000 toneladas em 2001)								
	CO	HC		NO _x	SO _x	MP	CHO	CO ₂
		Descarga	Evaporativa					
Gasolina	133,414	12,529	5,947	10,241	0,407	0,785	0,174	1538,646
Álcool	4,657	0,540	0,429	0,850	0,000	0,000	0,065	72,946
Diesel	34,635	5,643	0,000	25,295	1,600	1,576		1843,659
Motos	12,981	1,713	0,922	0,066	0,011	0,033		17,910
Pneus						1,575		
TOTAL	185,687	20,425	7,298	36,453	2,017	3,970	0,239	3473,162

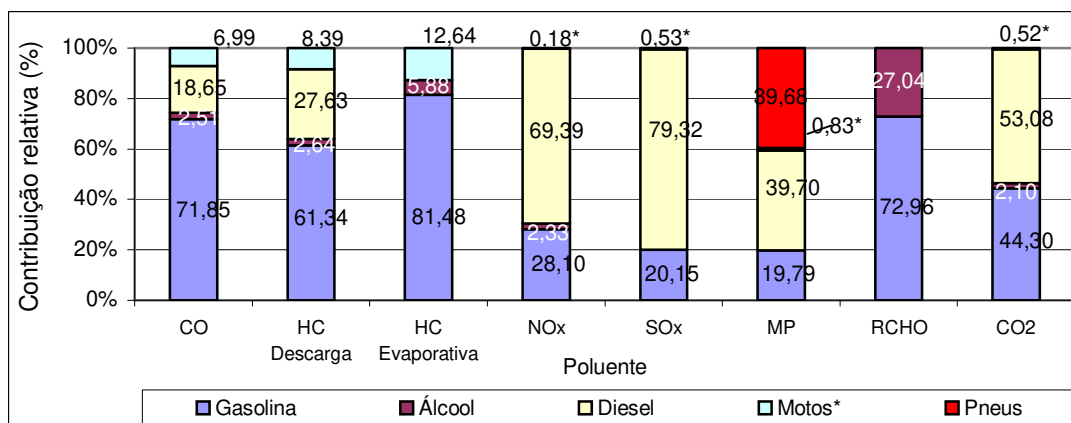


Figura 7: Contribuição relativa de poluentes emitidos a partir de diferentes combustíveis.

Os resultados indicam que a gasolina tem uma participação mais expressiva na geração de CO, HC e CHO. Em contrapartida, o diesel tem participação mais significativa na produção de NO_x e SO_x. Já o material particulado (MP) tem como fontes mais expressivas o diesel e pneus em ordem de grandeza similar (40%). Por sua vez, o CO₂ tem como principais fontes a gasolina e o diesel, tendo este último uma contribuição ligeiramente maior.

3 MONITORAMENTO DO AR

3.1 PAPEL E OBJETIVOS

O monitoramento do ar é uma das ferramentas da gestão da qualidade do ar a qual deve contemplar ainda o inventário de emissões e a modelagem de dispersão dos poluentes.

Dentro dessa visão sistêmica, entende-se o monitoramento da qualidade do ar como o processo que envolve desde a medição dos poluentes até a interpretação e divulgação dos níveis de poluição.

Assim sendo, o monitoramento do ar tem por objetivo, além de verificar os níveis de qualidade e compreender as mudanças destes, fornecer subsídios para:

- programas e ou ações que visem a melhoria ou manutenção da qualidade do ar;
- tomada de decisões que diminuam a concentração de poluentes em episódios críticos de poluição.

Além disto, o monitoramento permite tornar público e advertir a população em casos de risco à saúde e ao bem-estar geral. O ar é apenas um dos recursos naturais que precisam ser preservados em respeito às gerações atuais e futuras.

Além da medição dos poluentes, o monitoramento deve contemplar o levantamento de dados meteorológicos que permitirão compreender a dispersão de poluentes em uma determinada região.

3.2 REDES DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR

3.2.1 Histórico

Nos anos setenta, a Coordenadoria do Controle do Equilíbrio Ecológico (CCEE) da Secretaria da Saúde e do Meio Ambiente (SSMA) operou, em cooperação com a Organização Pan-Americana de Saúde (OPS), uma Rede de Monitoramento Passivo, com determinação de Taxa de Sulfatação Total e Material Particulado Sedimentável, que evoluiu a partir dos anos 80. Com a criação do Departamento do Meio Ambiente (DMA), iniciou-se a implantação de uma Rede Manual, em vários pontos estratégicos do Estado. Foram instaladas doze estações fixas determinando SO₂ e PTS. Em 1990, estas estações foram desativadas por problemas de infra-estrutura. Em 1992, através do convênio FEPAM/GTZ, a rede de monitoramento foi reativada com a aquisição de novos equipamentos (Tri-gás e Hi-vol) e padronização de metodologias. Em 1997 houve a atualização da rede, através do convênio do Pró-Guaíba, com a aquisição de equipamentos para monitorar partículas inaláveis.

Como parte integrante das ações do Pró-Guaíba – Programa para o Desenvolvimento Racional de Recuperação e Gerenciamento Ambiental da Região Hidrográfica do Guaíba – foi adquirida, em 1997, a Rede de Monitoramento Automático da Qualidade do Ar – Ar do Sul – que em 2001, na Semana Estadual do Meio Ambiente, foi lançada em caráter experimental, entrando em operação oficial em dezembro de 2001. A localização da rede abrange a Região Hidrográfica do Guaíba, sendo composta por oito estações, sete fixas e uma móvel. A Bacia Hidrográfica do Guaíba abrange 70% da população, 30% da área do R.S tendo 85.950 km², onde estão localizados os centros urbanos e industriais mais importantes, responsáveis por 2/3 da produção do Estado, aproximadamente.

3.2.1.1 Rede Manual de Monitoramento da Qualidade do Ar

A rede atual compreende doze estações de monitoramento localizadas nos municípios de Porto Alegre (8º Distrito de Meteorologia, CEASA e Benjamin Constant – desativada em agosto/2001), Charqueadas, Montenegro, Triunfo (Polo Petroquímico), Estância Velha, Caxias do Sul, Rio Grande (Praça Montevideu, CEEE, CORSAN e Rádio Cassino).

Na Rede Manual são realizadas coletas de 24 horas, de seis em seis dias, cujas amostras são analisadas nos laboratórios da FEPAM. Os métodos de medição utilizados estão de acordo com as normas recomendadas (ABNT, EPA); para PI_{10} separação inercial, para PTS a amostragem é realizada com um Amostrador de Grandes Volumes (Hi-Vol) e a análise por gravimetria; para o SO_2 a amostragem é realizada utilizando um amostrador Tri-Gás sendo analisado através do método do Peróxido de Hidrogênio. As estações manuais fornecem médias diárias dos poluentes atmosféricos monitorados e, com estas calcula-se a média anual. A Figura 9 mostra a localização da rede manual no Estado.

Figura 9: Localização da Rede manual de monitoramento.

3.2.1.2 Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar - AR DO SUL

A Rede de Monitoramento Automático da Qualidade do Ar, Ar do Sul, instalada na Região Hidrográfica do Guaíba, em locais estratégicos, como na Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), é formada por oito estações de monitoramento, sete fixas e uma móvel (Figuras 10 e 11), interligadas a uma central de recebimento e gerenciamento de dados.



Figura 10: Estação fixa localizada no Largo Edgar Ketz, Centro de Porto Alegre (Centro/Rodoviária).



Figura 11: Estação móvel localizada na FIERGS, Porto Alegre (Sarandi/FIERGS).

Nesta Rede as amostragens são realizadas automaticamente, por equipamentos que utilizam princípios físicos e químicos. No instante em que o ar é coletado (Figuras 12 e 13) são gerados os dados de concentração de Material Particulado Inalável (PM_{10}), Dióxido de Enxofre (SO_2), Óxidos de Nitrogênio (NO_x), Monóxido de Carbono (CO) e Ozônio (O_3), os quais são enviados periodicamente, via *modem*, para a Central de Monitoramento Automático da Qualidade do Ar, permitindo o acompanhamento da qualidade do ar nos locais monitorados.



Figura 12: Equipamento de amostragem do ar, monóxido de carbono(CO).



Figura 13: Rack dos analisadores.

Serão medidos também parâmetros meteorológicos, cujos equipamentos estão aguardando conformidade, de direção e velocidade do vento, temperatura, umidade relativa, pressão atmosférica, radiação global e ultravioleta (banda A) e chuva ácida (Estação Móvel). Existe ainda a sonda acústica, SODAR/RASS, que está em fase final de instalação e de testes de confiabilidade metrológica, a qual possui a capacidade de realizar sondagem vertical da atmosfera, da superfície até aproximadamente 1000 metros de altura, coletando dados de direção e velocidade dos ventos horizontal e vertical, e temperatura, para vários níveis intermediários pré-especificados.

Um sistema de transmissão dos dados via telefonia celular também foi implantado para atender a necessidade de transmitir os dados da estação móvel. Com a excelente resposta apresentada por este sistema, foi possível implantar a transmissão de dados via celular em mais uma estação da rede Ar do Sul, a estação Montenegro/Pólo Petroquímico, que não dispunha de rede telefônica convencional.

Tabela 3 : Métodos de medição específicos para cada poluente.

Poluente	Método de Medição
Partículas Inaláveis - PI_{10}	Radiação Beta
Dióxido de Enxofre – SO_2	Fluorescência Ultravioleta
Monóxido de Carbono - CO	Absorção de Radiação Infravermelho
Óxidos de Nitrogênio - NO_x	Quimiluminescência
Ozônio – O_3	Fotometria Ultravioleta

A Figura 14 mostra a localização da rede automática no Rio Grande do Sul.

Figura 14: Localização da Rede automática de monitoramento.

No Anexo deste relatório constam os endereços das estações de monitoramento das Redes Automática e Manual da Qualidade do Ar.

3.2.2 Dados de Qualidade do Ar

3.2.2.1 Sistema de Calibração da Rede Automática

A FEPAM adquiriu sua rede automática com monitores de SO_2 , NO_x e CO equipados com sistema de ar zero e cilindros certificados de misturas padrão de

calibração que permitem o procedimento de calibração de dois pontos (zero e um ponto de gás padrão).

Os monitores de O₃ foram adquiridos com gerador interno de Ozônio, sistema utilizado na sua calibração.

Os analisadores de Material Particulado, PI₁₀, utilizam pastilhas de padrão para calibração.

3.2.2.2 Sistema de Interpretação e Processamento de Dados da Rede Automática

O sistema de interpretação e processamento de dados de qualidade do ar empregado pela FEPAM, no que diz respeito a Rede Ar do Sul, utiliza o *software ENVIDAS* para transmissão dos dados gerados nas estações. O aplicativo **SCANAIR** dispõe de ferramentas para controle e supervisão interativos da rede de monitoramento em tempo real, tais como: médias, percentis, rosa de ventos e de poluição, etc... Observou-se que o tal aplicativo não dispunha dos recursos necessários para as atividades diárias da rede de monitoramento, como por exemplo, comparação com os padrões de qualidade do ar (CONAMA 003/90). Desenvolveu-se então um aplicativo **CalculAir v 1.0**, um banco de dados em Visual Basic 5.0 interligado com o Microsoft Access que correlaciona os dados obtidos (SCANAIR) a um índice de qualidade do ar. Este software além de completar as lacunas do Scanair, permitiu:

- Importar os dados do Scanair for Windows;
- Visualizar e excluir os dados inválidos;
- Gerar gráficos dos poluentes em qualquer período;
- Exportar os dados para outros *softwares* (.txt e .xls);
- Gerar os boletins diários da qualidade do ar;
- Gerar médias, médias móveis, percentis, etc, para utilização em outros *softwares*;
- Registrar o *status* de cada equipamento, com as datas das últimas calibrações e manutenções.

3.2.3 Representatividade dos Dados de Qualidade do Ar

Os resultados gerados por uma rede de monitoramento da qualidade do ar, manual ou automática, podem conter lacunas na obtenção de dados, ocasionadas por

falta de energia ou comunicação, manutenção ou calibração dos equipamentos e avarias técnicas.

Desta forma, a adoção de critérios de representatividade de dados é de extrema importância em sistemas de monitoramento. O não atendimento ao critério de representatividade de dados para uma determinada estação, em um determinado período, significa que as falhas de medição ocorridas comprometem significativamente o resultado obtido. Para o cálculo da média anual, além de 50% dos dados válidos no ano, utiliza-se a representatividade sazonal, para que as variações sazonais sejam verificadas no cálculo da média anual.

Tabela 4: *Critérios de Representatividade de Dados*

Média	Rede Automática	Rede Manual
Horária	3/4 das medidas válidas na hora	
Diária	2/3 das médias horárias válidas no dia	2/3 do tempo de amostragem
Mensal	2/3 das médias diárias válidas no mês	2/3 das médias diárias válidas no mês
Anual	1/2 das médias diárias válidas no ano e representatividade baseada em critérios sazonais	1/2 das médias diárias válidas no ano e representatividade baseada em critérios sazonais

3.2.4 Disponibilidade dos Dados da Rede de Qualidade do Ar

3.2.4.1 Rede Manual

Os índices da Rede Manual, após seguir os critério de representatividade da Tabela 4, são disponibilizados mensalmente via Internet.

3.2.4.2 Rede Automática

Diariamente

A qualidade do ar, para os poluentes regulamentados pela legislação CONAMA é divulgada, diariamente, através de boletim com os índices de qualidade dos poluentes, das últimas 24 horas, em dois formatos: impresso e Internet. Onde a análise para cada poluente é a seguinte:

- SO₂ – médias aritméticas de 24 horas;

- PI_{10} – médias aritméticas de 24 horas;
- NO_2 – máxima diária de 1 hora;
- O_3 – máxima diária de 1 hora;
- CO – máxima média móvel de 8 horas diária.

3.3 ÍNDICE DE QUALIDADE DO AR - IQAr

O Índice de Qualidade do Ar (IQAr), tem como objetivo principal proporcionar à população o entendimento sobre a qualidade do ar local, em relação a diversos poluentes atmosféricos amostrados nas estações de monitoramento. A divulgação é realizada através de um boletim da qualidade do ar, das últimas 24 horas. Isto é possível, empregando uma ferramenta matemática, que transforma as concentrações medidas dos diversos poluentes em um único valor adimensional possibilitando a comparação com os limites legais de concentração para os diversos poluentes (Padrões de Qualidade do Ar - PQA).

O IQAr utilizado pela FEPAM é obtido através de uma função linear segmentada, na qual os pontos de inflexão representam os Padrões Nacionais de Qualidade do Ar e os critérios para episódios agudos da poluição do ar, estabelecidos conforme a Resolução CONAMA 003/90, para os poluentes regulamentados (PTS, PI_{10} , SO_2 , NO_2 , O_3 e CO).

Tabela 5: Padrões e Classificação da Qualidade do Ar

Qualidade	Índice	Níveis de Cautela sobre a Saúde	PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PI_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO (ppm)	O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Boa	0-50		0-80	0-50	0-80	0-100	0-4,5	0-80
Regular	51-100		81-240	51-150	81-365	101-320	4,5-9,0	81-160
Inadequada	101-200	Grupos Sensíveis *Insalubre	241-375 316-375 *	151-250	366-576 577-800 *	321-1130	9,1-12,4 12,5-15,0 *	161-322 323-400
Má	201 - 300	Muito Insalubre	376-625	251-350 351-420 *	801-1600	1131-2260	15-30	401-800
Péssima	301 - 400	Perigoso	626-875	421-500	1601-2100	2261-3000	31-40	801-1000
Crítica	Acima de 400	Muito Perigoso	> 875	> 500	> 2100	> 3000	> 40	>1000

Fonte: www.fepam.rs.gov.br

O IQAr também pode ser associado aos efeitos da poluição do ar sobre a saúde humana. Nos Estados Unidos, através da Agência de Proteção Ambiental (EPA), o *Air Quality Index* (AQI) (EPA-454/R-99-010, 1999) é aplicado na divulgação

diária da qualidade do ar, indicando níveis de poluição, associando-os com os efeitos sobre a saúde e com os cuidados que devem ser adotados.

O IQAr é divulgado, diariamente, para cada estação da Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar, considerando-se o índice mais elevado, dos poluentes monitorados, isto é, a qualidade do ar de uma estação é determinada pelo pior caso. Na ultrapassagem dos Padrões Primários de Qualidade do Ar para mais de um poluente, na mesma estação, todos serão divulgados, identificados pela qualidade Inadequada (IQAr maior que 100). A qualidade Má (IQAr maior que 200) indica a ultrapassagem do Nível de Atenção, a qualidade Péssima indica a ultrapassagem do Nível de Alerta e a qualidade Crítica, a ultrapassagem do Nível de Emergência. Ressaltamos que os índices até a classificação Regular, atendem os Padrões Primários de Qualidade do Ar, estabelecido pela Resolução CONAMA 03/1990, conforme mostra a tabela a seguir:

Tabela 6: Padrões e Classificação da Qualidade do Ar

Qualidade	Índice	Padrões de Qualidade do Ar * - CONAMA
Boa	0-50	Abaixo da metade dos Padrão de Qualidade > 1
Regular	51-100	Abaixo da metade dos Padrões de Qualidade >2
Inadequada	101-199	Acima dos Padrões de Qualidade
Má	201 - 299	Acima do Nível de Atenção
Péssima	301 - 399	Acima do Nível de Emergência
Crítica	Acima de 400	Acima do Nível de Alerta

* Resolução CONAMA nº 03 de 28/06/1990.

> 1 Atende ao padrão primário anual, ou 50% do padrões primário de curto período

> 2 Atende ao padrões primários

Fonte: www.fepam.rs.gov.br

4 QUALIDADE DO AR

4.1 ASPECTOS CLIMÁTICOS

Entende-se por clima o estado médio da atmosfera em uma determinada região, em uma determinada época do ano. Então, para analisarmos o clima necessitamos de uma longa série de dados meteorológicos, isto é, dados de vários

anos de observações meteorológicas dos principais elementos do clima: temperatura, pressão, umidade, velocidade e direção dos ventos, precipitação, etc.

O Rio Grande do Sul tem um clima temperado subtropical, com chuvas bem distribuídas o ano inteiro, tanto espacialmente como temporalmente, variando entre 1200 e 2100 mm/ano. A temperatura se caracteriza pelas maiores amplitudes térmicas anuais do País, variando de temperaturas acima de 30°C no verão e abaixo de 0°C no inverno. A região mais fria se encontra nos campos do alto da serra, a nordeste do Estado; enquanto que a região mais quente encontra-se a oeste.

A Tabela 7 apresenta os dados históricos de precipitação em Porto Alegre, e pode-se observar que as chuvas são bem distribuídas durante o ano.

Tabela 7: Precipitação média histórica de Porto Alegre para o período entre 1961-1990.

	Mês	Precipitação (mm)	Média Precipitação (mm)
Verão	Dezembro	101,2	103,3
	Janeiro	100,1	
	Fevereiro	108,6	
Outono	Março	104,4	95,0
	Abril	86,1	
	Maio	94,6	
Inverno	Junho	132,7	131,5
	Julho	121,7	
	Agosto	140,0	
Primavera	Setembro	139,5	119,3
	Outubro	114,3	
	Novembro	104,2	
Total		1347,4	112,8

Fonte: INPE

Alguns fenômenos atmosféricos que atuam sobre o Estado são essenciais na determinação da climatologia de temperatura e precipitação. Entre os mais importantes, podemos citar a passagem de sistemas frontais, que são responsáveis por grande parte dos totais pluviométricos, os cavados invertidos, El Niño-Oscilação Sul (ENOS), sistemas convectivos de mesoescala, vórtices ciclônicos, ciclogêneses e frontogêneses (Em média, ocorrem cerca de 60 ciclogêneses sobre a Região Sul a cada ano).

Pode-se afirmar que, durante o verão, o clima no Rio Grande do Sul é mais influenciado pelas massas de ar tropical continental e marítima, o que lhe confere temperaturas mais altas, ventos predominantes do quadrante leste e chuvas associadas ao aquecimento da superfície.

Do outono até a primavera o Estado é mais fortemente atingido pelas massas de ar frio polares, com seu pico de influência durante o inverno, quando ocorrem os

máximos de chuva, geadas e até mesmo neve. Por suas características, estas massas de ar frio são bastante estáveis, com uma camada de inversão térmica bem definida, e ventos fracos. Estas características são responsáveis por uma maior estagnação atmosférica, sendo que as maiorias dos poluentes apresentam picos de concentração durante este período.

Os parâmetros meteorológicos são responsáveis pela melhor ou pior condição para a dispersão de poluentes. A altura da camada de mistura fornece a 'quantidade de atmosfera' na qual serão diluídos os poluentes. Então, quanto maior esta altura, menor a possibilidade de ocorrer uma ultrapassagem dos padrões estabelecidos. Da mesma maneira, a velocidade do vento que serve de agente de transporte de poluentes e também como fator instabilizante da atmosfera, já que, associado às rugosidades da superfície dita os padrões de turbulência atmosférica, é um dos fenômenos responsáveis pelo transporte vertical de poluentes e traçadores. A direção do vento predominante também dita quais serão, potencialmente, as regiões mais atingidas por emissões locais. A instabilidade ou estabilidade da atmosfera também é um fator importante, pois, na ausência de vento, será o principal mecanismo de transporte vertical de poluentes e traçadores, ou seja, quanto mais instável a atmosfera, maior será o transporte vertical. Aliadas a este conceito estão as inversões térmicas, que, por sua natureza e definição, são fenômenos que originam a estabilidade da atmosfera, dificultando a dispersão. Por outro lado, a intensidade com que os raios solares estão chegando até os níveis mais baixos da troposfera indicam uma maior ou menor probabilidade de ocorrência de ozônio troposférico.

Ou seja, as condições meteorológicas reinantes no local são informações úteis para que se faça uma boa interpretação do monitoramento que está sendo realizado, pois elas nos fornecem dados sobre a dispersão (turbulência, altura da camada de mistura, etc.). O simples fato de ocorrer um aumento de concentração de determinado poluente não implica que deva, necessariamente, estar ocorrendo um aumento na emissão do mesmo, pois o que pode realmente estar acontecendo é que as condições para a dispersão não são adequadas naquele momento, e vice versa. Quando as condições estão desfavoráveis à dispersão, observa-se a acumulação de poluentes na baixa troposfera, que pode inclusive atingir níveis que ultrapassam os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 03/90.

Como base para este relatório foram utilizadas informações do INPE, INMET e FAB/Ministério da Defesa. Foram consultados dados de informações meteorológicas

de superfície e de altitude, imagens de satélite (GOES), relatórios meteorológicos, entre outros.

4.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

4.2.1 Estações Fixas

4.2.1.1 Rede Manual 2001 / 2002

Neste item estão apresentados os resultados da análise e interpretação dos dados de qualidade do ar gerados pela Rede Manual para os anos de 2001 e 2002, o atendimento ou não dos Padrões de Qualidade do Ar (Resolução CONAMA 03/90) e a evolução das médias anuais de 1993 a 2002, utilizando ferramentas de análise para identificação dos atuais níveis de poluição na região monitorada, incluindo o tratamento estatístico dos dados gerados.

Como foi dito anteriormente, as estações que compõem a Rede Manual estão distribuídas em regiões específicas do Estado, como é mostrado na Figura 9, do item 4.2.1.1 do Capítulo 4, compreendendo um total de doze estações de qualidade do ar nas quais são monitorados os parâmetros: SO₂, PTS e PI₁₀, sendo o último, monitorado somente em 4 estações, localizadas em Porto Alegre e Charqueadas.

4.2.1.1.1 Dióxido de Enxofre (SO₂)

A Tabela 8 mostra que as concentrações de SO₂, para 2001, não violaram os padrões de qualidade, para curto e longo período, em nenhuma das estações monitoradas. A estação Charqueadas/CORSAN apresentou uma média anual de 12 µg.m⁻³, a mais elevada de todas, com um valor máximo de 41 µg.m⁻³, no dia 28/09/2001. Nas estações São Geraldo/Benjamin e Rio Branco/CEEE as concentrações médias anuais apresentaram valores entre 7 e 9 µg.m⁻³, respectivamente. Nas demais estações as concentrações médias diárias deste parâmetro apresentaram-se inferiores ao limite de detecção do método de análise (4 µg.m⁻³).

Os resultados obtidos no monitoramento de SO₂ para o ano de 2002 são mostrados na Tabela 9. Observa-se o mesmo comportamento de 2001 nos locais

monitorados: a média anual da estação Charqueadas/CORSAN foi de $14\mu\text{g.m}^{-3}$, com valor máximo de $32\mu\text{g.m}^{-3}$, nos meses de março e dezembro, mas inferior ao encontrado em 2001 ($41\mu\text{g.m}^{-3}$). Nas estações Rio Grande/CEEE e Rio Grande/CORSAN a concentração média foi de $10\mu\text{g.m}^{-3}$ e $6\mu\text{g.m}^{-3}$, respectivamente. Nas demais estações os resultados obtidos apresentaram-se abaixo do limite de detecção ou do critério de representatividade dos dados que é, no mínimo, de 50% das médias diárias válidas no ano. Cabe ressaltar que nas estações Estância Velha/Hospital Getúlio Vargas, Rio Grande/Praça Montevideu e Rio Grande/Rádio Cassino, o SO_2 não foi detectado pelo método de coleta e análise química, não apresentando valores.

Sendo assim, para este parâmetro, podemos considerar que a qualidade do ar foi Boa, pois os padrões de qualidade do ar não foram ultrapassados. Estes resultados corroboram com estudos indicando concentrações decrescentes de SO_2 no mundo, ao longo dos anos. Este fato está diretamente relacionado ao rigoroso controle exercido sobre as fontes emissoras, bem como à redução gradativa dos teores de enxofre dos derivados de petróleo.

Tabela 8: Concentrações médias anuais, valores máximo de SO_2 , em $\mu\text{g.m}^{-3}$, e disponibilidade de operação - Rede Manual - 2001.

Estações	Médias Anuais	Concentração Máxima	Dia da Máxima Concentração	Disponibilidade (%)
Jardim Botânico/8ª DISME	< L.D	29	01/05/2001	87
Anchieta/CEASA	< L.D	< L.D	-	87
São Geraldo/Benjamin	7	17	30/07/2001	58*
Charqueadas/CORSAN	12	41	28/09/2001	77
Montenegro/Parque Centenário	< L.D	< L.D	-	88
Triunfo/Polo Petroquímico	< L.D	40	12/03/2001	88
Estância Velha/Hospital Getúlio Vargas	< L.D	< L.D	-	92
Caxias do Sul/ Centro Administrativo	< L.D	6	03/08/2001	90
Rio Grande/CEEE	9	31	16/09/2001	93
Rio Grande/CORSAN	< L.D	< L.D	-	92
Rio Grande/Praça Montevideu	< L.D	9	14/03/2001	93
Rio Grande/Rádio Cassino	< L.D	7	19/04/2001	55*

* Não atendeu ao critério de representatividade; L.D. - Limite de Detecção ($4\mu\text{g.m}^{-3}$).

Tabela 9: Concentrações médias anuais, valores máximo de SO₂, em µg.m⁻³, e disponibilidade de operação - Rede Manual - 2002.

Estações	Médias Anuais	Concentração Máxima	Dia da Máxima Concentração	Disponibilidade (%)
Jardim Botânico/8 ^o DISME	< L.D	6	03/01/2002	77
Anchieta/CEASA	< L.D	< L.D	-	79
Charqueadas/CORSAN	14	32	10/12/2002	77
Montenegro/Parque Centenário	< L.D	< L.D	-	86
Triunfo/Polo Petroquímico	< L.D	< L.D	-	72
Estância Velha/Hospital Getúlio Vargas	N.D	N.D	-	93
Caxias do Sul/ Centro Administrativo	< L.D	5	04/09/2002	86
Rio Grande/CEEE	6	27	02/02/2002	93
Rio Grande/CORSAN	10	17	17/12/2002	98
Rio Grande/Praça Montevidéu	N.D	N.D	-	98
Rio Grande/Rádio Cassino	N.D	N.D	-	82

L.D: Limite de Detecção (4 µg.m⁻³); N.D.- Não Detectado.

A evolução das médias anuais de SO₂ monitoradas desde 1993 nas regiões de Aceguá (fronteira com o Uruguai), RMPA, pólos industriais (III Pólo Petroquímico, Caxias do Sul e Charqueadas) e Rio Grande são mostradas nas Figuras 16, 17, 18 e 19, respectivamente. Os valores das médias anuais encontram-se no Anexo, Tabela A. Na estação São Geraldo/Benjamin, em Porto Alegre, o padrão secundário anual foi ultrapassado em 1994, 1995 e 1996. A partir de 1997 os níveis foram inferiores ao padrão secundário de qualidade do ar, este decréscimo acentuado esteve associado à utilização do diesel metropolitano, com reduzido teor de enxofre, nos coletivos da RMPA. Nesta estação, os valores dos padrões de qualidade do ar não foram mais ultrapassados sendo desativada posteriormente (outubro de 2001), devido a obras viárias programadas para este local. Nas demais estações não houve ultrapassagem dos padrões de qualidade.

O monitoramento na estação Porto Alegre/CEEE ocorreu somente no período de 1994 a 1996, por ser parte integrante de um projeto de pesquisa, PADCT/FINEP.

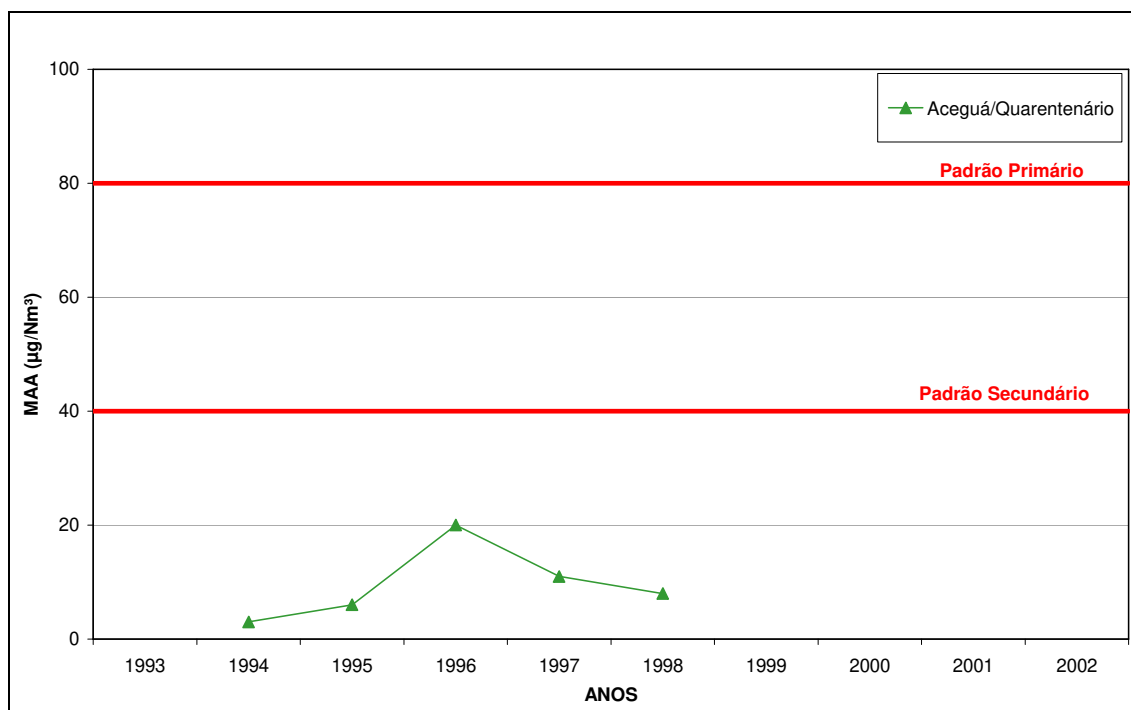


Figura 16: Evolução da média anual para SO_2 , em Aceguá (Quarentenário), de 1994 a 1998.

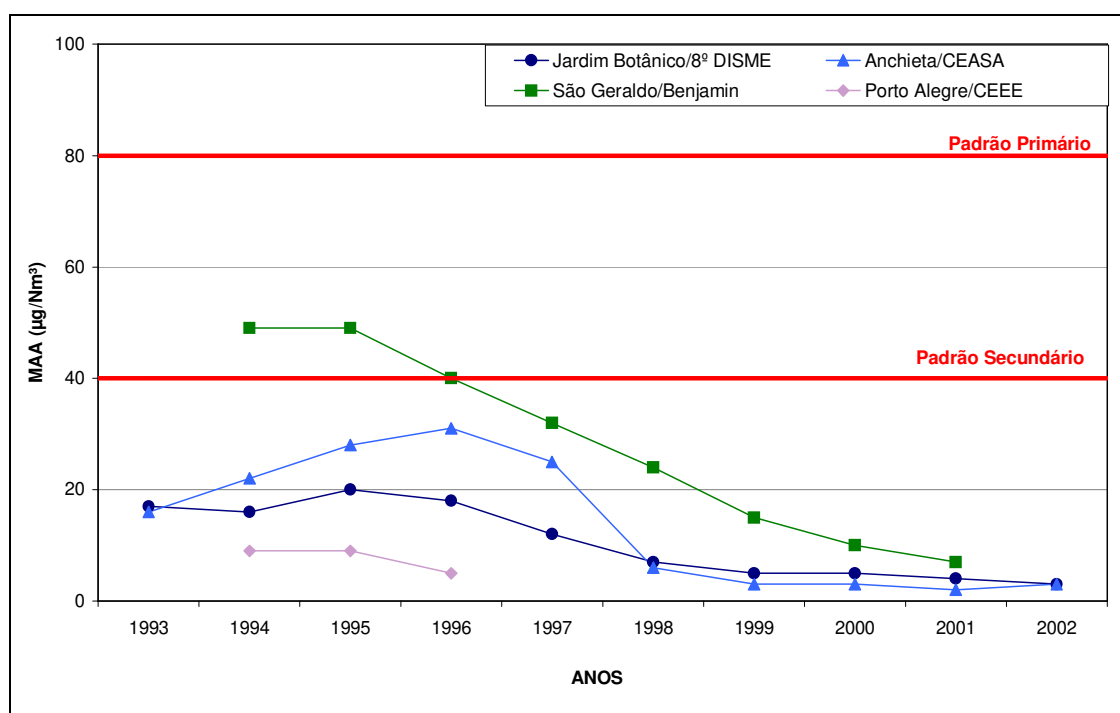


Figura 17: Evolução da média anual para SO_2 , nas estações de Porto Alegre (8ªDISME, CEEE, CEASA e Benjamin Constant), de 1993 a 2002.

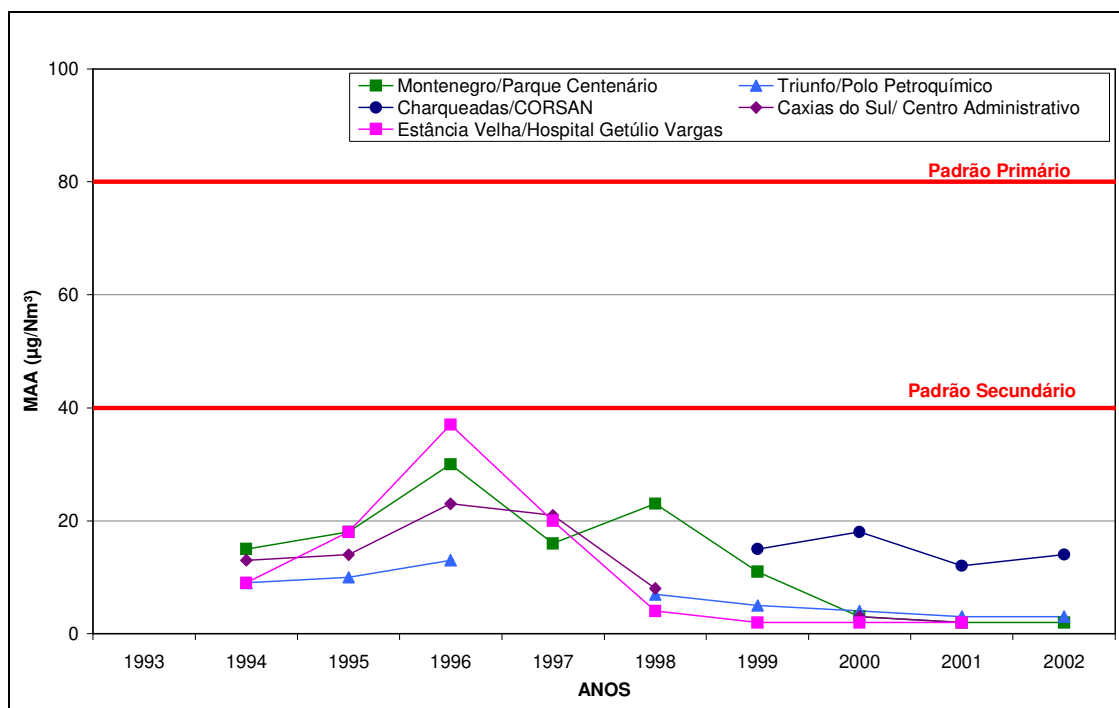


Figura 18: Evolução da média anual para SO_2 , nas estações Montenegro, Triunfo, Charqueadas, Estância Velha e Caxias do Sul, de 1994 a 2002.

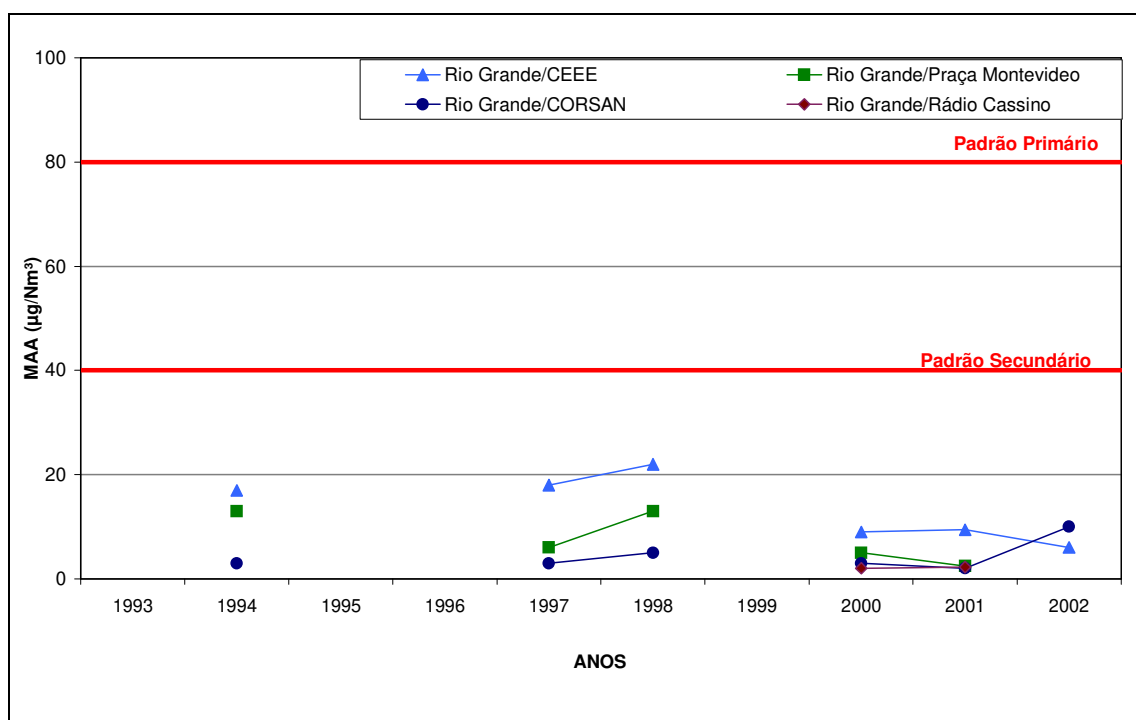


Figura 19: Evolução da média anual para SO_2 , em Rio Grande (CEEE, Praça Montevideu, CORSAN e Rádio Cassino), de 1994 a 2002.

4.2.1.1.2 Partículas Totais em Suspensão (PTS) e Partículas Inaláveis (PI_{10})

As Tabelas 10, 11 e 12 apresentam as médias anuais, valores máximos, disponibilidade dos dados gerados da Rede Manual, para os anos de 2001 e 2002. Nas estações Jardim Botânico/8^o DISME, Anchieta/CEASA, Charqueadas/CORSAN e Triunfo/Polo Petroquímico, os equipamentos de Hi-Vol foram substituídos por equipamentos que monitoram partículas inaláveis (PI₁₀), com diâmetro aerodinâmico inferior a 10 µm (Agosto/2001). Tal mudança se fez necessária, pois estas estações estão localizadas em áreas industriais ou de tráfego veicular.

As Tabelas 10 e 11 mostram que algumas estações apresentaram comportamento semelhante em 2001 e 2002. Como foi o caso das estações Estância Velha/Hospital Getúlio Vargas e Caxias do Sul/Centro Administrativo. Outras, como a estação Rio Grande/Rádio Cassino registrou para 2002 um aumento da média anual para PTS. As estações Jardim Botânico/8^o DISME, Anchieta/CEASA e Charqueadas/CORSAN não puderam ser avaliadas do mesmo modo pois no ano de 2002 o parâmetro PTS foi substituído por PI₁₀. A ultrapassagem do padrão de qualidade secundário, para 2001, ocorreu nas estações localizadas nos municípios de Estância Velha (Estância Velha/Hospital Getúlio Vargas, 3 episódios, máxima em 03/08/2001) e Porto Alegre (Anchieta/CEASA, 1 episódio, e São Geraldo/Benjamin, 6 episódios, as máximas ocorridas em 12/06/2001).

No dia 03/08/2001, ocorreu um pico na velocidade do vento em torno de 8 m.s⁻¹ (em Porto Alegre/Aeroporto Salgado Filho) associado a passagem de uma frente fria, que pode ter sido responsável pela ressuspensão da poeira do solo, ocasionando o episódio de máxima concentração de PTS na estação Estância Velha/Hospital Getúlio Vargas.

No dia 12/06/2001, o Estado estava sob a influência de uma massa de ar frio, acompanhada de uma camada de inversão e ventos de calmos a fracos, que ocasionou estagnação atmosférica, provocando o acúmulo de material particulado proveniente da intensa atividade veicular no entorno daquelas estações. Este episódio esteve associado às máximas concentrações de PTS detectadas nas três estações da Rede Manual localizadas em Porto Alegre (Tabela 10).

Em 2002 o padrão secundário de qualidade do ar foi ultrapassado em Rio Grande (Rio Grande/Rádio Cassino, um episódio, máxima em 12/08/02). Nesta data, um ciclone provocou ventos moderados de sudeste, setor onde estão situadas, em relação a esta estação, as empresas de fertilizantes em Rio Grande. Este episódio pode então estar associado as emissões provenientes desta tipologia industrial.

Na estação Estância Velha/Hospital Getúlio Vargas, novamente, foi observado um episódio de ultrapassagem do padrão secundário, em 04/09/02. Neste dia uma intensa massa de ar frio atuou sobre o Estado, associada inclusive a precipitação de neve na região da Serra. Esse tipo de sistema é acompanhado de inversão térmica e ventos fracos junto à superfície. Esses fatores são indicadores de estabilidade atmosférica, responsável pela pouca dispersão de poluentes e aerossóis, o que pode justificar o alto valor de material particulado encontrado nesta estação.

Tabela 10: Média geométrica anual, valores máximo de PTS, em $\mu\text{g.m}^{-3}$, e disponibilidade dos dados gerados - Rede Manual - 2001

Estações	Médias Anuais	Concentração Máxima	Dia da Máxima Concentração	Disponibilidade (%)
Jardim Botânico/8º DISME	32	76	12/06/2001	52*
Anchieta/CEASA	67	167	12/06/2001	52*
São Geraldo/Benjamin	103	191	12/06/2001	53*
Charqueadas/CORSAN	63	137	30/07/2001	53*
Montenegro/Parque Centenário	38	129	03/08/2001	83
Triunfo/Polo Petroquímico	27	93	26/10/2001	90
Estância Velha/Hospital Getúlio Vargas	54	171	03/08/2001	87
Caxias do Sul/ Centro Administrativo	35	104	20/09/2001	90
Rio Grande/CEEE	46	144	09/11/2001	78
Rio Grande/CORSAN	40	112	22/09/2001	97
Rio Grande/Praça Montevideú	38	70	09/11/2001	95
Rio Grande/Rádio Cassino	29	74	12/07/2001	58*

* Não atendeu ao critério de representatividade.

Tabela 11: Médias geométricas anuais e valores máximos de PTS, em $\mu\text{g.m}^{-3}$, e disponibilidade dos dados - Rede Manual - 2002

Estações	Médias Anuais	Concentração Máxima	Dia da Máxima Concentração	Disponibilidade (%)
Montenegro/Parque Centenário	44	104	04/09/2002	82
Estância Velha/Hospital Getúlio Vargas	54	152	04/09/2002	90
Caxias do Sul/ Centro Administrativo	35	86	28/09/2002	81
Rio Grande/CEEE	47	124	11/12/2002	92
Rio Grande/CORSAN	45	150	27/05/2002	89
Rio Grande/Praça Montevideú	39	90	15/05/2002	98
Rio Grande/Rádio Cassino	38	154	12/08/2002	82

A Tabela 12 apresenta as médias anuais para PI_{10} nas estações monitoradas em 2002. Não ocorreram ultrapassagens dos padrões de qualidade do ar, sendo a máxima concentração observada em Charqueadas/CORSAN, $115 \mu\text{g.m}^{-3}$, no dia 15/05/02.

Tabela 12: Concentrações médias anuais e valores máximos de PI_{10} , em $\mu\text{g.m}^{-3}$, disponibilidade dos dados - Rede Manual - 2002

Estações	Médias Anuais	Concentração Máxima	Dia da Máxima Concentração	Disponibilidade (%)
Jardim Botânico/8º DISME	29	75	06/09/2002	73
Anchieta/CEASA	39	98	15/05/2002	75
Charqueadas/CORSAN	42	115	15/05/2002	80
Triunfo/Polo Petroquímico	26	37	16/10/2002	23*

* Não atendeu ao critério de representatividade

Nas Figuras 20, 21, 22 e 23 observa-se a evolução das médias anuais (média geométrica) para PTS, nas estações de monitoramento da qualidade do ar, a partir de 1993. Cabe ressaltar que a estação Aceguá/Quarentenário, Figura 20, foi desativada a partir de 2000. No município de Rio Grande, Figura 23, as concentrações de PTS mostraram-se praticamente constantes, não sendo ultrapassados os padrões de qualidade anuais. Nos municípios de Montenegro, Triunfo e Caxias do Sul, contemplados com estações de monitoramento manual da qualidade do ar, o comportamento foi semelhante, com exceção das estações Estância Velha/Hospital Getúlio Vargas e Charqueadas/CORSAN, esta última localizada no município de Charqueadas, onde houve violação do padrão secundário anual. Neste local, no entanto, observa-se uma redução a partir de 2000, fato diretamente relacionado à influência de uma siderurgia que, a partir daquele ano, instalou sistema de controle de emissões, reduzindo desta forma as emissões atmosféricas geradas pela mesma (Andrade, 1989; Sanchez, *et al.*, 1995; Teixeira, 1998).

Em 2001, os padrões de qualidade anuais foram ultrapassados em Porto Alegre, nas estações São Geraldo/Benjamin e Anchieta/CEASA, e no município de Charqueadas, na estação Charqueadas/CORSAN, sendo que nas últimas duas só foi ultrapassado o padrão secundário anual ($60 \mu\text{g.m}^{-3}$).

Em Porto Alegre, Figura 21, as três estações monitoradas apresentaram um comportamento similar ao longo dos anos mesmo que em diferentes patamares de concentração, sendo que na estação São Geraldo/Benjamin os padrões de qualidade anuais sempre foram ultrapassados. A explicação para isto é que esta estação está localizada em uma rótula de intenso tráfego de veículos, no cruzamento das avenidas Assis Brasil e Dom Pedro II.

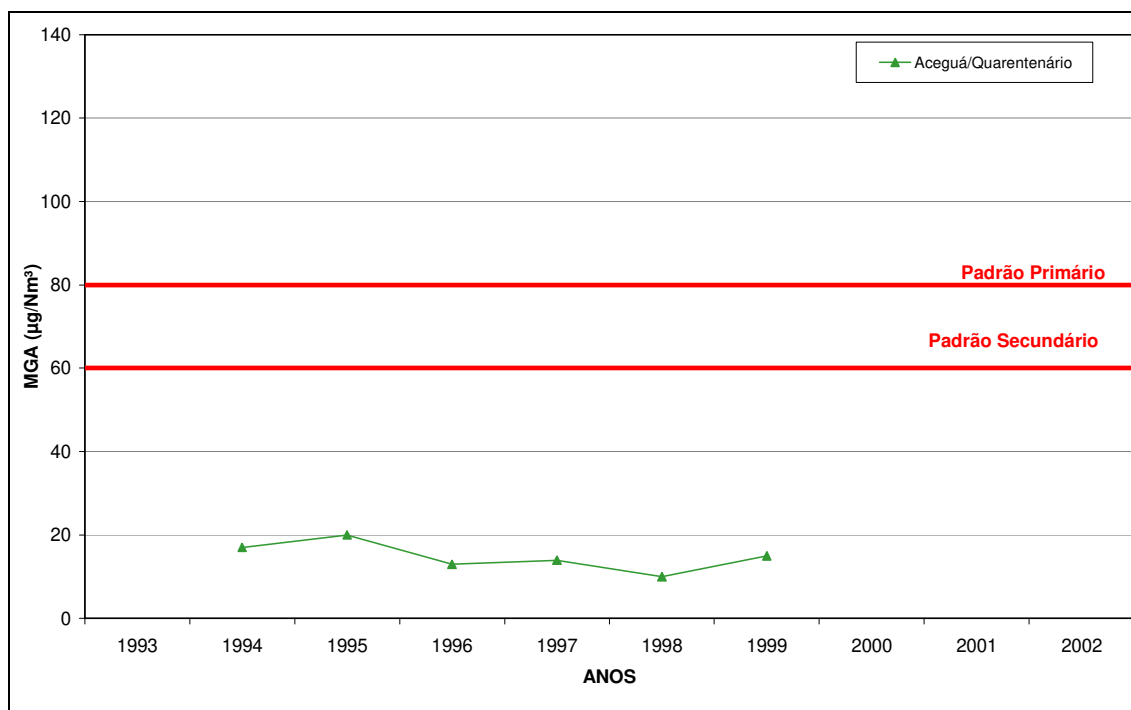


Figura 20: Evolução da média geométrica anual para PTS, na estação de Aceguá (Aceguá/Quarentenário), de 1994 a 1999.

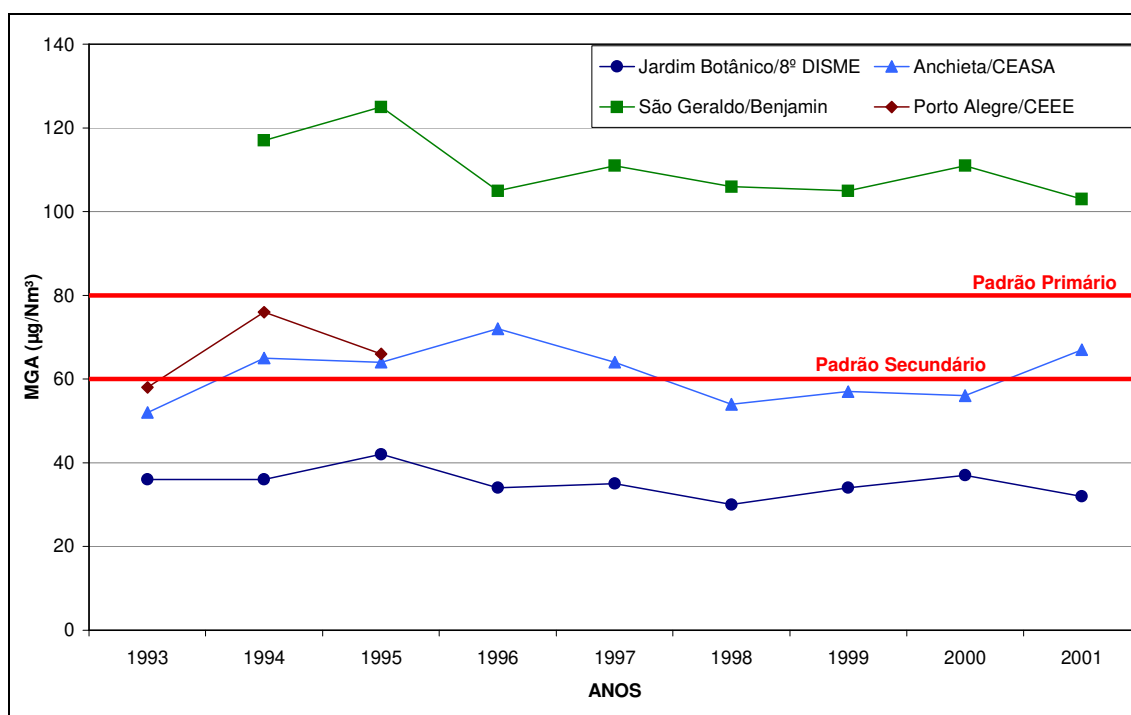


Figura 21: Evolução da média geométrica anual para PTS, nas estações de Porto Alegre (8ºDISME, CEEE, CEASA e Benjamin Constant), de 1993 a 2002.

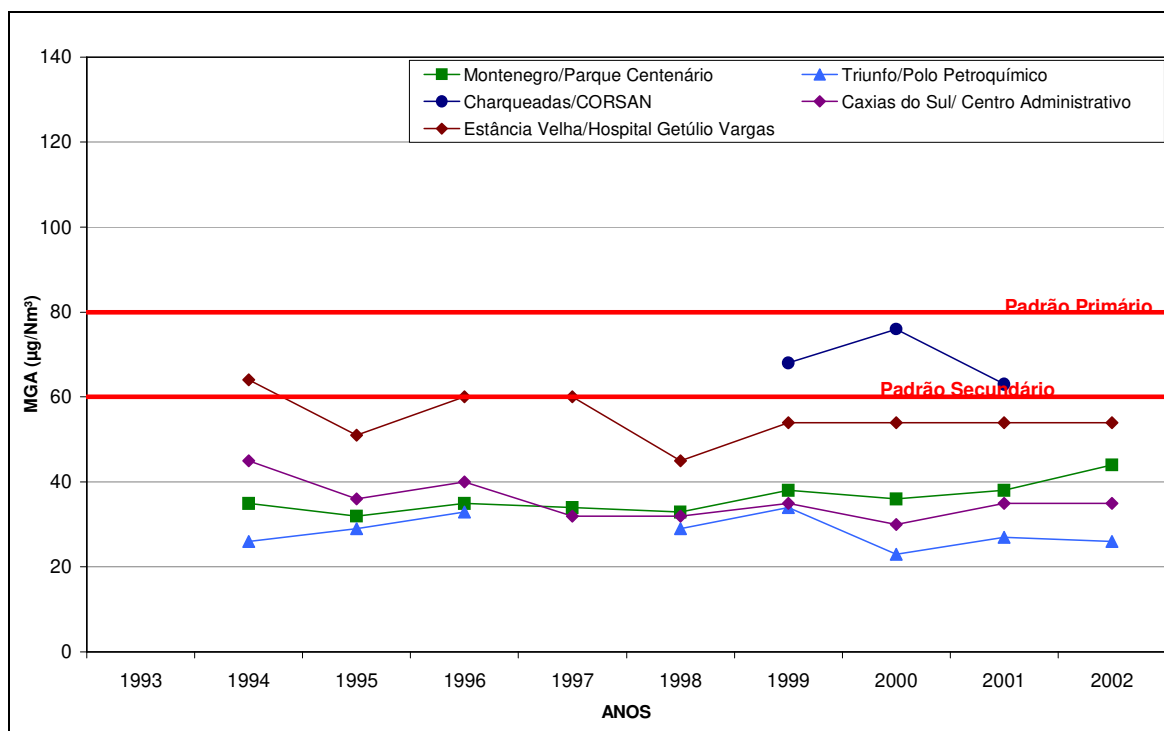


Figura 22: Evolução da média geométrica anual para PTS, nas estações Montenegro, Triunfo, Charqueadas, Estância Velha e Caxias do Sul, de 1994 a 2002.

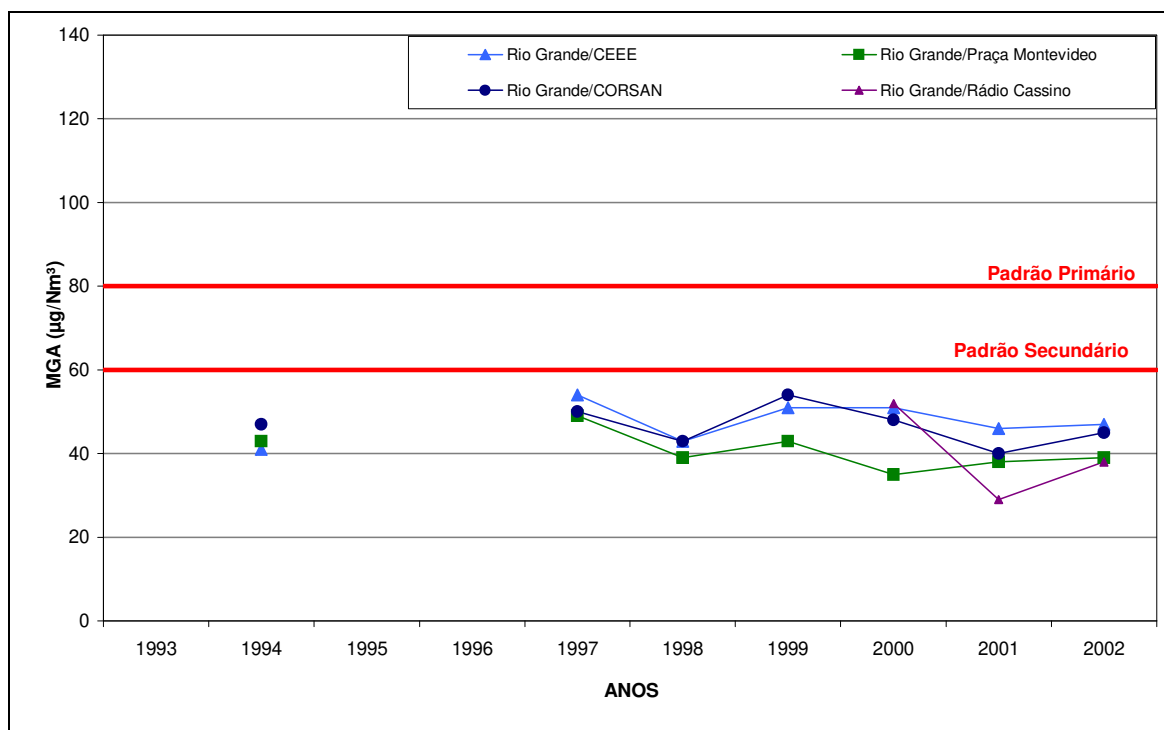


Figura 23: Evolução da média geométrica anual para PTS, em Rio Grande (CEEE, Praça Montevideu, CORSAN e Rádio Cassino), de 1994 a 2002.

4.2.1.1.3 Distribuição Anual do Índice de Qualidade do Ar

A fim de obter-se uma avaliação da qualidade do ar nos locais monitorados, em relação aos parâmetros SO_2 , PTS e PI_{10} , o índice de qualidade do ar foi calculado para cada poluente. O SO_2 , como citado anteriormente, não apresentou ultrapassagens dos padrões de qualidade. Neste caso, a qualidade do ar conservou-se na classificação Boa em todas as estações monitoradas.

A Figura 24 mostra a distribuição do índice de qualidade do ar para PTS, no ano de 2001, nas doze estações de monitoramento. A qualidade Regular foi observada com maior frequência na estação São Geraldo/Benjamin e Anchieta/Ceasa. Estas duas estações, localizadas próximas à vias de intenso tráfego veicular, apresentaram qualidade Regular em 78% e 45% dos dias monitorados (válidos), respectivamente. Para as demais estações o percentual de dias em que a qualidade apresentou-se Regular foi inferior a 30%, podendo estar relacionada a episódios em que as condições meteorológicas tenham sido desfavoráveis para a dispersão dos poluentes. Nas estações Jardim Botânico/8^o DISME (Porto Alegre), Rio Grande/Praça Montevideu e Rio Grande/Rádio Cassino (Rio Grande) a qualidade do ar manteve-se Boa para todo o período, 2001.

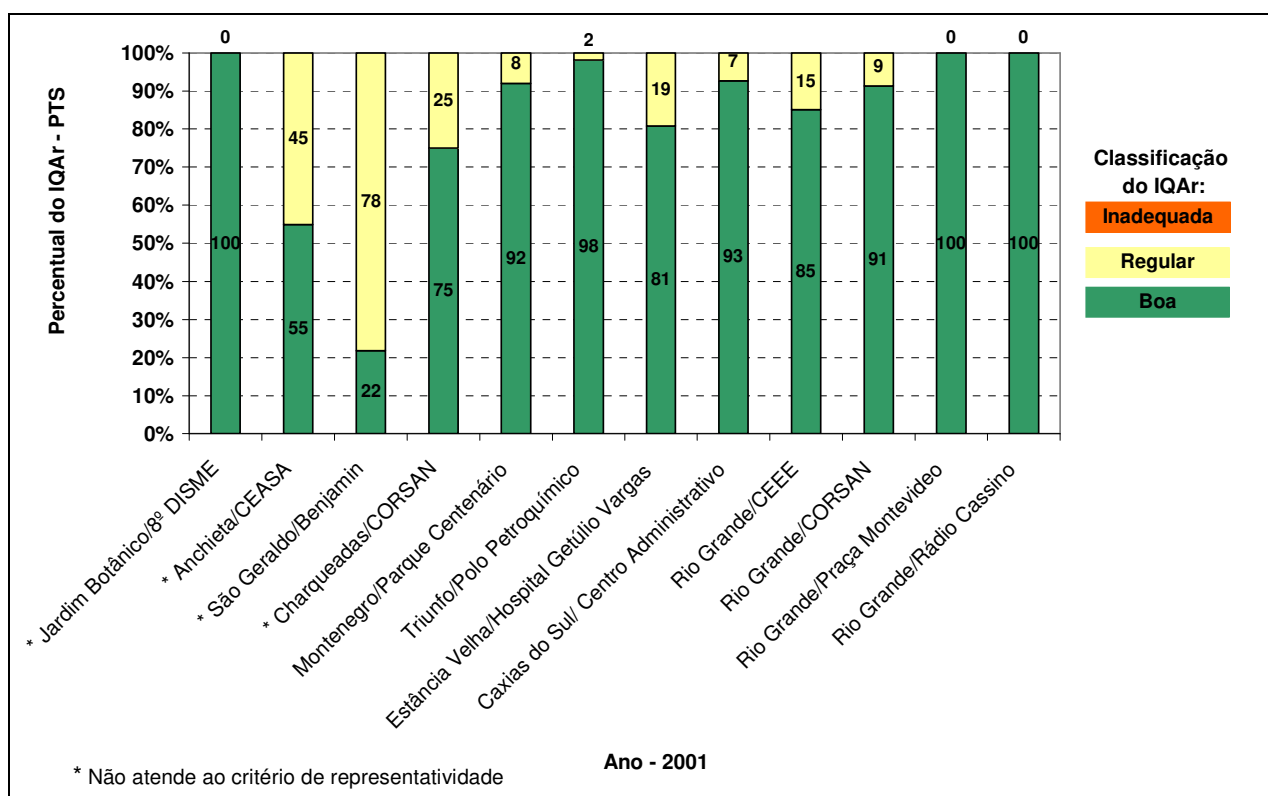


Figura 24: Distribuição do Índice de Qualidade do Ar – PTS – ano 2001.

Na Figura 25 verifica-se a distribuição do IQAr para 2002. Observou-se uma melhora da qualidade do ar para PTS nas estações Triunfo/Pólo Petroquímico (100% qualidade Boa) e Caxias do Sul, já nas estações Rio Grande/CORSAN, Rio Grande/Praça Montevideu e Rio Grande/Rádio Cassino, o percentual de qualidade Regular foi de 15, 5 e 9%, respectivamente. Nas demais estações de monitoramento, o percentual de distribuição do IQAr foi semelhante ao período de 2001. Cabe ressaltar que a estação São Geraldo/Benjamin Constant estava desativada em 2002, e nas estações localizadas em Porto Alegre e Charqueadas, o PTS foi substituído pelo PI_{10} .

Na Figura 26, verifica-se a distribuição do IQAr para PI_{10} nas quatro estações onde este poluente está sendo monitorado, com percentual de qualidade Regular maior na estação Charqueadas/CORSAN, 29%, indicando mais uma vez a influência direta das atividades industriais locais, como: indústrias de siderurgia e termoeletricidade a carvão mineral, ambas fontes emissoras potenciais de partículas inaláveis, menores que $10\ \mu\text{m}$. Na estação Anchieta/CEASA, o percentual de 23% pode estar relacionado ao intenso tráfego de veículos próximo ao local de amostragem.

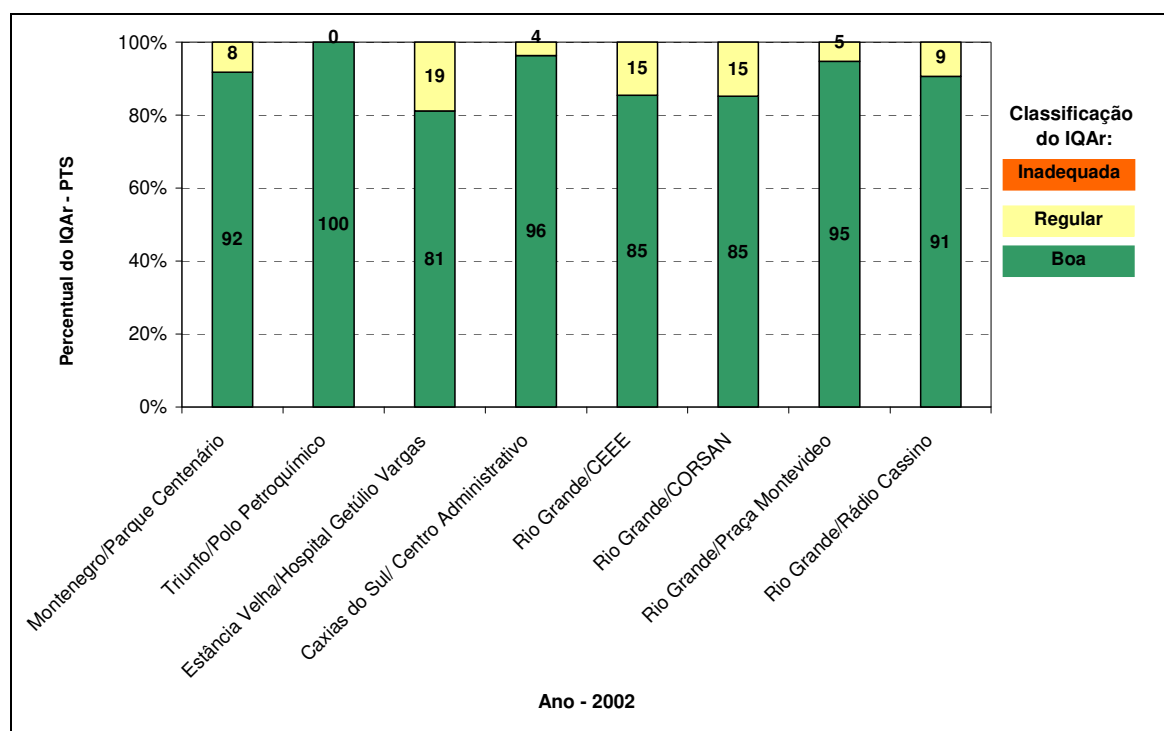


Figura 25: Distribuição do Índice de Qualidade do Ar – PTS – ano 2002.

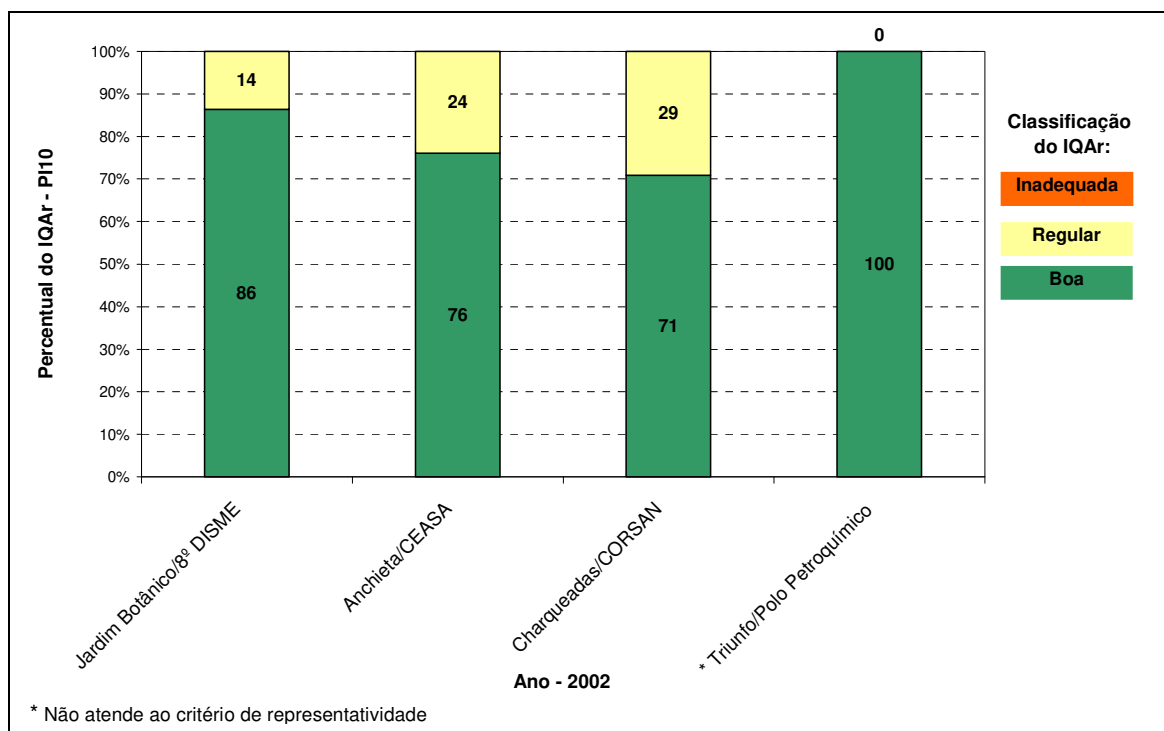


Figura 26: Distribuição do Índice de Qualidade do Ar – PI_{10} – ano 2002.

4.2.1.2 Rede Automática 2002

4.2.1.1.1 Dióxido de Enxofre (SO_2)

O dióxido de enxofre foi analisado em todas as estações de monitoramento da Rede de Monitoramento Automático da Qualidade do Ar – Ar do Sul. A Tabela 13 apresenta a concentração média diária anual, a máxima média diária, o dia da máxima concentração e a disponibilidade de dados válidos. A distribuição das classificações do Índice de Qualidade do Ar (IQAr) também é apresentada na Tabela 8.

Observa-se que houve somente quatro médias diárias na classificação Regular, duas na estação Centro/Rodoviária e duas na estação Santa Cecília/Silva Só. Estas estações estão localizadas muito próximas a vias de tráfego intenso. As médias anuais, como esperado, mostraram-se em níveis baixos. Muitas vezes as concentrações de SO_2 não chegaram a ser detectadas pelos analisadores. Isto foi observado com mais frequência nas estações Jardim Botânico/ESEF, Montenegro/Pólo Petroquímico e Caxias/SENAI, cujos valores apresentaram-se inferiores ao limite de detecção do analisador ($3,00 \mu g.m^{-3}$, limite de detecção do fabricante).

De maneira geral, pode-se constatar que as concentrações de SO₂, apresentaram-se em níveis baixos. Somente na estação Centro/Rodoviária, em uma única vez, o padrão secundário de qualidade do ar foi ultrapassado, no dia 17/08/2002, nos demais locais não houve ultrapassagem dos padrões de qualidade do ar.

Tabela 13: Concentrações médias anuais ($\mu\text{g.m}^{-3}$) e distribuição das classificações do IQAr para SO₂, da Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar/Ar do Sul, para 2002.

Estação	Média Diária Anual*	Máxima Média Diária	Dia da Máxima Média Diária	Disponibilidade (%)
Centro/Rodoviária	30,62	101,9	17/08/2002	88
Santa Cecília/Silva Só	13,76	90,7	08/08/2002	95
Jardim Botânico/ESEF	5,71	14,1	17/08/2002	88
Canoas/V COMAR	9,21	21,6	21/07/2002	91
Sapucaia/SESI	4,98	13,2	23/08/2002	87
Montenegro/Polo Petroquímico	6,47	12,2	24/03/2002	90
Caxias/SENAI	4,69	8,93	03/09/2002	91
Distribuição das Classificações do IQAr				
Estação	Boa	Regular	Inadequada	Má
Centro/Rodoviária	320	2	0	0
Santa Cecília/Silva Só	346	2	0	0
Jardim Botânico/ESEF	323	0	0	0
Canoas/V COMAR	334	0	0	0
Sapucaia/SESI	319	0	0	0
Montenegro/Polo Petroquímico	330	0	0	0
Caxias/SENAI	334	0	0	0

* Média aritmética calculada somente com valores acima do limite de detecção do equipamento ($3\mu\text{g.m}^{-3}$)

4.2.1.1.2 Partículas Inaláveis (PI₁₀)

As partículas inaláveis, com diâmetro menor que 10 μm , foram monitoradas nas sete estações de monitoramento da qualidade do ar da Rede Ar do Sul. As concentrações médias diárias anuais, a máxima média diária, a disponibilidade de dados válidos para o período e o número de classificações do IQAr são mostradas na Tabela 14. Através da análise da Tabela 9, observa-se que os padrões de qualidade anuais não foram ultrapassados. Entretanto, quando são avaliados os padrões de curto período e média diária, observa-se que ocorreram duas violações, nas estações Centro/Rodoviária e Jardim Botânico/ESEF, nos dias 29/06 e 12/07, respectivamente.

Tabela 14: Concentrações médias anuais ($\mu\text{g.m}^{-3}$) e distribuição das classificações do IQAr para PI_{10} , da Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar/Ar do Sul, para 2002.

Estação	Média Diária Anual	Máxima Média Diária	Dia da Máxima Média Diária	Disponibilidade (%)
Centro/Rodoviária	34,9	182	29/06/2002	89
Santa Cecília/Silva Só	20,6	134	29/05/2002	87
Jardim Botânico/ESEF	12,9	158	12/07/2002	89
Canoas/V COMAR	22,1	90,2	29/06/2002	94
Sapucaia/SESI	27,7	124	29/06/2002	94
Montenegro/Polo Petroquímico	15,0	36,4	04/09/2002	76
Caxias/SENAI	28,1	105	12/07/2002	97
Distribuição das Classificações do IQAr				
Estação	Boa	Regular	Inadequada	Má
Centro/Rodoviária	281	42	1	0
Santa Cecília/Silva Só	306	14	0	0
Jardim Botânico/ESEF	323	0	1	0
Canoas/V COMAR	330	11	0	0
Sapucaia/SESI	313	30	0	0
Montenegro/Polo Petroquímico	277	0	0	0
Caxias/SENAI	319	34	0	0

Quanto ao Índice de Qualidade do Ar (IQAr) apresentado na Tabela 9, observa-se que ocorreram duas máximas médias diárias na classificação Inadequada, violando os padrões de qualidade ($150 \mu\text{g.m}^{-3}$) nas estações Centro/Rodoviária e Jardim Botânico/ESEF, conforme citado anteriormente. Estes episódios estiveram associados a condições meteorológicas similares, ou seja, atuavam massas de ar frio no Estado, associadas a ventos de fracos a calmos, e ocorrência de inversão térmica, fatores que contribuíram para a estagnação atmosférica, propiciando as altas concentrações de PI_{10} . Na classificação Regular, a estação que apresentou maior percentual foi Centro/Rodoviária, 13%, seguida das estações Caxias/SENAI, Sapucaia/SESI, 10% e 9%, respectivamente, e as estações Canoas/VCOMAR e Santa Cecília/Silva Só, com percentuais 4% e 3% (Figura 27).

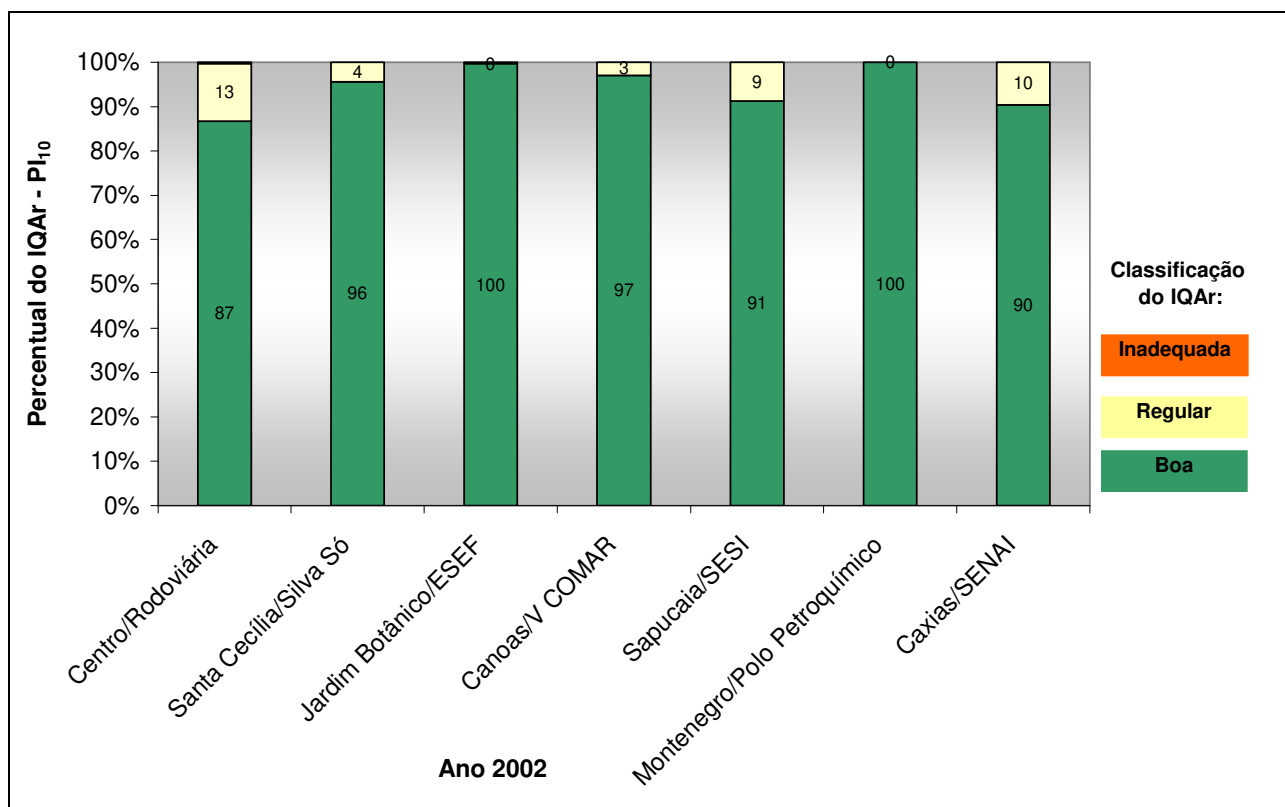


Figura 27: Percentual de classificações do Índice de Qualidade do Ar - PI_{10} , para 2002.

Como esperado, devido ao intenso tráfego veicular em seu entorno, o local onde está operando a estação Centro/Rodoviária apresentou a qualidade do ar mais comprometida para PI_{10} .

Para ser avaliado o comportamento sazonal do IQAr, a Figura 28 mostra a variação mensal dos episódios que apresentaram qualidade Regular. Cabe ressaltar que, na classificação Regular, os padrões de qualidade não são ultrapassados, como mostra a Tabela 6 do item 3.3 do capítulo 3. Um maior comprometimento da qualidade do ar, para PI_{10} , verificou-se entre os meses de maio a setembro, sendo que os casos de máxima concentração, anteriormente mencionados, foram neste período.

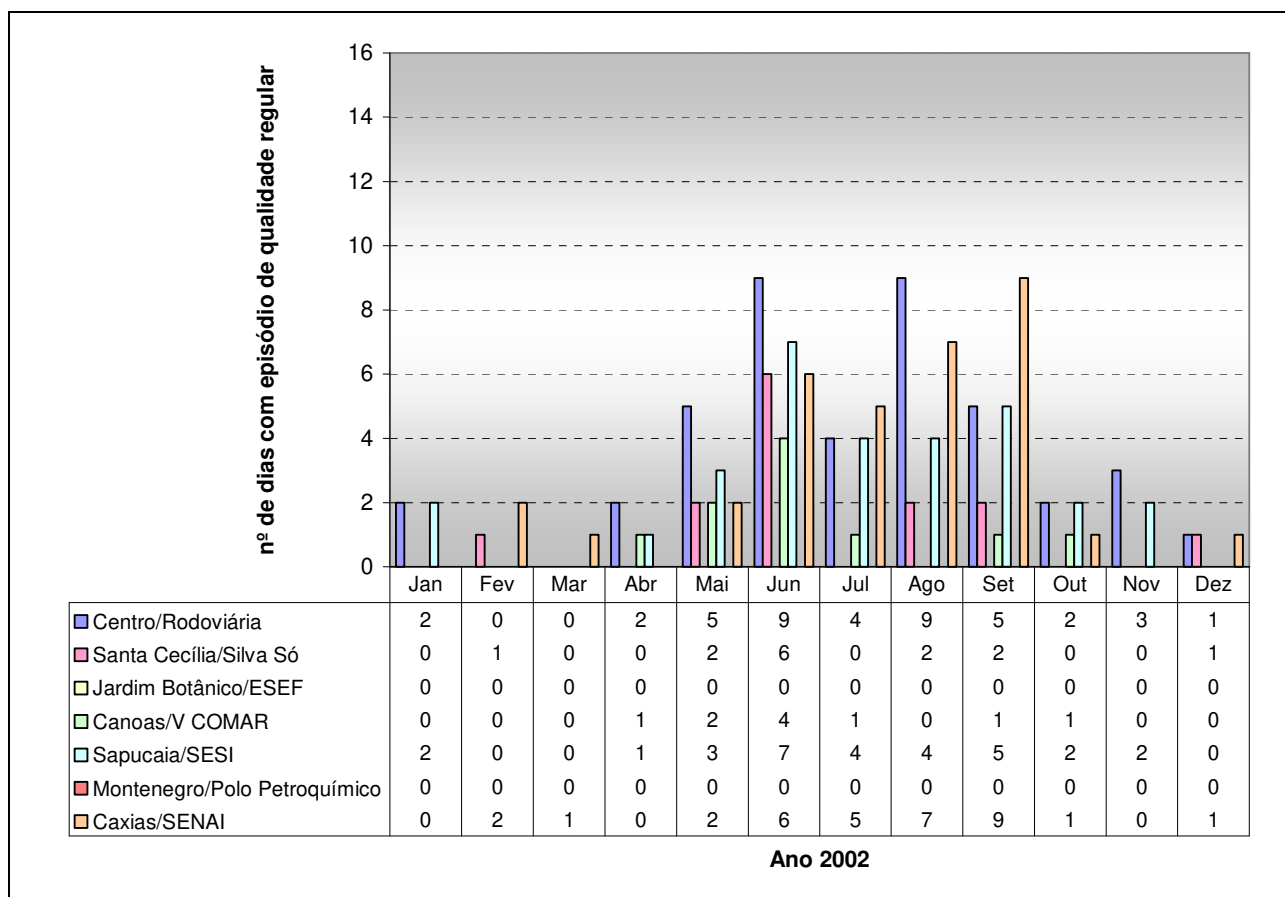


Figura 28: Número de episódios de qualidade Regular para Partículas Inaláveis (PI₁₀), para 2002.

4.2.1.1.3 Monóxido de Carbono (CO)

O CO é monitorado em cinco estações, localizadas: três em Porto Alegre (Centro/Rodoviária, Santa Cecília/Silva Só e Jardim Botânico/ESEF), uma em Sapucaia do Sul (Sapucaia/SESI) e uma na área do Pólo Petroquímico do Sul (Montenegro/Polo Petroquímico).

A Tabela 15 ilustra a média anual de 8 horas, a máxima de 8 horas, o dia desta máxima, a disponibilidade dos dados e a distribuição das classificações do IQAr. Verificam-se as máximas médias de 8 horas, no dia 29/06, nas estações Centro/Rodoviária, Santa Cecília/Silva Só e Sapucaia/SESI. As duas primeiras sofrem influência direta do tráfego de veículos.

A distribuição do índice IQAr por estação, é melhor visualizada na Figura 29, onde a estação Santa Cecília/Silva Só apresenta o maior percentual de qualidade Regular, embora o índice foi de classificação Boa na maioria dos episódios

Tabela 15: Média móvel (8 horas), ppm, e distribuição das classificações do IQAr para CO, da Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar/Ar do Sul, para 2002.

Estação	Média Anual das Máximas Médias Móveis (8 h)	Máxima da Média Móvel (8h)	Dia da Máxima Média Móvel (8h)	Disponibilidade (%)
Centro/Rodoviária	1,29	5,88	29/06/2002	87
Santa Cecília/Silva Só	1,63	8,61	29/06/2002	67
Jardim Botânico/ESEF	0,90	4,13	11/08/2002	83
Sapucaia/SESI	0,86	7,23	29/06/2002	91
Montenegro/Polo Petroquímico	0,22	0,84	26/06/2002	78
Distribuição das classificações do IQAr				
	Boa	Regular	Inadequada	Má
Centro/Rodoviária	312	7	0	0
Santa Cecília/Silva Só	227	13	0	0
Jardim Botânico/ESEF	305	0	0	0
Sapucaia/SESI	328	5	0	0
Montenegro/Polo Petroquímico	285	0	0	0

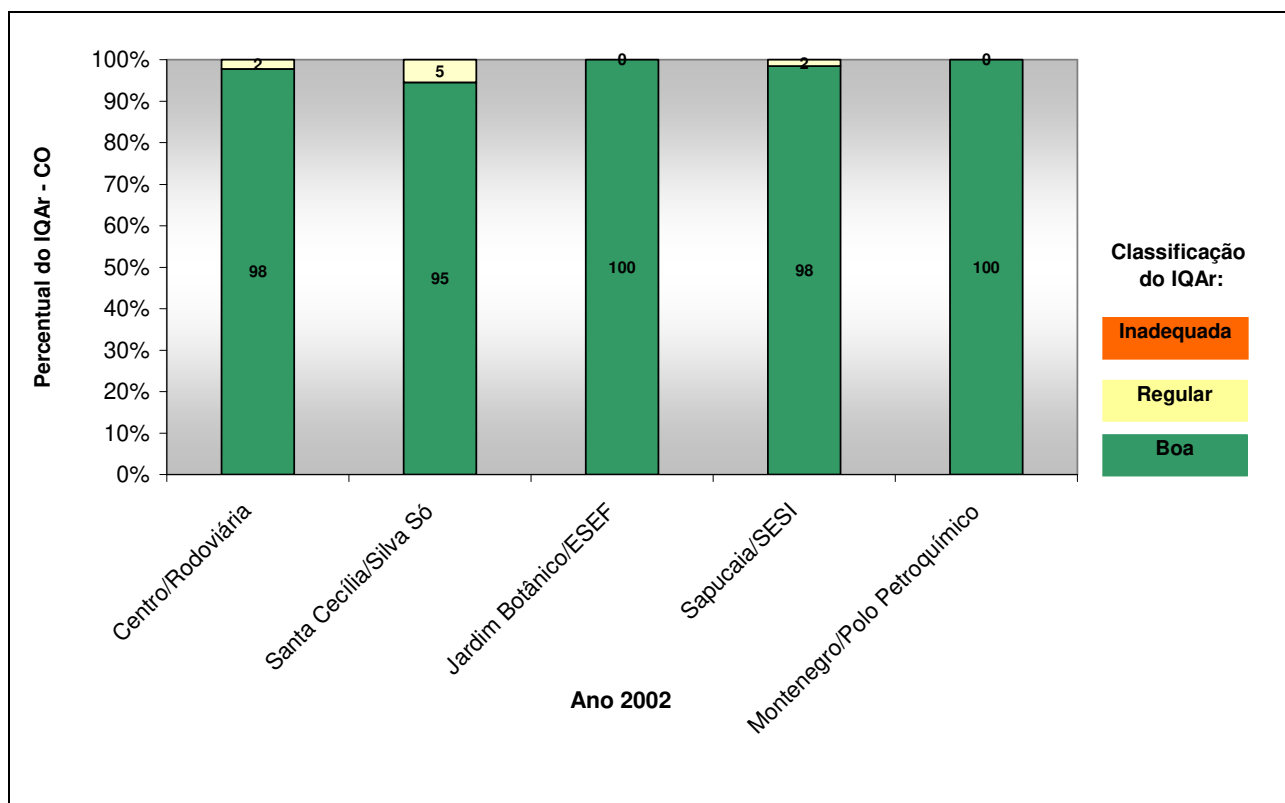


Figura 29: Percentual de classificações do Índice de Qualidade do Ar - CO, para 2002.

A Figura 30 mostra o número de episódios de qualidade Regular para monóxido de carbono (CO). Observa-se a classificação Regular (ultrapassagem da

concentração de 4,5 ppm) de maio a setembro, totalizando vinte e cinco episódios, os quais foram registrados nas estações Centro/Rodoviária, Sapucaia/SESI e Santa Cecília/Silva Só. Cabe ressaltar, que o padrão de curto período (9 ppm) não foi ultrapassado em nenhum momento, com valor máximo encontrado de 8,61 ppm na estação Santa Cecília/Silva Só no mês de junho. Nas estações Jardim Botânico/ESEF e Montenegro/Polo Petroquímico a qualidade do ar para CO apresentou-se Boa.

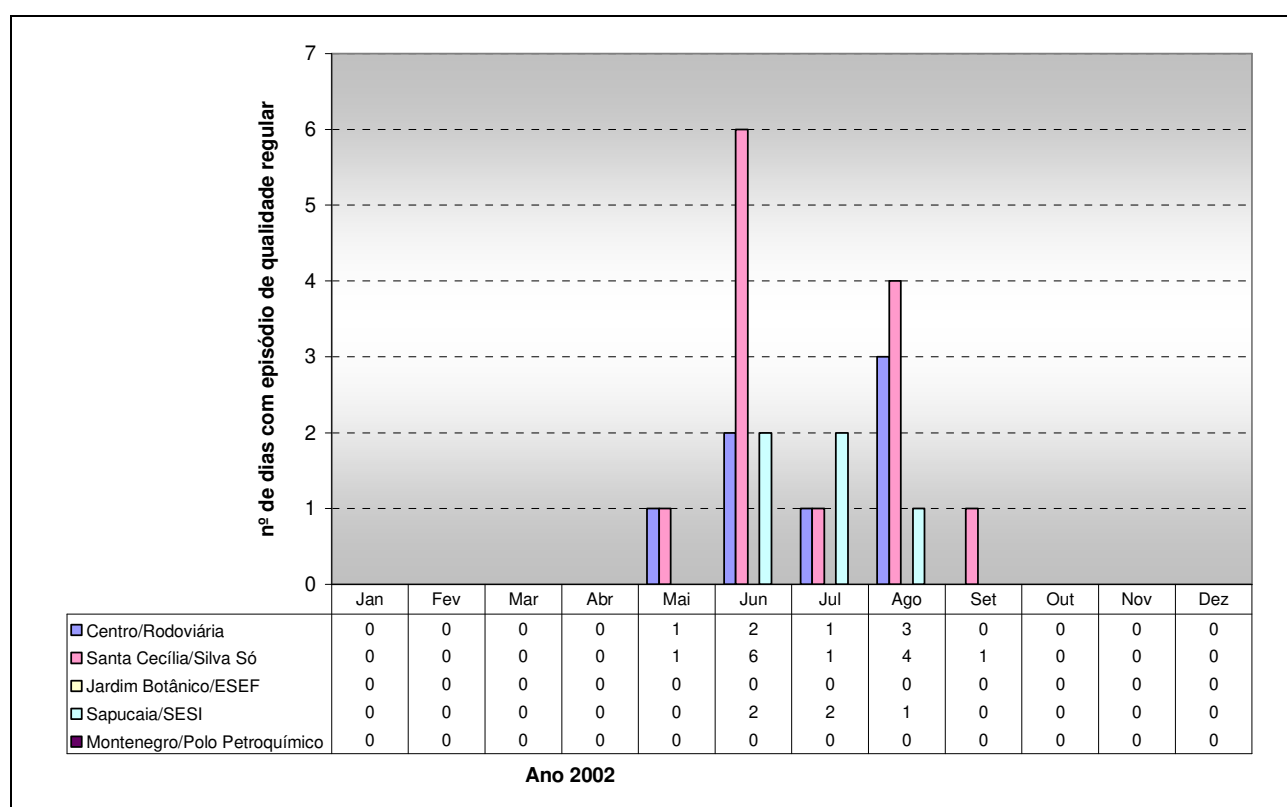


Figura 30: Número de episódios de qualidade Regular para Monóxido de Carbono, para 2002.

Na Figura 31, obtemos um perfil horário, do dia 29/06, da concentração de CO nas três estações onde foram registradas as maiores médias de 8h. Observa-se que o pico de CO ocorreu entre 18 e 19 horas, como esperado. Neste dia atuava sobre a RMPA uma condição pré-frontal, com clima abafado e vento de calmo a fraco, o que pode ter ocasionado o aumento das concentrações de CO associado à emissão deste poluente por veículos automotores.

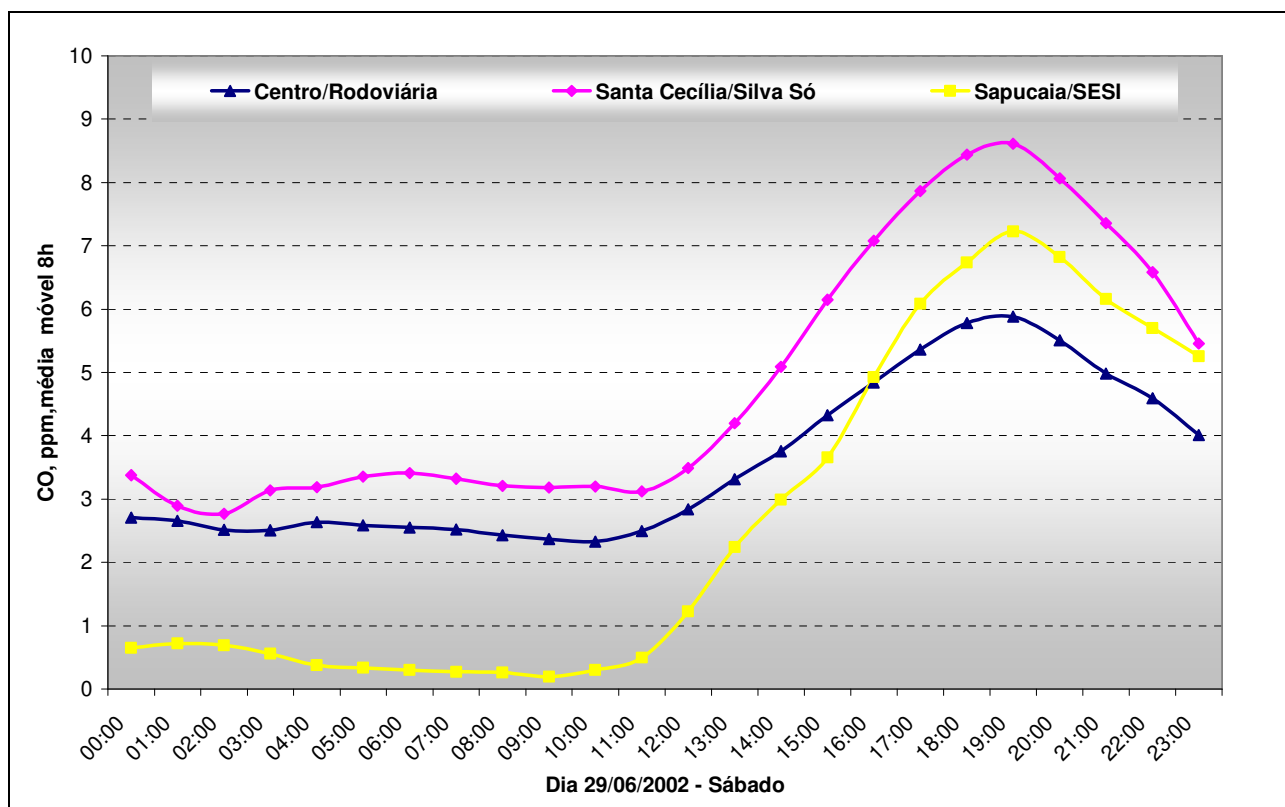


Figura 31: Perfil horário da concentração de CO para o dia 29/06/02, das estações Centro/Rodoviária, Santa Cecília/Silva Só e Sapucaia/SESI.

No período de 1996 a 1999, a FEPAM juntamente com a PETROBRAS, SMAM e UFRGS realizaram uma avaliação da qualidade do ar em três estações fixas de monitoramento automático da qualidade do ar nas localidades: Agronomia, Rodoviária e Nova Santa Rita. Foram analisadas as concentrações de NO_x , CO, SO_2 , O_3 , Material Particulado e PAN (peroxiacetilnitrato). Os resultados revelaram que a qualidade do ar pôde ser considerada Boa, apesar de Porto Alegre ser uma região urbana de intensa concentração de pessoas, veículos e indústrias. Para monóxido de carbono foram detectadas dezoito violações dos padrões de qualidade da média de 8 horas, e uma violação para a média horária (ocorrida no dia 09/07/1997). Comparando estes resultados do monitoramento com os de 2002 (Rede Ar do Sul/FEPAM), observa-se claramente uma melhora na qualidade do ar para monóxido de carbono, já que os padrões de qualidade do ar não foram ultrapassados em nenhuma estação. Apesar do aumento significativo do número de veículos ocorrido nestes três últimos anos, ocorreu o decréscimo deste poluente, fato diretamente relacionado às novas tecnologias na fabricação dos combustíveis e da frota veicular.

4.2.1.1.4 Dióxido de Nitrogênio (NO₂)

O NO₂ é monitorado somente em cinco estações, três em Porto Alegre (Centro/Rodoviária, Santa Cecília/Silva Só e Jardim Botânico/ ESEF), uma em Sapucaia e uma em Montenegro, área do Pólo Petroquímico do Sul.

Na Tabela 16 são apresentadas a média anual, a média horária máxima, o dia de ocorrência da média máxima, a disponibilidade dos dados gerados e a distribuição da classificação do IQAr, para cada estação. Observa-se que não houve ultrapassagem do padrão anual, 100 µg.m⁻³, em nenhum local monitorado.

Tabela 16: Concentrações médias anuais (µg.m⁻³), e distribuição das classificações do IQAr para NO₂, da Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar/Ar do Sul, para **2002**.

Estação	Média Anual	Máxima de 1 hora	Dia e Horário da Máxima de 1h	Disponibilidade (%)
Centro/Rodoviária	54,2	201	04/06/2002/11:00	67
Santa Cecília/Silva Só	80,2	226	13/11/2002/14:00	77
Jardim Botânico/ESEF	41,6	178	27/06/2002/13:00	83
Sapucaia/SESI	76,9	108	09/05/2002/21:00	5,5*
Montenegro/Polo Petroquímico	12,1	30,6	03/04/2002/12:00	13*
Distribuição das classificações do IQAr				
Estação	Boa	Regular	Inadequada	Má
Centro/Rodoviária	225	15	0	0
Santa Cecília/Silva Só	209	72	0	0
Jardim Botânico/ESEF	303	2	0	0
Sapucaia/SESI*	18	2	0	0
Montenegro/Polo Petroquímico*	48	0	0	0

*Não atendeu ao critério de representatividade

Na grande maioria foram observadas classificações de qualidade Boa. Episódios com classificação Regular foram mais freqüentes na estação Santa Cecília/Silva Só (72 episódios) e Centro/Rodoviária (15 episódios). Cabe ressaltar que ocorreram três ultrapassagens do padrão de qualidade secundário (190 µg.m⁻³), um episódio na estação Centro/Rodoviária (201 µg.m⁻³, dia 04/06) e dois na estação Santa Cecília/Silva Só (226 e 194 µg.m⁻³, dias 13/11 e 27/12, respectivamente), por serem locais que sofrem influência direta da combustão proveniente de veículos automotores, principais responsáveis pelas emissões de óxidos de nitrogênio. As condições meteorológicas nestes dias foram semelhantes, com céu claro, vento de fraco a calmo e uma camada de inversão térmica próxima à superfície (Figura 32). Estas condições

originam estagnação atmosférica, o que pode ser a explicação para o registro dos picos das concentrações de NO_2 nas estações citadas acima.

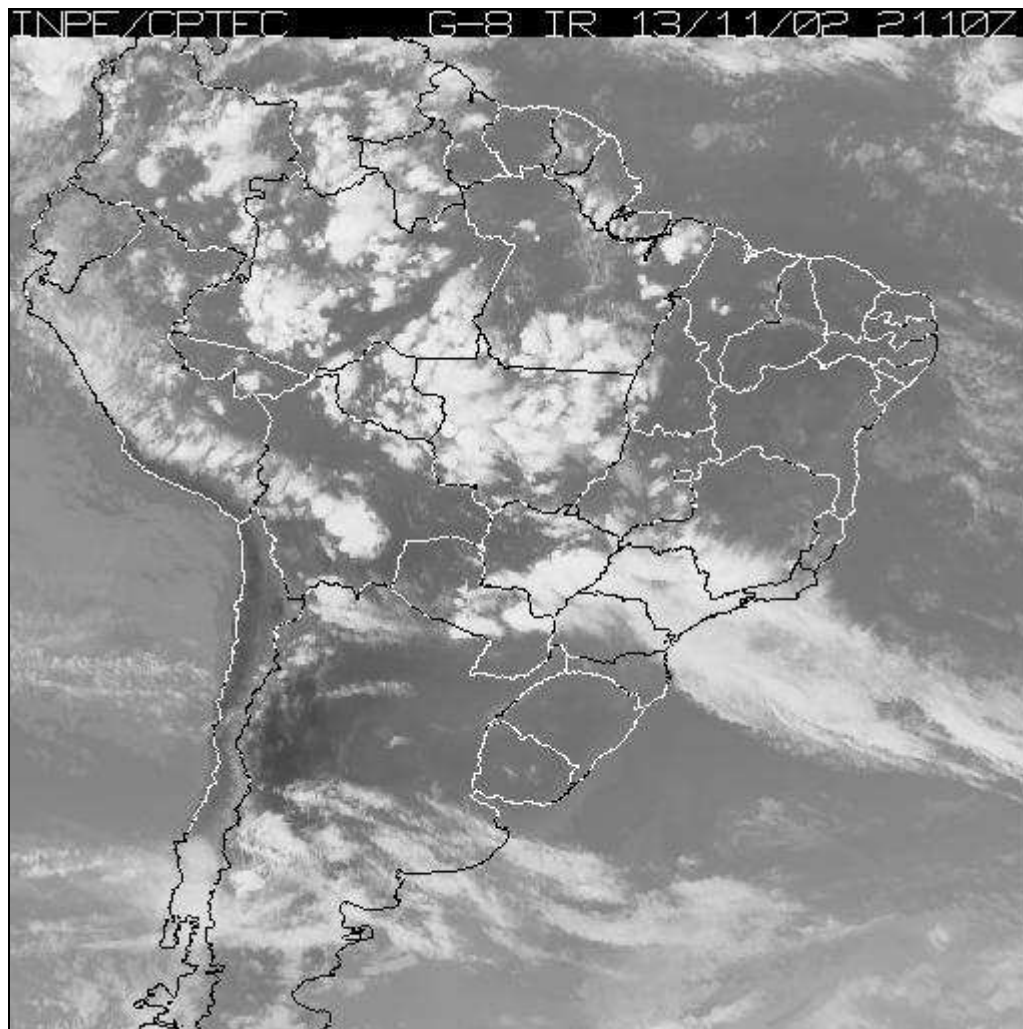


Figura 32: Imagem de satélite do dia 13/11/2002 (Fonte CPETEC).

A Figura 33 mostra o percentual de classificações do IQAr para NO_2 no ano de 2002. As estações Sapucaia/SESI e Montenegro/Pólo Petroquímico não atenderam ao critério de representatividade dos dados, pois os equipamentos operaram somente nos meses de março e maio (Montenegro/Pólo Petroquímico), junho e julho (Sapucaia/SESI), devido a problemas técnicos. Estas lacunas no banco de dados dificultaram a interpretação dos resultados para este poluente. Cabe ressaltar que a falta de representatividade pode ser causada por falha no sistema de transmissão dos dados, falta de energia elétrica e procedimentos de manutenção preventiva e corretiva, realizados periodicamente nos equipamentos.

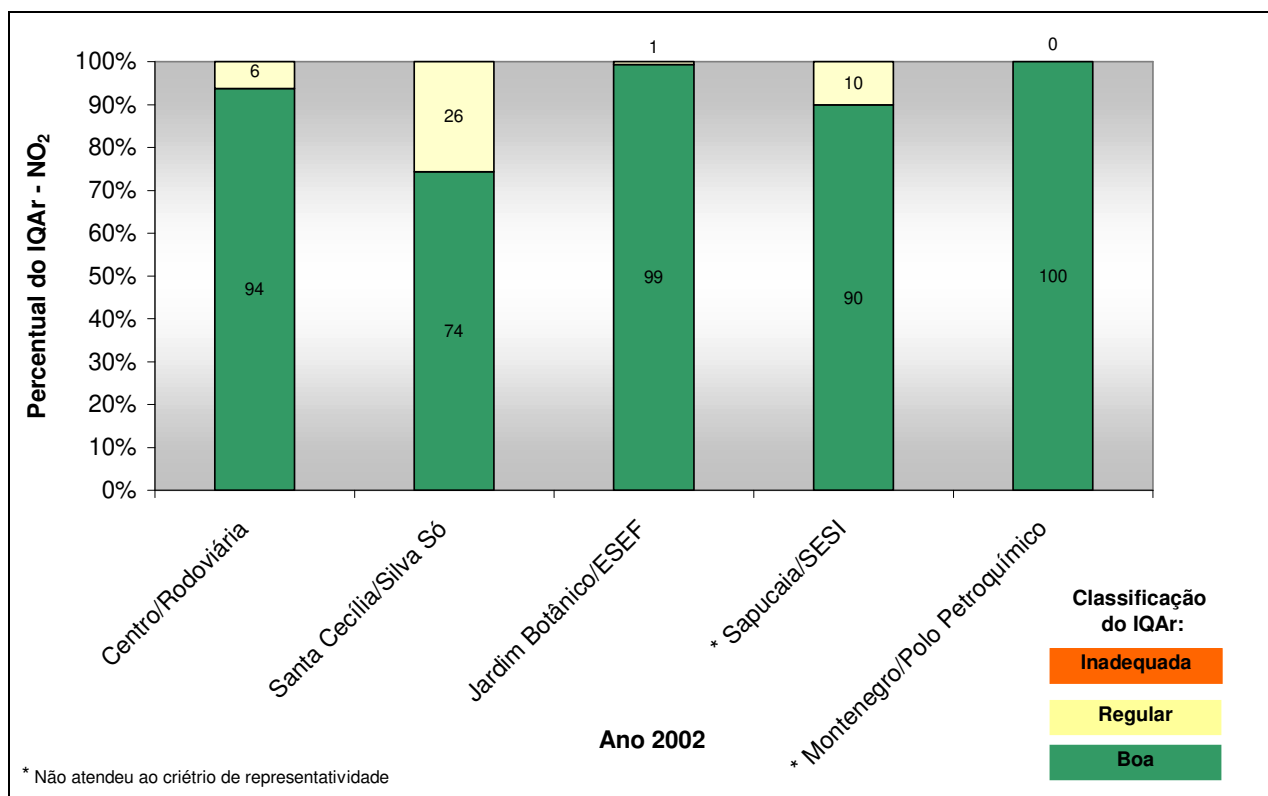


Figura 34: Percentual de classificação do Índice de Qualidade do Ar – NO₂, para 2002.

A Figura 34 mostra a distribuição dos episódios de qualidade Regular para dióxido de nitrogênio (NO₂). Os meses que apresentaram o maior número de episódios de qualidade Regular foram maio (24 episódios) e junho (16 episódios). Fevereiro foi o único mês em que não ocorreu classificação Regular para este poluente.

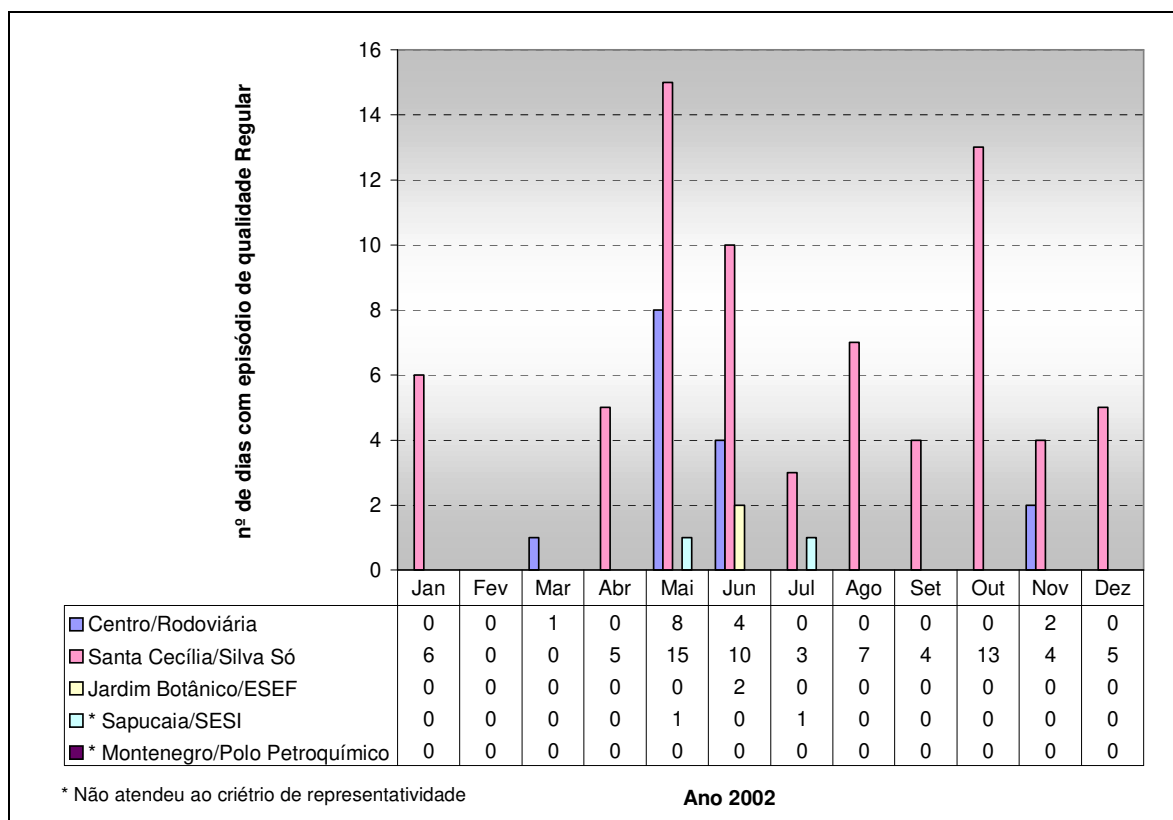


Figura 34: Número de episódios de qualidade Regular para Dióxido de Nitrogênio (NO_2), no período de janeiro a julho de 2002.

4.2.1.1.5 Ozônio (O_3)

Como dito anteriormente, o ozônio é classificado como um poluente secundário, não sendo emitido diretamente por uma fonte, mas sim formado pela influência de outros poluentes, chamadas precursoras, principalmente os óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos, com a incidência de radiação solar.

De acordo com a Tabela 17, observa-se que a concentração máxima de 1 hora para O_3 só foi ultrapassada em um episódio, dia 24/1 às 16 horas, na estação Montenegro/Pólo Petroquímico. No dia anterior, 23/1, houve a passagem de uma área de instabilidade, com chuvas e trovoadas, o que quer dizer que a atmosfera encontrava-se com poucas partículas e aerossóis. A intensidade do vento era moderada, o que provoca turbulência nos baixos níveis e a temperatura era alta, fatores de dispersão atmosférica. Considerando que no mês de janeiro a inclinação do sol é alta, e que o céu encontrava-se parcialmente nublado, conclui-se que houve grande incidência de radiação solar junto à superfície. Sabendo que o ozônio é um poluente secundário, que necessita dos poluentes primários, luz solar (ultravioleta

banda A) e calor, pode-se concluir que esse pico de concentração está associado a atividades industriais do Pólo Petroquímico.

Nas outras estações, os maiores valores foram verificados nos meses de janeiro, setembro e novembro. A disponibilidade dos dados foi satisfatória, em torno de 90%. As concentrações mais elevadas de ozônio foram observadas no período de primavera-verão, podendo ser considerado como referência para avaliar a qualidade do ar nestas estações do ano.

Tabela 17: Resultados do monitoramento e distribuição das classificações do IQAr para O₃, da Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar/Ar do Sul, para 2002.

Estação	Máxima de 1 hora	Dia e Horário da Máxima de 1 hora	Disponibilidade (%)	Nº de ultrapassagem dos Padrões de Qualidade
Centro/Rodoviária	32,9	25/09/2002/16:00	91	0
Santa Cecília/Silva Só	113	13/11/2002/15:00	97	0
Jardim Botânico/ESEF	154	13/11/2002/15:00	89	0
Canoas/V COMAR	145	30/01/2002/17:00	91	0
Sapucaia/SESI	149	26/09/2002/14:00	92	0
Montenegro/Polo Petroquímico	164	24/01/2002/16:00	93	1
Distribuição das classificações do IQAr				
	Boa	Regular	Inadequada	Má
Centro/Rodoviária	333	0	0	0
Santa Cecília/Silva Só	342	11	0	0
Jardim Botânico/ESEF	301	25	0	0
Canoas/V COMAR	317	17	0	0
Sapucaia/SESI	282	46	0	0
Montenegro/Polo Petroquímico	267	67	1	0

A Figura 35 mostra o percentual de classificações do IQAr nas seis estações onde o ozônio é monitorado. Na maioria dos dias a qualidade do ar foi Boa para este poluente; a classificação Regular foi atingida mais vezes na estação Montenegro/Pólo Petroquímico (20%), seguida da estação Sapucaia/SESI (14%).

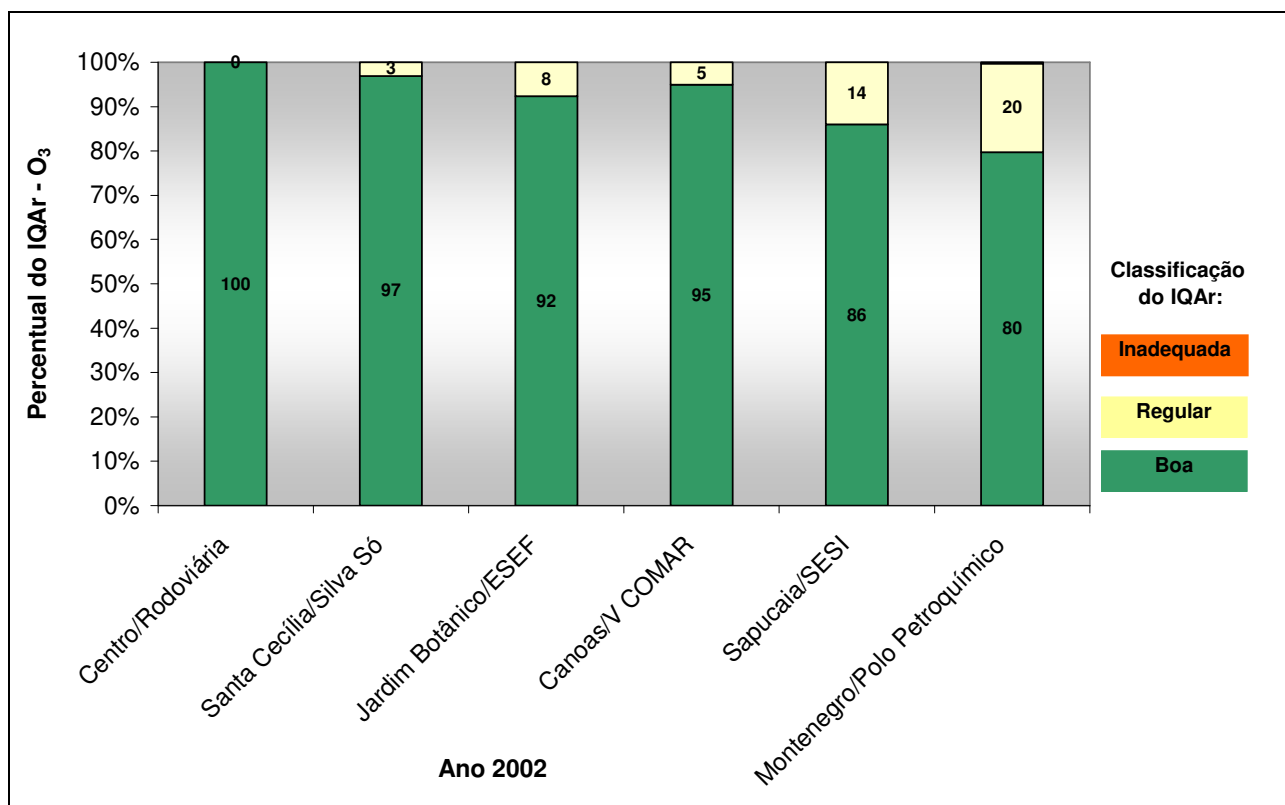


Figura 35: Ozônio, número de episódios com qualidade do ar Regular para o ano de 2002.

A distribuição mensal dos episódios de O_3 que ultrapassaram uma concentração de $80 \mu\text{g.m}^{-3}$, classificação Regular, para 2002 é mostrada na Figura 36. Verifica-se que nos meses de junho e julho, época em que ocorre um menor ângulo de incidência de radiação solar, não foi constatado nenhum episódio que ultrapassasse essa concentração. Já no período da primavera-verão, quando o ângulo de incidência da radiação solar é maior, as concentrações observadas foram mais elevadas.

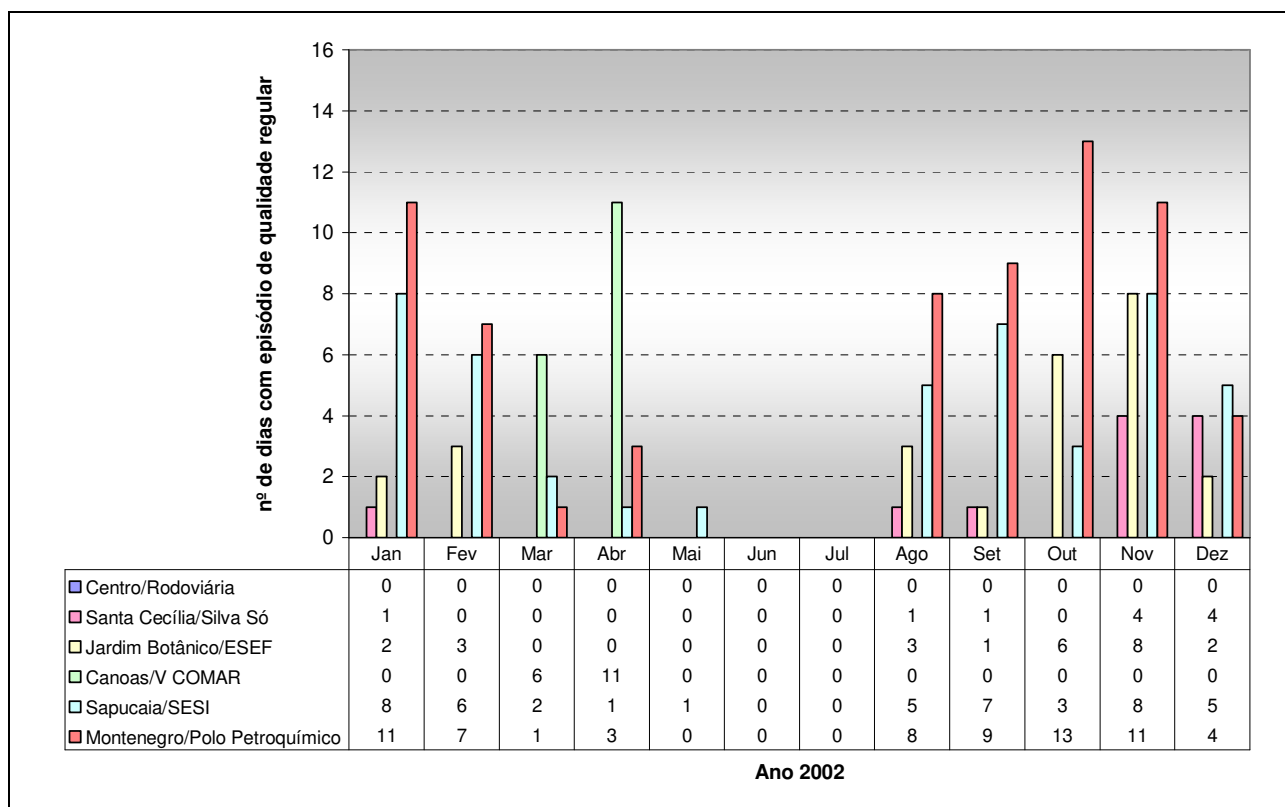


Figura 36: Variação mensal dos episódios de qualidade regular para Ozônio, ano 2002.

4.2.1.1.6 Avaliação dos Episódios de Qualidade Regular

Através da Figura 37 é possível observar o percentual relativo de cada poluente nos episódios de qualidade do ar Regular para o período 2002. O ozônio foi o responsável por 40% dos episódios, seguido pelo PI, com 31%, NO₂ 22%, CO com 6% e SO₂, como esperado, somente com 1%.

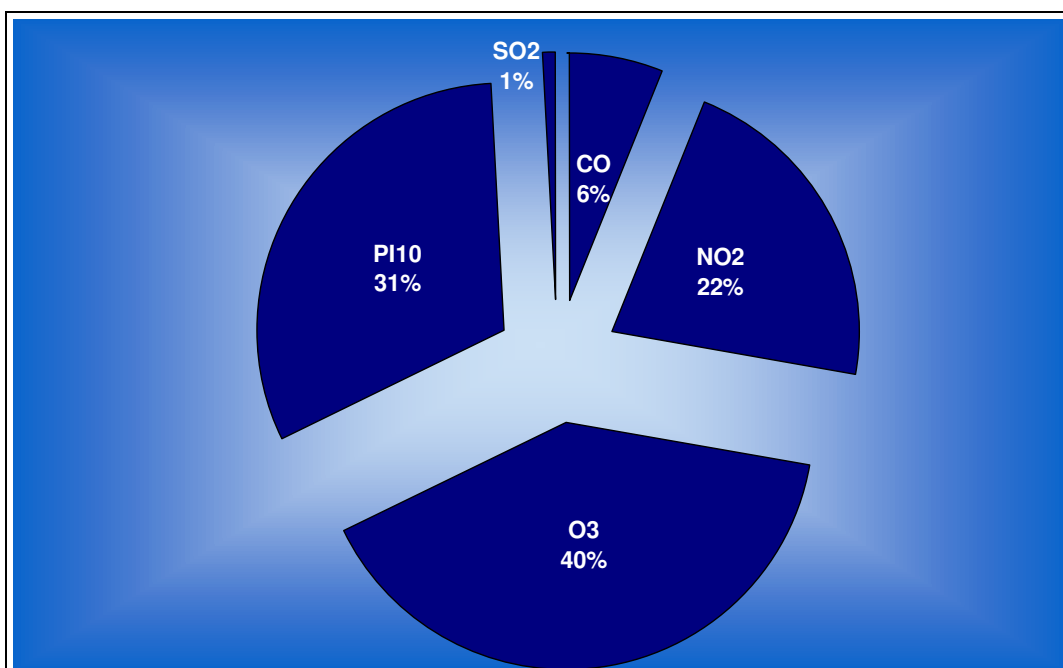


Figura 37: Percentual relativo de cada poluente nos episódios de qualidade Regular, ano 2002.

O percentual das estações de monitoramento quanto aos episódios de qualidade do ar Regular podem ser observados na Figura 38. Verifica-se que as estações Santa Cecília/Silva Só, Centro/Rodoviária, Sapucaia/SESI e Montenegro/Pólo Petroquímico somam 79% dos episódios de qualidade Regular. Estes episódios estão associados ao intenso tráfego de veículos próximos às estações Santa Cecília/Silva Só e Centro/Rodoviária, sendo o NO₂ e o PI₁₀ responsável por mais de 65% dos episódios, respectivamente. Na estação Sapucaia/SESI há influência de fontes industriais, como por exemplo, indústrias siderúrgica, têxtil e petroquímica, localizadas próximas a estação de monitoramento, onde o O₃ foi responsável por 55% dos episódios e 36% por PI₁₀. Para a estação Montenegro/Pólo Petroquímico os episódios de qualidade Regular, 67 episódios referem-se somente ao ozônio (Tabela 17), com um único episódio de ultrapassagem do padrão de qualidade, 164 µg.m⁻³, no dia 24/02/2002. Provavelmente este fato relaciona-se à presença de atividades industriais, petroquímicas, características desta região, como já mencionado anteriormente. Na estação Jardim Botânico/ESEF o O₃ foi responsável por 92% dos episódios de qualidade Regular, e em Canoas/V COMAR por 63%. Já na estação Caxias/São José, como são monitorados somente dois poluentes, SO₂ e PI₁₀, os episódios de qualidade Regular concentraram-se no PI₁₀.

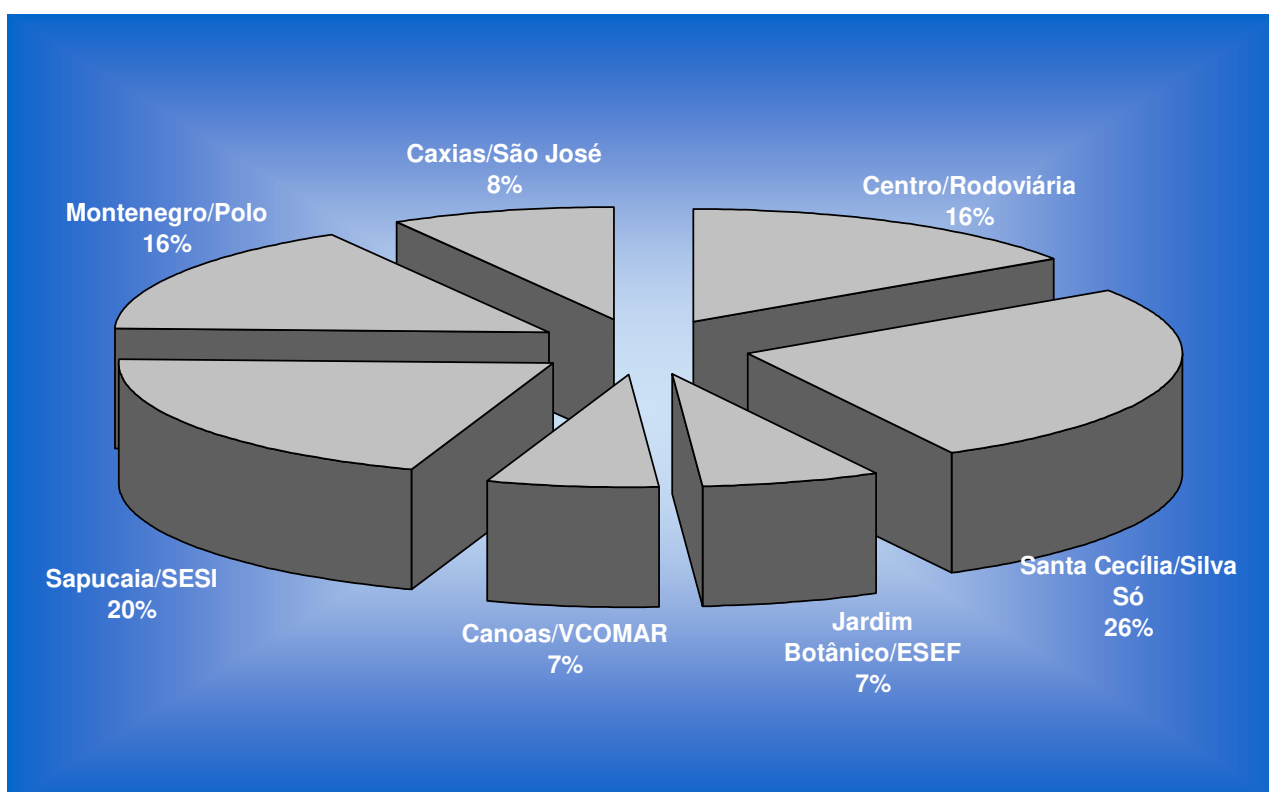


Figura 38: Percentual de cada estação com qualidade Regular para 2002.

4.2.2 Estação Móvel

A rede de monitoramento da qualidade do ar, Ar do Sul, é complementada por uma estação automática móvel (trailer) que permite monitorar áreas de interesse não contempladas pelas estações fixas. Uma outra abordagem que se faz necessária na utilização da Estação Automática Móvel é o monitoramento de áreas de proteção e preservação ambiental, ou áreas ainda não alteradas por poluição atmosférica, sendo um dos objetivos estabelecer parâmetros referenciais que permitam subsidiar uma gestão preservadora.

Para a localização da estação automática móvel foram seguidos alguns critérios como: tipologias industriais; concentração urbana compacta; frota de veículos; locais com ocorrência de registros de poluição atmosférica (denúncias da população); áreas de proteção e de preservação ambiental. Critérios técnicos e logísticos, tais como: distância máxima permitida de obstáculos (aproximadamente duas vezes o tamanho do obstáculo); condições de dispersão locais (direção predominante do vento); topografia, uso do solo, número de edificações, tipo de via de escoamento de tráfego (pavimentada ou não), influência das fontes potenciais de emissões,

distribuição espacial da contaminação, focos de poluição, segurança, fornecimento de energia elétrica e telefonia. Foram monitorados três locais em 2002, um em Porto Alegre e dois no município de Rio Grande, como mostra a Tabela 18.

Tabela 18 : Localização da estação automática móvel em 2002.

Município	Estação	Coordenadas Geográficas (UTM)	Dias Monitorados
Porto Alegre	Sarandi/FIERGS	489065 6683610	100
Rio Grande	Rio Grande/Museu Oceanográfico	396567 6455633	122
	Rio Grande/CEEE	397042 6453736	138

Os resultados do monitoramento da qualidade do ar realizado pela estação móvel são apresentados nos itens a seguir. A disponibilidade dos dados é apresentada proporcionalmente para o período de amostragem de cada ponto. Cabe ressaltar que este segue o critério de representatividade dos dados sugerido no item 3.2.3 do capítulo 3.

4.2.2.1 Monitoramento em Porto Alegre - 2002

A Tabela 19 registra as concentrações dos poluentes (SO_2 , PI_{10} , CO , NO_2 e O_3), média diária e máxima, o dia de ocorrência e a disponibilidade dos dados coletados no ponto Sarandi/FIRGS, em Porto Alegre. A disponibilidade de dados para o período, nesta estação, não foi representativo, este fato esteve relacionado a problemas de comunicação dos dados.

Tabela 19: Concentrações médias e máximas anuais ($\mu\text{g.m}^{-3}$) para SO_2 , PI_{10} , NO_2 , O_3 e CO (ppm) da estação móvel, Sarandi/FIERGS, em Porto Alegre, para 2002.

Poluente	Média de 24 horas	Máximas de 24 horas	Dia da Máxima Média de 24 horas	Disponibilidade %
SO_2	19,3	60,1	03/03/2002	52*
PI_{10}	34,7	82,8	11/02/2002	56*
	Média de 1 hora	Máxima de 1 hora	Dia da Máxima de 1 hora	Disponibilidade %
NO_2	34,5	104	08/02/2002	43*
	Máxima de 1 hora		Dia da Máxima de 1 hora	Disponibilidade %
O_3	65,2		12/03/2002	56*
	Média das Máximas Médias Móveis de 8 horas	Máxima Média Móvel (8 horas)	Dia Máxima Média Móvel (8 horas)	Disponibilidade %
CO , ppm	1,51	2,49	08/03/2002	54*

*Não atendeu ao critério de representatividade.

As concentrações máximas diárias, no período amostrado, para SO_2 revelou um não comprometimento deste poluente, pois este manteve-se abaixo do padrão de qualidade de curto período, 24 horas, (100 e $365 \mu\text{g.m}^{-3}$). Sendo assim, não foi observado nenhum episódio de qualidade do ar Regular. Comportamento semelhante foi registrado para o NO_2 , porém com uma exceção no dia 08/02, onde o valor máximo registrado foi de $104 \mu\text{g.m}^{-3}$, ocasionando um episódio de qualidade Regular, como mostra a Tabela 19. Para PI_{10} os padrões de curto período também não foram ultrapassados no período amostrado, apesar da ocorrência de oito episódios de qualidade Regular (Figura 31). Esta estação foi localizada em uma área de intenso tráfego de veículos automotores, uma das principais fontes antropogênicas deste poluente. Este comportamento foi semelhante para CO . Os valores máximos registrados para O_3 , como esperado, foram baixos, com uma máxima de $65,2 \mu\text{g.m}^{-3}$ no dia 12/03/2002, menos da metade do padrão de qualidade ($160 \mu\text{g.m}^{-3}$). Apesar do monitoramento tenha sido realizado no verão, quando são esperadas concentrações mais elevadas de O_3 , este fato não ocorreu, demonstrando, mais uma vez, que as estações de monitoramento da qualidade do ar, localizadas muito próximas a vias de intenso tráfego veicular, registram concentrações menores de O_3 ao serem comparadas a outros locais sem este tipo de influência.

A Figura 39 mostra os oito episódios de qualidade Regular registrados para PI_{10} na estação Sarandi/FIERGS, com maior ocorrência nos meses de fevereiro e março.

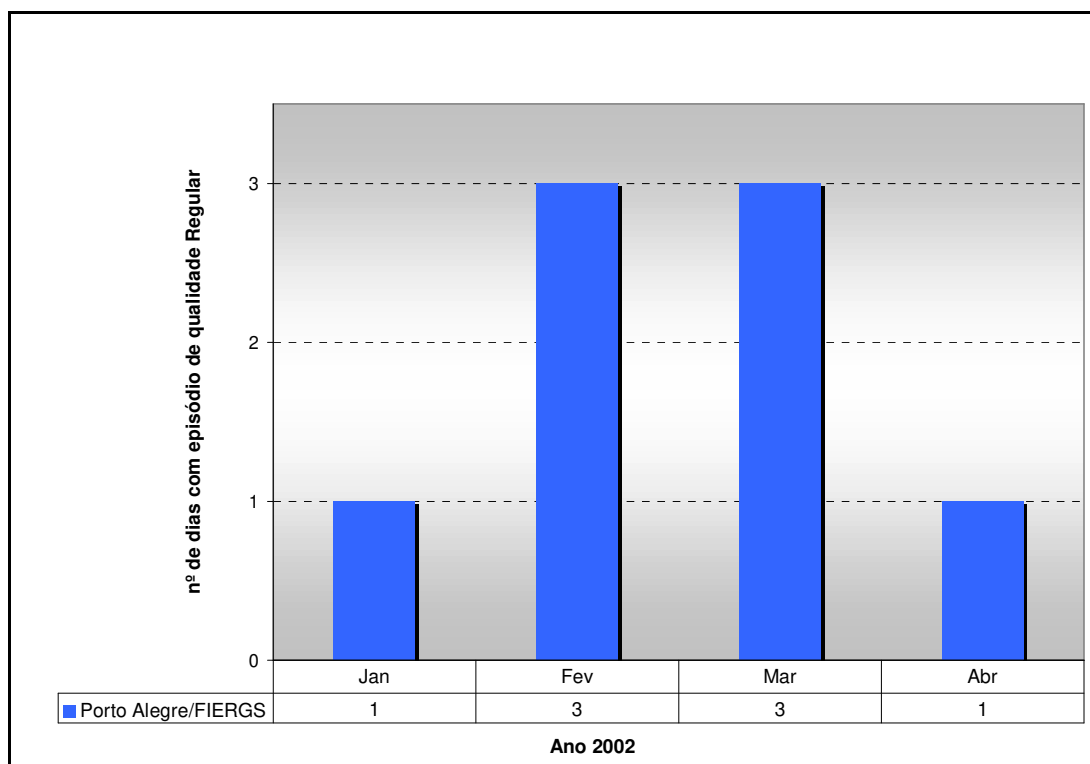


Figura 39: Número de dias com qualidade Regular para PI_{10} , estação Sarandi/FIERGS, Porto Alegre, de janeiro a abril de 2002.

4.2.2.2 Monitoramento em Rio Grande - 2002

Os resultados do monitoramento realizado pela estação móvel em Rio Grande, nos locais denominados Rio Grande /Museu Oceanográfico e Rio Grande/CEEE, são apresentados na Tabela 20.

Tabela 20: Concentrações médias e máximas anuais ($\mu\text{g.m}^{-3}$) para SO_2 , PI_{10} , NO_2 , O_3 e CO (ppm) da estação móvel, Rio Grande/Museu Oceanográfico e Rio Grande/CEEE, em Rio Grande, para 2002.

Estação	Poluente	Média de 24 horas	Máximas de 24 horas	Dia da Máxima Média de 24 horas	Disponibilidade %
Rio Grande/Museu Oceanográfico	SO_2	9,14	21,9	04/07/2002	91
Rio Grande/CEEE		5,75	16,8	19/12/2002	54*
Rio Grande/Museu Oceanográfico	PI_{10}	11,1	35,1	02/08/2002	100
Rio Grande/CEEE		20,8	49,1	09/12/2002	98
		Média de 1 hora	Máxima de 1 hora	Dia da Máxima de 1 hora	Disponibilidade %
Rio Grande/Museu Oceanográfico	NO_2	24,5	61,1	14/06/2002	97

Rio Grande/CEEE		25,5	74,3	06/12/2002	98
		Máxima de 1 hora		Dia da Máxima de 1 hora	Disponibilidade %
Rio Grande/Museu Oceanográfico	O ₃	65,2		28/06/2002	100
Rio Grande/CEEE		107,3		25/08/2002	98
		Média das Máximas Médias Móveis de 8 horas	Máxima Média Móvel (8 horas)	Dia Máxima Média Móvel (8 horas)	Disponibilidade %
Rio Grande/Museu Oceanográfico	CO, ppm	1,06		14/06/2002	100
Rio Grande/CEEE		1,21		12/10/2002	96

*Não atendeu ao critério de representatividade.

Observa-se, através da Tabela 20, que o monitoramento realizado pela estação móvel, nos dois locais, Rio Grande/Museu Oceanográfico e Rio Grande/CEEE não apresentou comprometimento da qualidade do ar, onde na grande maioria foi observada classificação Boa. Alguns episódios de qualidade Regular foram registrados (13 no total), mas somente para O₃, cuja ocorrência foi maior na estação Rio Grande/CEEE, com 11 episódios (Figura 40). Isto pode ser explicado porque o período de monitoramento nesta estação foi na primavera, onde se esperavam maiores concentrações de ozônio.

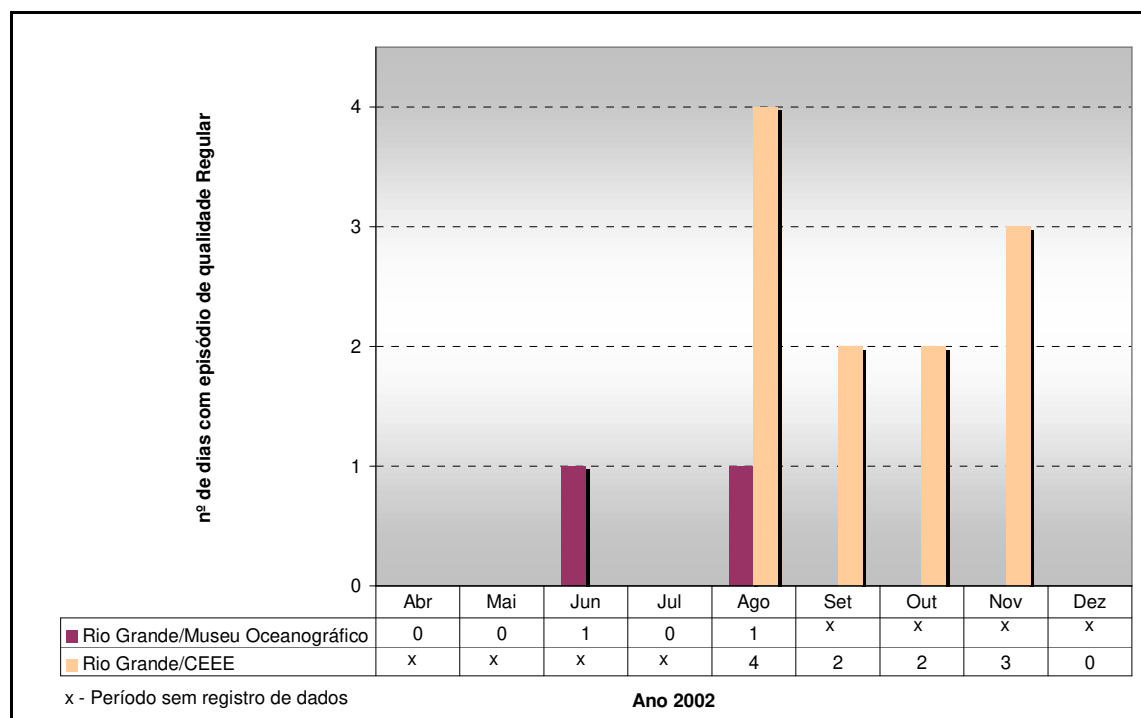


Figura 39: Número de dias com episódio regular para O₃ em Rio Grande, Rio Grande/Museu Oceanográfico e Rio Grande/CEEE, em 2002, estação móvel.

Observou-se também que as máximas concentrações dos poluentes monitorados foram registradas na estação Rio Grande/CEEE, isto pode ser devido ao fato desta estação estar localizada próximo ao Distrito Industrial de Rio Grande, que conta com indústrias de fertilizantes e uma refinaria. Então, sob determinadas condições climáticas (vento calmo de oeste/sudoeste, inversão térmica, etc.) podem ser detectadas concentrações de poluentes mais elevadas das comumente registradas.

Desta forma podemos constatar que os padrões de qualidade do ar não foram ultrapassados em nenhum momento nos pontos monitorados pela estação móvel, ocorrendo somente vinte e dois episódios de qualidade Regular: um para NO_2 (Sarandi/FIERGS), oito para PM_{10} (Sarandi/FIERGS) e treze para O_3 (Rio Grande/Museu Oceanográfico – dois; Rio Grande/CEEE – onze), mesmo no inverno, onde a incidência de radiação solar é menor.

4 CONCLUSÕES

Pela análise dos resultados apresentados pela Rede de Monitoramento Manual, pode-se concluir que tanto para o ano de 2001 como 2002, nos locais monitorados, a qualidade do ar foi Boa para o poluente dióxido de enxofre, pois os padrões de qualidade do ar para este poluente, não foram violados a curto e a longo prazo, em nenhuma das estações monitoradas. Na maioria delas, as concentrações médias anuais e concentrações diárias deste parâmetro apresentaram-se inferiores ao limite de detecção dos analisadores (< L.D.).

Observando a evolução das médias anuais para SO_2 verifica-se um decréscimo acentuado nas concentrações desse poluente, principalmente a partir de 1997, confirmando uma forte tendência de queda que coincide com o avanço no controle exercido sobre as fontes emissoras e sobre o teor de enxofre nos combustíveis de petróleo, especialmente do diesel metropolitano.

Não foi observada situação semelhante para partículas totais em suspensão cujo padrão secundário foi ultrapassado tanto em 2001 como em 2002, com episódios de qualidade Regular, possivelmente associado a passagens de frentes frias, ventos fracos e inversão térmica, que provocaram acúmulo de material particulado. Este material seguramente foi proveniente da atividade veicular, como no caso das estações localizadas em Porto Alegre, especialmente na estação São Geraldo/Benjamin e de atividades industriais como no caso das localizadas em Estância Velha, Rio Grande/Rádio Cassino e Charqueadas/CORSAN.

Observa-se, a partir do levantamento dos dados da Rede de Monitoramento Automático da Qualidade do Ar, para os locais monitorados, uma tendência sazonal para alguns poluentes. Como era esperado, para ozônio a qualidade do ar Regular ocorreu no primavera-verão. Para o monóxido de carbono foi observada qualidade Regular, principalmente, no inverno, e nas estações que sofrem influência direta do tráfego veicular intenso, por exemplo, estação Santa Cecília/Silva Só e Centro/Rodoviária. Este comportamento também foi observado para partículas inaláveis onde, além de episódios de qualidade Regular foram verificados dois episódios com qualidade do ar Inadequada (ultrapassagem do padrão de qualidade de curto período (média de 24 horas) que é de $150\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), ocorridos nas estações Centro / Rodoviária ($182\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) e Jardim Botânico / ESEF ($158\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Quanto ao NO_2 , observou-se uma predominância da qualidade Regular para os meses de maio e junho. Cabe lembrar que o monitoramento de NO_2 apresentou muitas lacunas devido a problema de reposição de peças, prejudicando desta forma a análise dos dados. Para SO_2 , inexistem ultrapassagens da qualidade Boa para 2002.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Atlas Eólico: RIO GRANDE DO SUL / ELABORADO POR ODILON A. CAMARGO... [ET AL.] E EDITADO PELA SECRETARIA DE ENERGIA, MINAS E COMUNICAÇÕES. PORTO ALEGRE: SEMC, 70 P. 2002.

BRAGA, C. F. *ESTUDO DOS COMPOSTOS INORGÂNICOS EM PARTÍCULAS ATMOSFÉRICAS DA REGIÃO DE CANDIOTA - RS UTILIZANDO A TÉCNICA PIXE*. DISSERTAÇÃO (MESTRADO EM ENGENHARIA) – PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA, PUCRS, PORTO ALEGRE, 2002.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Relatórios Ambientais: Qualidade do Ar no Estado de São Paulo – 2001*. 123 p. 2001.

FREITAS; C.U.; PEREIRA, L.A.A. E SALDIVA, P.H.N. Vigilância dos efeitos na saúde decorrentes da poluição atmosférica: Estudos de factibilidade. *in CVE 15 anos*. Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo - Centro de Vigilância Epidemiológica (CVE) "Prof. Alexandre Vranjac". Março/2002, São Paulo. <http://www.ultimaarcadenoe.com.br/clima.htm>

LACAVA, C.. *Relatório de Consultoria: Interpretação dos dados de qualidade do ar com vistas à criação de um índice de qualidade do ar e estruturação de um boletim para divulgação*. 2000.

Ramis, M. E. S. *RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO VI (ENG 07799) UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - ESCOLA DE ENGENHARIA - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA – MARÇO 2002, PORTO ALEGRE*.

Resoluções CONAMA - 03/90 - Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR - Data da legislação: 28/06/1990 - Publicação DOU: 22/08/1990 <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res0390.html>

SANCHEZ, J.C.D; TEIXEIRA, E.C.; ISAIA, T.; VECCHIO, G.; PESTANA, M.H.D.; FORMOSO, M.L.L. Estudo de partículas totais em suspensão e metais associados na região do Baixo Jacuí, R.S. *In: V Congresso Brasileiro de Geoquímica e III Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa, Niterói, Proceedings*. 5p. 1995.

SARAIVA, J.M.B. Previsão do tempo na região sul: efeitos locais e influência da liberação de calor latente, *tese de doutorado USP*, 200 p. 1996.

TEIXEIRA, E.C. *Avaliação da poluição hídrica e atmosférica em áreas de mineração e utilização de carvão do Baixo Jacuí, R.S*. Relatório Final Projeto FINEP/PADCT-GTM, convênio nº 65.93.0322.00. Parte IV: Avaliação da poluição Atmosférica, 90p. 1998.

315/2002 - Dispõe sobre a nova etapa do Programa de Controle de Emissões Veiculares-PROCONVE - Data da legislação: 29/10/2002 - Publicação DOU: 20/11/2002 - <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res31502.html>

ANEXO


Tabela A - Médias Aritméticas, $\mu\text{g.m}^{-3}$, das Concentrações de Dióxido de Enxofre - Método do Peróxido de Hidrogênio (uma amostragem de 24 h a cada seis dias).

ESTAÇÃO	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Jardim Botânico/8º DISME	17	16	20	18	12	7	5	5	4	<LD
Anchieta/CEASA	16	22	28	31	25	6	<LD	<LD	<LD	<LD
São Geraldo/Benjamin		49	49	40	32	24	15	10	7	
Porto Alegre/CEEE		9	9	5						
Charqueadas/CORSAN							15	18	12	14
Montenegro/Parque Centenário		15	18	30	16	23	11	<LD	<LD	<LD
Triunfo/Polo Petroquímico		9	10	13		7	5	4	<LD	<LD
Estância Velha/Hospital Getúlio Vargas		9	18	37	20	4	<LD	<LD	<LD	<LD
Caxias do Sul/ Centro Administrativo		13	14	23	21	8		<LD	<LD	<LD
Rio Grande/CEEE		17			18	22		9	9	6
Rio Grande/Praça Montevideu		13			6	13		5	<LD	<LD
Rio Grande/CORSAN		<LD			<LD	5		<LD	<LD	10
Rio Grande/Rádio Cassino								<LD	<LD	<LD
Aceguá/Quarentenário		<LD	6	20	11	8				

Período não amostrado

*Não atende aos critérios de representatividade

L.D – Limite de detecção, $4 \mu\text{g.m}^{-3}$

 Ultrapassou a média aritmética anual do padrão primário

 Ultrapassou a média aritmética anual do padrão secundário

Tabela B - Médias Geométricas, $\mu\text{g.m}^{-3}$, das Concentrações de Partículas Totais em Suspensão - (uma amostragem de 24 h a cada seis dias)

Estação	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Jardim Botânico/8º DISME	36	36	42	34	35	30	34	37	32	
Anchieta/CEASA	52	65	64	72	64	54	57	56	67	
São Geraldo/Benjamin		117	125	105	111	106	105	111	103	
Porto Alegre/CEEE		58	76	66						
Charqueadas/CORSAN							68	76	63	
Montenegro/Parque Centenário		35	32	35	34	33	38	36	38	44
Triunfo/Polo Petroquímico		26	29	33		29	34	23	27	26
Estância Velha/Hospital Getúlio Vargas		64	51	60	60	45	54	54	54	54
Caxias do Sul/ Centro Administrativo		45	36	40	32	32	35	30	35	35
Rio Grande/CEEE		41			54	43	51	51	46	47
Rio Grande/Praça Montevideo		43			49	39	43	35	38	39
Rio Grande/CORSAN		47			50	43	54	48	40	45
Rio Grande/Rádio Cassino								52	29	38
Aceguá/Quarentenário		17	20	13	14	10	15			

Período não amostrado

*Não atende aos critérios de representatividade

 Ultrapassou a média aritmética anual do padrão primário


 Ultrapassou a média aritmética anual do padrão secundário

Tabela C : Médias Aritméticas, $\mu\text{g.m}^{-3}$, das Concentrações de Partículas Inaláveis
(uma amostragem de 24 h a cada seis dias)

Estação	2002
Jardim Botânico/8º DISME	29
Anchieta/CEASA	39
Charqueadas/CORSAN	42
Triunfo/Polo Petroquímico*	26

* Não atende aos critérios de representatividade

Tabela D: Localização das estações de monitoramento da qualidade do ar da Rede Manual.

Municípios	Estação	Coordenas Geográficas UTM	Localização	Parâmetros Monitorados
Porto Alegre	Jardim Botânico/8º DISME	482729 6675003	Junto à Estação Meteorológica do 8º Distrito de Meteorologia do INMET	PTS ² , PI ₁₀ e SO ₂
	Anchieta/CEASA	483682 6682545	Centrais de Abastecimentos do RS, Av. das Indústrias	PTS ² , PI ₁₀ e SO ₂
	São João/Benjamin Constant ¹	481275 6679925	Na rótula das Avs. Benjamin Constant com D. Pedro II	PTS e SO ₂
Charqueadas	Charqueadas/CORSAN	433289 6682698	Junto à estação da CORSAN	PTS ² , PI ₁₀ e SO ₂
Estância Velha	Estância Velha/Hospital Getúlio Vargas	483030 6720170	Ao lado da Casa Mortuária e nos fundos do Hospital Getúlio Vargas	PTS e SO ₂
Triunfo	Triunfo/Polo Petroquímico	459902 6700366	Junto ao SINE, no III Pólo Petroquímico	PTS ² , PI ₁₀ e SO ₂
Montenegro	Montenegro/Parque Centenário	455991 6717601	Parque Centenário	PTS e SO ₂
Caxias do Sul	Caxias do Sul/ Centro Administrativo	481277 6775707	Junto ao Centro Administrativo Municipal	PTS e SO ₂
Rio Grande	Rio Grande/CEEE	397042 6453736	Junto à Estação de Rebaixamento de Tensão da CEEE	PTS e SO ₂
	Rio Grande/Praça Montevideu	395958 6454495	Praça Montevideu, no centro da cidade	PTS e SO ₂
	Rio Grande/CORSAN	399888 6452348	Junto à Estação da CORSAN, na Vila Hidráulica	PTS e SO ₂
	Rio Grande/Rádio Cassino	397049 6452064	Junto às antenas da Rádio Cassino	PTS e SO ₂

1 Desativada em Julho de 2001

2 Substituído por PI₁₀ a partir de Agosto/2001

Tabela E : Localização das estações de monitoramento da qualidade do ar da Rede Automática /Ar do Sul.

Municípios	Estação	Coordenas Geográficas UTM	Localização	Parâmetros Monitorados
Porto Alegre	Centro/Rodoviária	478827 6678554	Largo Edgar Koëtz, em frente a rodoviária de Porto Alegre, Bairro Centro.	PI ₁₀ , SO ₂ , CO, O ₃ , NO _x
	Santa Cecília/Silva Só	480422 6676697	Junto a Escola de Bombeiros de POA, Av. Silva Só, 340, Bairro Santana.	PI ₁₀ , SO ₂ , CO, O ₃ , NO _x
	Jardim Botânico/ESEF	482509 6675821	Junto a Escola de Educação Física da UFRGS, rua Felizardo, 750, Bairro Jardim Botânico.	PI ₁₀ , SO ₂ , CO, O ₃ , NO _x
Canoas	Canoas/V COMAR	482455 6688924	Junto ao V COMAR, Av. Guilherme Schell nº 3950	PI ₁₀ , SO ₂ , O ₃
Sapucaia do Sul	Sapucaia/SESI	484616 6701358	Junto ao SESI, Rua Lúcio Bittencourt, 1080, Bairro Piratini.	PI ₁₀ , SO ₂ , CO, O ₃ , NO _x
Triunfo	Montenegro/Pólo Petroquímico	459947 6701010	Junto ao 2º Pelotão da Brigada Militar na área do Polo Petroquímico	PI ₁₀ , SO ₂ , CO, O ₃ , NO _x
Caxias do Sul	Caxias/São José	481255 6775703	Junto ao SENAI, Rua Luiz Fachin, 620, Bairro São José.	PI ₁₀ , SO ₂
Porto Alegre	Sarandi/FIERGS	489065 6683610	Junto a FIERGS, Av. Assis Brasil, 8787, Bairro Sarandi.	PI ₁₀ , SO ₂ , CO, O ₃ , NO _x
Rio Grande	Rio Grande/Museu Oceanográfico	396567 6455633	Junto ao Museu Oceanográfico de Rio Grande.	
	Rio Grande/CEEE	397042 6453736	Junto à Estação de Rebaixamento de Tensão da CEEE.	