



Relatório

Qualidade do Ar

na Região Metropolitana de Curitiba

Ano de 2002



Convênio



Instituto de Tecnologia
Para o Desenvolvimento

Apoio



Prefeitura do Município de Araucária
Secretaria Municipal de Meio Ambiente

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ

Governador do Estado do Paraná

Roberto Requião

Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMA

Luiz Eduardo Cheida

Instituto Ambiental do Paraná - IAP

Lindsley da Silva Rasca Rodrigues

Coordenadoria de Recursos Hídricos e Atmosféricos

Tânia Lúcia Graf de Miranda

Diretoria de Estudos e Padrões Ambientais

Celso Augusto Bittencourt

Departamento de Tecnologia Ambiental

Maria da Graça Branco Patza

Consultor Técnico

Dr. Andreas Grauer

Fotos da capa:

esquerdo: Equipamento para medição de Partículas Totais em Suspensão na Estação manual de monitoramento de Qualidade do Ar - Santa Casa - Curitiba

direito: Estação automática de monitoramento de Qualidade do Ar - Praça Ouvidor Pardinho - Curitiba

EQUIPE TÉCNICA

Elaboração

Eng. Químico: Dr. Andreas Grauer- IAP

Química: Aimara Tavares Puglielli - IAP

Analistas

Técnico Químico: Ademir da Silva - IAP

Química: Aimara Tavares Puglielli - IAP

Amostradores

Geraldo F. da Silva- IAP

Gerolino V. Sales- IAP

João Batista Maia - IAP

João Maria de Souza Lima- IAP

Nelson Budel- IAP

Renato Andrade- IAP

Renato Ossoski

Rubens H. Castro- IAP

Operação das estações automáticas

Químico: Eliseu Esmanhoto – LACTEC

Química: Dra. Sandra Mara Alberti – LACTEC

Eng. Eletricista: Adilson Miguel Luz - LACTEC

Estagiária de Engenharia Química da PUC: Geanine Luz - LACTEC

Consultores do Institut für Spektrochemie und Angewandte Spektroskopie – ISAS em
Dortmund/Alemanha e Zentrum für Umweltforschung Universidade de Frankfurt
ZUF/Alemanha

Meteorologista: Dr. Wolfgang Vautz - ISAS

Químico: Prof. Dr. Dieter Klockow – ISAS

Eng. Elétrico: Robert Sitals – ZUF

Químico: Prof. Dr. Wolfgang Jaeschke - ZUF

Consultor meteorológico

Prof. Nelson Luís Dias, Lemma -- UFPR/IAPAR/SIMEPAR

PREFÁCIO

A missão do Instituto Ambiental do Paraná- IAP é proteger, preservar, conservar, controlar e recuperar o patrimônio ambiental, buscando melhor qualidade de vida e o desenvolvimento sustentável com a participação da sociedade.

A gestão da qualidade do ar assumiu papel prioritário no planejamento da nossa gestão administrativa, pela importância que esse recurso natural tem para a vida. O ar não é tratável antes de seu consumo e portanto a manutenção da sua qualidade dentro dos padrões estabelecidos para garantir a saúde da população deve receber nossa especial atenção.

O Paraná conta hoje com uma legislação moderna, sendo a mais completa do país. Trata-se da Lei Estadual nº 13.806/02 e da Resolução SEMA nº 041/02 que a regulamentou, em especial quanto aos padrões de emissão para fontes fixas de poluição atmosférica, instrumento inédito no Brasil.

Estamos aplicando rigorosamente a resolução e com isso esperamos obter uma significativa redução das emissões hoje praticadas, o que certamente resultará em melhorias da qualidade do ar em todo o Estado.

Quanto ao controle das emissões das fontes móveis, os veículos, estamos em vias de implementar o programa de inspeção de emissões veiculares, cujo projeto encontra-se em fase final de avaliação.

Finalmente, apresentamos, com grande satisfação, esse Terceiro Relatório Anual da Qualidade do Ar na Região Metropolitana de Curitiba, Ano 2002, entendendo que seja um instrumento da maior relevância para a gestão da qualidade do ar, pois é o instrumento de informação à sociedade sobre a qualidade do ar que respira e das ações que vêm sendo tomadas para sua manutenção e melhoria.

O monitoramento da qualidade do ar vem sofrendo incremento de investimentos, sendo que, em 2002, a rede de monitoramento da Região Metropolitana de Curitiba foi ampliada com a instalação de mais duas estações automáticas: a da praça Ouvidor Pardiniho em Curitiba e a da CISA, em Araucária. Em 2003, mais uma estação automática, a da UEG, iniciou sua operação em Araucária. Assim, a rede hoje é composta por sete estações automáticas e quatro estações manuais, que é considerado suficiente para a região. Nosso próximo passo será a expansão da rede para outras regiões do Estado cujas características já justificam tal investimento.

Assim, estamos conduzindo o Programa de Gestão da Qualidade do Ar, acompanhando a evolução da sua qualidade através do monitoramento contínuo, ao mesmo tempo em que colocamos em prática o controle das fontes poluidoras através dos mecanismos estabelecidos na nossa legislação. Com essas ações buscamos garantir a qualidade de vida da população da Região Metropolitana de Curitiba, que representa 28,5% da população paranaense e cumprindo com a nossa missão institucional.

Lindsley da Silva Rasca Rodrigues

Diretor Presidente do Instituto Ambiental do Paraná- IAP

Apresentação

Tenho a honra de apresentar este terceiro relatório sobre a qualidade do ar, destinado ao público interessado no ar que respiramos na Região Metropolitana de Curitiba, na composição e grau de comprometimento desse “alimento” tão básico para a nossa vida. O ar merece uma atenção especial porque o respiramos in natura, ou seja, sem tratamento prévio. Não há como impedir que os poluentes atmosféricos penetrem nosso ambiente, nossas casas e nossos corpos. Portanto, temos que manter o ar o mais puro possível.

O ano de 2002 trouxe algumas novidades importantes para a gestão da qualidade do ar. Entrou em vigor a Lei Estadual nº 13.806 que dispõe sobre as atividades pertinentes ao controle da poluição atmosférica, padrões e gestão da qualidade do ar. O artigo 28 desta lei diz que é obrigatório editar anualmente o Relatório de Qualidade do Ar, reforçando o que o IAP já está fazendo desde o ano de 2000. Outra novidade importante desta lei é o artigo 15 que prevê o estabelecimento de padrões de emissão para fontes estacionárias. A regulamentação desta exigência veio pela Resolução SEMA nº 041/02 em dezembro do ano de 2002 fixando padrões de emissão atmosférica para processos industriais em função da atividade ou do poluente. Estes padrões ajudam muito a garantir uma operação correta destes processos contribuindo para um crescimento econômico saudável e sustentável no estado.

A presença dos relatórios do IAP sobre a qualidade do ar na Internet hoje é um fato bem divulgado. Podemos observar uma tendência para uma melhoria da qualidade do ar. Isto não deve resultar numa sensação de que tudo está resolvido. Podemos melhorar ainda muito mais e para isto é preciso a participação ativa de todos via ações, sugestões ou apenas comentários para os quais convido a sociedade.

São apresentados resultados do monitoramento da qualidade do ar em Curitiba e em Araucária, desde 1985 com estações manuais, e a partir de 1998 sucessivamente complementadas com estações automáticas. Estamos hoje operando uma rede de 4 estações manuais e 7 automáticas. Estamos orgulhosos de poder apresentar neste atual relatório de 2002, pela primeira vez, uma informação completa, ou seja, medições para todos poluentes atmosféricos limitados através de padrões de qualidade do ar.

O principal objetivo do relatório é o de informar à população se os padrões de qualidade do ar são atendidos e, caso negativo, onde, em que época e com qual frequência isto acontece. O relatório também documenta o esforço que o IAP está fazendo na área de controle de poluição atmosférica, mas ficaria incompleto se não procurasse responder às questões suscitadas pelos resultados apresentados. Por exemplo, qualquer violação de um padrão vai inevitavelmente provocar a pergunta: “Qual a consequência? O quê fazer para atender ao padrão, o que o cidadão e a natureza em geral têm direito?” Para estas questões o relatório dá algumas orientações. É uma das tarefas principais do relatório a de acompanhar e avaliar a eficiência das medidas tomadas de modo quantitativo e objetivo. A apresentação em ritmo anual oferece para isto uma boa base. Em paralelo, para satisfazer a necessidade de informação atual estamos ainda montando a estrutura para informar os resultados obtidos nas nossas estações on-line na Internet, disponibilizando assim de uma informação abrangente.

Gostaria de agradecer a colaboração da equipe técnica, dos responsáveis administrativos no IAP, de todas as outras pessoas que contribuíram neste relatório e o constante incentivo e apoio carinhoso de minha família.

Boa leitura.

Dr. Andreas Grauer
Consultor do IAP
Perito Integrado do convênio brasileiro/alemão IAP/CIM



Sumário	Página
Prefácio	4
Apresentação	5
Lista de Tabelas e Ilustrações	7
Siglas	9
1 Introdução	10
1.1 A qualidade do ar é uma responsabilidade coletiva	10
1.2 Poluição atmosférica	10
1.3 Poluentes atmosféricos	11
1.4 Origem da poluição atmosférica	11
1.5 Padrões e Índice de qualidade do ar	12
1.6 Efeitos da poluição atmosférica	14
2 Monitoramento da qualidade do ar na Região Metropolitana de Curitiba (RMC)	16
2.1 Dados gerais	16
2.2 Aspectos climáticos e meteorológicos	16
2.3 Motivação do monitoramento	17
2.4 Localização das estações e conceito do monitoramento	18
3 Resultados do monitoramento da qualidade do ar	21
3.1 Representatividade dos dados	21
3.2 Parâmetros da qualidade do ar	21
3.2.1 Partículas Totais em Suspensão (PTS)	22
3.2.2 Fumaça	24
3.2.3 Partículas Inaláveis (PI)	25
3.2.4 Dióxido de Enxofre (SO₂)	26
3.2.5 Monóxido de Carbono (CO)	28
3.2.6 Ozônio (O₃)	29
3.2.7 Dióxido de Nitrogênio (NO₂)	32
3.3 Dias com a qualidade do ar INADEQUADA	34
4 Conclusão	35
4.1 Situação atual da qualidade do ar na RMC	35
4.2 A gestão da qualidade do ar	37
4.3 Gás natural - uma solução para emissões veiculares?	38
5 Bibliografia	40
Anexo 1: Localização das estações de monitoramento de Curitiba	41
Anexo 2: Variação média diária de O₃, NO, NO₂, SO₂ e PTS	46
Anexo 3: Concentração média em função da direção do vento	49

Lista de Tabelas e Ilustrações

Tabela 1: Padrões primários e secundários de poluentes atmosféricos no Paraná (Resolução CONAMA n° 03/90, SEMA n° 041/02)	12
Tabela 2: Critérios para episódios agudos de poluição do ar (Resolução CONAMA 03/90, SEMA n° 041/02).....	13
Tabela 3: Classificação da qualidade do ar através do Índice de qualidade do ar.....	14
Tabela 4: Estações de monitoramento de qualidade do ar na RMC.....	19
Tabela 5: Monitoramento de qualidade do ar nas áreas: industrial, centro, bairro	20
Tabela 6: Resultados do monitoramento de PTS	22
Tabela 7: Resultados do monitoramento de Fumaça	24
Tabela 8: Resultados do monitoramento de PI.....	26
Tabela 9: Resultados do monitoramento de SO ₂ em Curitiba.....	27
Tabela 10: Resultados do monitoramento de SO ₂ em Araucária.....	28
Tabela 11: Resultados do monitoramento de CO	29
Tabela 12: Resultados do monitoramento de O ₃	30
Tabela 13: Resultados do monitoramento de NO ₂	33
Gráfico 1: Frequência dos ventos nas estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar.....	16
Gráfico 2: Condições de dispersão nas estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar.....	17
Gráfico 3: Classificação das médias diárias para PTS na Estação Santa Casa no ano de 2002	22
Gráfico 4: Classificação das médias diárias para PTS na Estação Santa Casa entre 1990-2002	23
Gráfico 5: Classificação das médias diárias para PTS na Estação Araucária Assis no ano de 2002.....	23
Gráfico 6: Classificação das médias diárias para Fumaça na Estação Santa Casa nos anos de 1990-2002	25
Gráfico 7: Médias anuais para SO₂, Fumaça e PTS no período 1990-2002 na Estação Santa Casa	26
Gráfico 8: Dias com a qualidade do ar INADEQUADA por causa do Ozônio	31
Gráfico 9: Classificação das médias horárias para Ozônio na Estação Cidade Industrial.....	31
Gráfico 10: Classificação das médias horárias para Ozônio na Estação Boqueirão	32
Gráfico 11: Classificação das médias horárias para Ozônio na Estação Assis automática.....	32
Gráfico 12: Classificação das médias horárias para NO₂ na Estação Cidade industrial.....	34
Gráfico 13: Classificação das médias horárias para NO₂ na Estação Assis	34
Variação média diária, Estação Santa Cândida, ano de 2002	46
Variação média diária, Estação Cidade Industrial, ano de 2002.....	46
Variação média diária, Estação Boqueirão, ano de 2002.....	47
Variação média diária, Estação Ouvidor Pardiniho, ano de 2002.....	47
Variação média diária, Estação Araucária Assis, ano de 2002.....	48
Variação média diária, Estação Araucária Cisa, ano de 2002.....	48
Concentração média em função da direção do vento, Estação Santa Cândida, ano de 2002....	49
Concentração média em função da direção do vento, Estação Cidade Industrial, ano de 2002	50

Concentração média em função da direção do vento, Estação Boqueirão, ano de 200250
Concentração média em função da direção do vento, Estação Ouvidor Pardino, ano de 2002
.....51
Concentração média em função da direção do vento, Estação Araucária Assis, ano de 2002 .51

Figura 1: Localização das estações de monitoramento de qualidade do ar na RMC18
Localização da Estação automática Santa Cândida41
Localização da Estação automática Cidade Industrial42
Localização da Estação automática Praça Ouvidor Pardino43
Localização da Estação automática Boqueirão44
Localização da Estação automática Santa Casa45

Siglas

CETESB	Companhia da Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo
CISA	CSN-Imsa Aços Revestidos S.A.
CO	Monóxido de Carbono
COMEC	Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CSN	Companhia Siderúrgica Nacional
DETRAN-PR	Departamento de Trânsito do Paraná
DETRAN-RJ	Departamento de Trânsito do Rio de Janeiro
FEEMA	Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente do Estado do Rio de Janeiro
GNV	Gás Natural Veicular
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPARDES	Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social
IPPUC	Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba
LACTEC	Instituto de Tecnologia Para o Desenvolvimento
MP	Material Particulado
NO	Monóxido de Nitrogênio
NO ₂	Dióxido de Nitrogênio
NO _x	Óxidos de Nitrogênio, entende-se como soma de NO + NO ₂
O ₃	Ozônio
PI	Partículas Inaláveis
PM ₁₀	Partículas até 10 µm de diâmetro, corresponde com a fração inalável
ppm	partes por milhão
PTS	Partículas Totais em Suspensão
RMC	Região Metropolitana de Curitiba
SEMA	Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná
SO ₂	Dióxido de Enxofre
TECPAR	Instituto de Tecnologia do Paraná
UEG	Usina Elétrica a Gás

Introdução

1.1 A qualidade do ar é uma responsabilidade coletiva

O ambiente do homem é a atmosfera, o homem vive nesta camada gasosa do nosso planeta, neste mar de ar, porém não pode enxergar ar puro. É um gás invisível para ele. Mas quando o ar está em movimento pode ser sentido, como vento por exemplo. Percebemos a existência do ar quando andamos de carro, de moto ou de bicicleta, porque sentimos uma resistência que aumenta com a velocidade. Porém geralmente a constante presença do ar fica imperceptível embora sendo tão essencial para nossa vida. Sem comida o ser humano pode viver semanas, sem água, dias, mas sem ar apenas alguns minutos. Um adulto precisa para a sua respiração cerca de 10.000 litros de ar todo dia. A presença desta quantidade de ar, de boa qualidade, por muito tempo não era a preocupação do homem, pois a abundância de ar era natural. Hoje sabemos que todos os recursos naturais, inclusive o ar, são finitos. Mesmo que as atividades humanas não consumam o ar de forma a acabar com o gás, alteram a sua composição e a natureza precisa de tempo para recuperar-se, ou seja, depurar-se desta alteração. Semelhante aos rios e mares, a atmosfera também possui seus mecanismos de auto-purificação, como por exemplo, a chuva, com a qual os poluentes são removidos. Somente podemos lançar poluentes na atmosfera na medida que estas substâncias possam ser suportadas pelos processos purificadores, caso contrário haverá uma acumulação.

O ar basicamente é composto de 78% de Nitrogênio e 21% de Oxigênio. Além dessas substâncias o ar puro e seco contém mais alguns gases em quantidades pequenas, que juntos somam apenas 1%. Mesmo sendo tão importante para nossa sobrevivência, o ar que consumimos com a nossa respiração e com os processos técnicos (que podem consumir muito mais ar que a nossa respiração) continua sendo gratuito. Por exemplo: a queima de um litro de gasolina consome a quantidade de ar que um adulto respira durante 24 horas. Já houve uma tentativa há aproximadamente 3.000 anos atrás de vender ar. Um funcionário egípcio fez esta proposta com o objetivo de sanear o cofre público, sabendo que o ar era um pressuposto básico para a vida e portanto valioso. Porém até hoje o ar não foi comercializado e continua não pertencendo a ninguém. Em lugar de considerar que não seja de ninguém podemos, com a mesma razão, considerar que o ar é de todos. Dessa forma temos maior facilidade para entender que devemos nos responsabilizar pelo ar. O ar é de todos e, portanto, cuidar da sua qualidade é uma responsabilidade coletiva!

1.2 Poluição atmosférica

O termo “poluição” é pejorativo e significa a degradação da qualidade do ar resultante de atividades que direta ou indiretamente prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população, ou criem condições adversas às atividades sociais e econômicas, ou afetem desfavoravelmente a biota, ou afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente, ou emitam matéria ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos (Lei 6.938/81, Artigo 3º, inciso III). Não podemos considerar qualquer atividade que altera a composição da atmosfera como poluição. Entendemos poluição atmosférica como sendo a presença ou o lançamento de uma substância na atmosfera que se mantém acima de um limiar de aceitabilidade para o bem-estar de seres humanos, animais, infra-estrutura ou do meio ambiente em geral. Isso significa também que o conceito de poluição é algo dinâmico, porque nós definimos os limites. O que nós consideramos permitido hoje, futuramente com padrões mais rígidos, poderá ser considerado poluição. Isto já é um fato para as emissões veiculares. Para veículos novos são aplicados limites de emissão bem mais rigorosos do que há alguns anos atrás e as emissões de um veículo novo com os mesmos índices de 10 anos atrás, hoje, seriam consideradas poluição.

1.3 Poluentes atmosféricos

Poluentes atmosféricos são as substâncias gasosas, sólidas ou líquidas presentes na atmosfera que podem causar alterações na forma de poluição. Quando estas substâncias são diretamente emitidas pelos processos são chamadas poluentes primários, como por exemplo no caso de Monóxido de Carbono (CO), Monóxido de Nitrogênio (NO) ou Dióxido de Enxofre (SO₂). Concentrações altas de poluentes primários são registradas nas proximidades das fontes, por exemplo, na beira de rodovias movimentadas.

Outro tipo de poluente não é emitido diretamente por uma fonte, é formado na atmosfera com a influência de outras substâncias (chamadas precursores) e a radiação solar. Neste caso, chama-se poluente secundário. É o caso de Ozônio (O₃), da maior parte de Dióxido de Nitrogênio (NO₂) e de certas partículas muito finas. No caso de poluentes secundários, não podemos tão facilmente prever onde serão registradas altas concentrações. Mesmo em lugares afastados das fontes dos precursores, podemos encontrar altas concentrações, por exemplo, de Ozônio. Em geral, problemas com poluentes secundários abrangem uma área maior do que no caso de poluentes primários.

1.4 Origem da poluição atmosférica

Poluentes atmosféricos presentes no ar podem ser tanto de origem natural quanto causados pelas atividades humanas, também chamadas antropogênicas. É importante saber que o monitoramento da qualidade do ar sempre analisa o conjunto das duas fontes. Porém, não podemos controlar fenômenos naturais que podem liberar grandes quantidades de substâncias para atmosfera. As principais fontes naturais são vulcanismo, maresia, evaporação da vegetação, decomposição de matéria orgânica, arraste de poeira e incêndios. Por outro lado, uma substância liberada por um incêndio natural de uma floresta não apresenta nenhuma diferença de uma substância liberada por um incêndio causado pelo homem. Em ambos os casos o resultado é a liberação de poluentes. A diferença é que a natureza se adaptou e convive em equilíbrio com a quantidade de poluentes naturais, enquanto que as atividades antropogênicas podem causar um desequilíbrio.

As atividades industriais, o tráfego motorizado e as queimadas a céu aberto são as maiores fontes antropogênicas de emissões e merecem, portanto, a nossa atenção. De fato o tráfego, chamado também de fontes móveis, é a fonte predominante em todos os grandes centros urbanos de hoje. A frota motorizada no Paraná contou no ano de 2002 com 2.633.662 veículos [DETRAN-PR, motorização], o que significa um aumento de 7,3% em relação ao ano de 2001. Só na capital já temos 740.725 veículos motorizados, ou 44,4 por 100 habitantes, o que corresponde a um aumento de 5,4% [DETRAN-PR, frota cadastrada].

Comparando as emissões industriais, as chamadas fontes fixas, com as do tráfego, vemos dois pontos essencialmente diferentes. Primeiro, o número de veículos é muito maior do que o número de indústrias. É sempre mais difícil controlar um grande número de pequenos poluidores do que controlar alguns grandes poluidores. Segundo, muitas indústrias estão localizadas fora dos perímetros urbanos e lançam as emissões através de chaminés na atmosfera, com uma certa distância da população, enquanto os veículos liberam os poluentes geralmente nos centros urbanos, praticamente numa altura que possibilite a inalação direta pelos seres humanos. Logo, temos a convicção de que para melhorar a qualidade do ar nas cidades devemos nos concentrar com prioridade nas emissões veiculares.

Algo que está sendo colocado em prática desde alguns anos é a conversão de motores a álcool, a Diesel e a gasolina para o funcionamento com GNV (gás natural veicular), com potencial menos poluente e a custo menor para abastecimento. Em Curitiba, já existem quatorze postos de abastecimento e vinte oficinas credenciadas para conversão. Até o presente

momento, já são 3764 veículos movidos à gás natural veicular na capital [DETRAN-PR, frota cadastrada].

1.5 Padrões e Índice de qualidade do ar

A existência de padrões de qualidade do ar é muito importante, pois eles definem até que nível a presença de uma certa substância no ar que respiramos é legalmente tolerada. Eles representam portanto aquele limite de aceitabilidade acima do qual podemos chamar o ar de “poluído”.

Através da Portaria Normativa IBAMA nº 348, de 14/03/90 e Resolução CONAMA nº 03/90 foram estabelecidos os padrões nacionais de qualidade do ar. A Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná confirmou estes padrões através da Resolução SEMA nº 041/02. Portanto, os padrões paranaenses e nacionais são os mesmos. Ficaram assim estabelecidos, para todo território do Estado do Paraná, padrões primários e secundários de qualidade do ar para os sete seguintes parâmetros:

- 1) Partículas Totais em Suspensão (PTS)
- 2) Fumaça
- 3) Partículas Inaláveis (PI), (Obs: outra nomenclatura o chama PM₁₀)
- 4) Dióxido de Enxofre (SO₂)
- 5) Monóxido de Carbono (CO)
- 6) Ozônio (O₃)
- 7) Dióxido de Nitrogênio (NO₂)

Tabela 1: Padrões primários e secundários de poluentes atmosféricos no Paraná (Resolução CONAMA nº 03/90, SEMA nº 041/02)

Poluente	Tempo de amostragem	Padrão primário [µg/m ³] ¹⁾	Padrão secundário [µg/m ³] ¹⁾
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	24 horas	240 ³⁾	150 ³⁾
	1 ano ²⁾	80	60
Fumaça	24 horas	150 ³⁾	100 ³⁾
	1 ano ²⁾	60	40
Partículas Inaláveis (PI)	24 horas	150 ³⁾	150 ³⁾
	1 ano ²⁾	50	50
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	24 horas	365 ³⁾	100 ³⁾
	1 ano ²⁾	80	40
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	40.000 ³⁾	40.000 ³⁾
	8 horas	10.000 ³⁾	10.000 ³⁾
Ozônio (O ₃)	1 hora	160 ³⁾	160 ³⁾
Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	1 hora	320	190
	1 ano ²⁾	100	100

Notas: 1) Ficam definidas como condições de referência a temperatura de 25°C e a pressão de 101,32 kPa

2) Média geométrica para PTS; para as restantes substâncias as médias são aritméticas

3) não deve ser excedida mais de uma vez por ano

O padrão primário de qualidade do ar define legalmente as concentrações máximas de um componente atmosférico que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população. O padrão primário pode ser entendido como nível máximo tolerável de concentração de poluentes atmosféricos, constituindo-se em metas de curto e médio prazo. Não é uma proteção ampla, porque não considera toda a natureza. Expressa apenas o mínimo, uma proteção à saúde da população contra danos da poluição atmosférica, sem considerar as necessidades da fauna e flora.

Para uma proteção maior existe o padrão secundário. O padrão secundário de qualidade do ar define legalmente as concentrações abaixo das quais se prevê - baseado no conhecimento científico atual - o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral, podendo ser entendido como nível desejado de concentração de poluentes, constituindo-se em meta de longo prazo.

Os padrões regulamentados pela Resolução SEMA n° 041/02 e os respectivos tempos de amostragem estão listados na **Tabela 1**. Para todos os poluentes há um padrão de curto prazo (horas) e outro que se aplica para longo prazo, exceto para Ozônio. Os padrões de curto tempo consideram os efeitos irritantes e agudos dos poluentes, enquanto aqueles de longo tempo consideram os efeitos acumuladores e crônicos. Os efeitos de curto prazo geralmente são reversíveis enquanto os de longo prazo não são.

O padrão (primário ou secundário) que deve ser aplicado depende da Classe da área do local. A Resolução CONAMA n° 05/89 estabeleceu as Classes I, II e III. Áreas de Classe I são áreas de preservação, lazer e turismo onde se deve manter as concentrações a um nível mais próximo possível do verificado sem a intervenção antropogênica, portanto abaixo dos níveis do padrão secundário. Nas áreas da Classe II se aplica o padrão secundário e naquelas da Classe III o padrão menos rígido, o primário. Cabe ao Estado a definição das áreas de Classe I, II e III. Esta classificação foi feita no Paraná e consta no artigo 31 da Lei n° 13.806.

Para episódios agudos de poluição do ar são estabelecidos os níveis de Atenção, Alerta e Emergência conforme a tabela seguinte.

Tabela 2: Critérios para episódios agudos de poluição do ar (Resolução CONAMA 03/90, SEMA n° 041/02)

Poluente	Tempo de amostragem	Nível Atenção [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Nível Alerta [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Nível Emergência [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	24 horas	375	625	875
Fumaça	24 horas	250	420	500
Partículas Inaláveis (PI)	24 horas	250	420	500
Dióxido de Enxofre (SO_2)	24 horas	800	1.600	2.100
Monóxido de Carbono (CO)	8 horas	17.000 ¹⁾	34.000 ²⁾	46.000 ³⁾
Ozônio (O_3)	1 hora	400	800	1.000
Dióxido de Nitrogênio (NO_2)	1 hora	1.130	2.260	3000

Notas: 1) corresponde a uma concentração volumétrica de 15 ppm

2) corresponde a uma concentração volumétrica de 30 ppm

3) corresponde a uma concentração volumétrica de 40 ppm

Para facilitar a divulgação da informação sobre a qualidade do ar e ao mesmo tempo padronizar todas as substâncias em uma única escala, temos o Índice de qualidade do ar. O índice é obtido através de uma função linear segmentada, onde os pontos de inflexão são os padrões de qualidade do ar e os níveis de atenção, alerta e emergência. Para cada concentração gravimétrica ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) a função atribui um valor índice, que é um número adimensional. Por definição, ao nível do padrão primário é atribuído um índice de 100, o nível de Atenção equivale a um índice de 200, o nível de Alerta a um índice de 300 e o nível de Emergência a um índice de 400. Por exemplo: se analisamos uma média horária de Ozônio de $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$, isto seria exatamente o padrão primário e portanto corresponde a um índice de 100. Caso o resultado seja a metade, apenas $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o correspondente índice seria 50. Este índice

também é utilizado para classificar a qualidade do ar em 6 categorias, de BOA até CRÍTICA, como demonstrado na **Tabela 3**.

Tabela 3: Classificação da qualidade do ar através do Índice de qualidade do ar

Índice da qualidade do ar	Classificação	PTS 24 h [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Fumaça 24 h [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	PI 24 h [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	SO ₂ 24 h [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	O ₃ 1 hora [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	CO 8 h [ppm]	NO ₂ 1 hora [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
0-50	BOA	0-80	0-60	0-50	0-80	0-80	0 – 4,5	0-100
>50-100	REGULAR	>80-240	>60-150	>50-150	>80-365	>80-160	>4,5 - 9,0	>100-320
>100-200	INADEQUADA	>240-375	>150-250	>150-250	>365-800	>160-400	>9,0 – 15	>320-1.130
>200-300	MÁ	>375-625	>250-420	>250-420	>800-1.600	>400-800	>15 – 30	>1.130-2.260
>300-400	PÉSSIMA	>625-875	>420-500	>420-500	>1.600-2.100	>800-1.000	>30 – 40	>2.260-3.000
>400	CRÍTICA	>875	>500	>500	>2.100	>1.000	> 40	>3.000

1.6 Efeitos da poluição atmosférica

A poluição atmosférica tem efeitos sobre a natureza em geral, isto é, sobre o bem-estar da população, da fauna, flora e também sobre materiais. Os efeitos podem se manifestar de forma aguda, como por exemplo, quando olhamos uma fogueira e a fumaça entra em nossos olhos causando uma forte irritação, com a vantagem de que ao nos afastarmos, os sintomas desaparecem porque são reversíveis. Os sintomas irritantes ou tóxicos, que acontecem para concentrações muito elevadas, são graves e por isso mais fáceis de estudar, porém acontecem com relativamente baixa frequência.

O que acontece diariamente é que estamos respirando um ar que não irrita e não sentimos de imediato nenhum efeito tóxico. Mesmo assim tememos que possa existir algum efeito a longo prazo, e pior, algo irreversível. O conhecimento sobre os efeitos a longo prazo é muito mais difícil e geralmente são pesquisados através de estudos epidemiológicos. Os estudos epidemiológicos examinam a distribuição e frequência de morbidade (doenças) e mortalidade na população e pesquisam os fatores causadores.

Agora cabe a pergunta: por quê há tanta necessidade de conhecer os efeitos da poluição atmosférica se temos padrões de qualidade do ar exatamente para nos proteger contra esses efeitos? Realmente, abaixo do padrão primário podemos assumir, com certa razão, que não há efeito para a saúde da população pois desta forma consta a definição do padrão primário na legislação. Por outro lado sabemos que existe um padrão secundário, um padrão mais rigoroso que garante um menor nível de impacto adverso. Vemos então que um padrão de qualidade do ar não é um limite abaixo do qual estamos absolutamente seguros e tampouco que adoeceremos automaticamente caso o padrão seja ultrapassado. Mas a probabilidade de adoecermos aumenta! Isto vale especialmente para pessoas mais sensíveis a poluentes, como crianças e idosos. Existe um estudo sobre crianças de São Paulo que relata que essas perderam parte da sua capacidade pulmonar [FOLHA DE S. PAULO, 18/09/2000]. Isso não significa que as crianças, necessariamente, estejam doentes, mas que se tornaram muito mais suscetíveis a problemas respiratórios no futuro. Outro estudo em São Paulo demonstrou que um aumento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da média diária de Partículas Inaláveis significou um aumento de 3% da mortalidade de pessoas acima de 65 anos [SALDIVA et. al. 1995]. É estimado que na cidade de São Paulo cerca de 20.000 mortes adicionais por ano ocorram por um descontrole da poluição do ar [PAULO ARTAXO, 2001]. No Rio de Janeiro foi pesquisado um aumento da mortalidade infantil por pneumonia de 2,2 casos em cada 10.000 pessoas, para o acréscimo de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da

média anual de Partículas Totais em Suspensão [PENNA E DUCHIADE, 1991]. Um recente estudo de Marburg/Alemanha concluiu que concentrações elevadas de Ozônio aumentam a probabilidade em adoecer de alergia ou asma [SPIEGEL ONLINE, 20/06/2001]. Podemos concluir que, mesmo abaixo dos padrões de qualidade do ar, os efeitos da poluição atmosférica existem, embora estejam limitados a um nível aceito pela sociedade. Portanto, um decréscimo das concentrações ambientais sempre significa um ganho na qualidade de vida.

Sobre os efeitos da poluição atmosférica à flora, sabemos que na Europa já foram destruídas florestas inteiras por altas emissões de SO₂. O Ozônio é capaz de diminuir o crescimento e a colheita de produtos agrícolas, dependendo da sensibilidade das plantações. Existe uma grande variabilidade de sensibilidade na flora aos efeitos da poluição. Certas espécies são mais sensíveis do que o ser humano e já mostram efeitos a níveis seguros para a população.

O efeito da poluição atmosférica à fauna é algo pouco estudado. Em geral sabemos que a poluição é mais um fator de eliminação que atinge primeiro o mais frágil, expulsando-o do ambiente poluído. A eliminação de espécies é chamada perda de biodiversidade. Seguramente não há ganho estético para centros de grandes cidades onde quase só vemos pombos. A perda de biodiversidade chegou hoje a um nível muito acelerado, portanto devemos levar o problema a sério, e mais: é uma questão moral [GAZETA DO POVO, 08/10/2000].

Finalmente não devemos desconsiderar os efeitos da poluição atmosférica a materiais, como corrosão de metais e destruição de materiais de construção, como o mármore, além do efeito estético de sujar superfícies como fachadas, e contribuindo desta forma à impressão de que não estamos vivendo num ambiente saudável.

2 Monitoramento da qualidade do ar na Região Metropolitana de Curitiba (RMC)

2.1 Dados gerais

A RMC, com 25 municípios, possui uma área de 13.041 km² e conta em 2002 com uma população projetada de 2.946.568 habitantes [IPARDES, 2000] apresentando uma taxa de crescimento da população de 21,2% em relação a 1996. A área urbana da RMC se estende a 1.051 km², o que corresponde a 8,1% da área total [COMEC, 2002]. Além de Curitiba existem outros quatro municípios na RMC com uma população acima de 100.000 habitantes: São José dos Pinhais, Colombo, Pinhais e Almirante Tamandaré.

2.2 Aspectos climáticos e meteorológicos

A RMC é localizada no primeiro Planalto do Estado do Paraná, com um clima subtropical e úmido. Os invernos são brandos com geadas ocasionais e temperaturas mínimas de cerca de -3°C. No verão são registradas temperaturas até 35°C. A umidade relativa varia entre 75 e 85% (média mensal). As precipitações ocorrem durante o ano inteiro, com maior intensidade nos meses de verão (dezembro, janeiro, fevereiro) e menor no inverno (junho, julho, agosto). Na média são registradas chuvas de 150 mm/mês no verão e 80 mm/mês no inverno. Os ventos vêm geralmente do leste, como demonstrado no **Gráfico 1**.

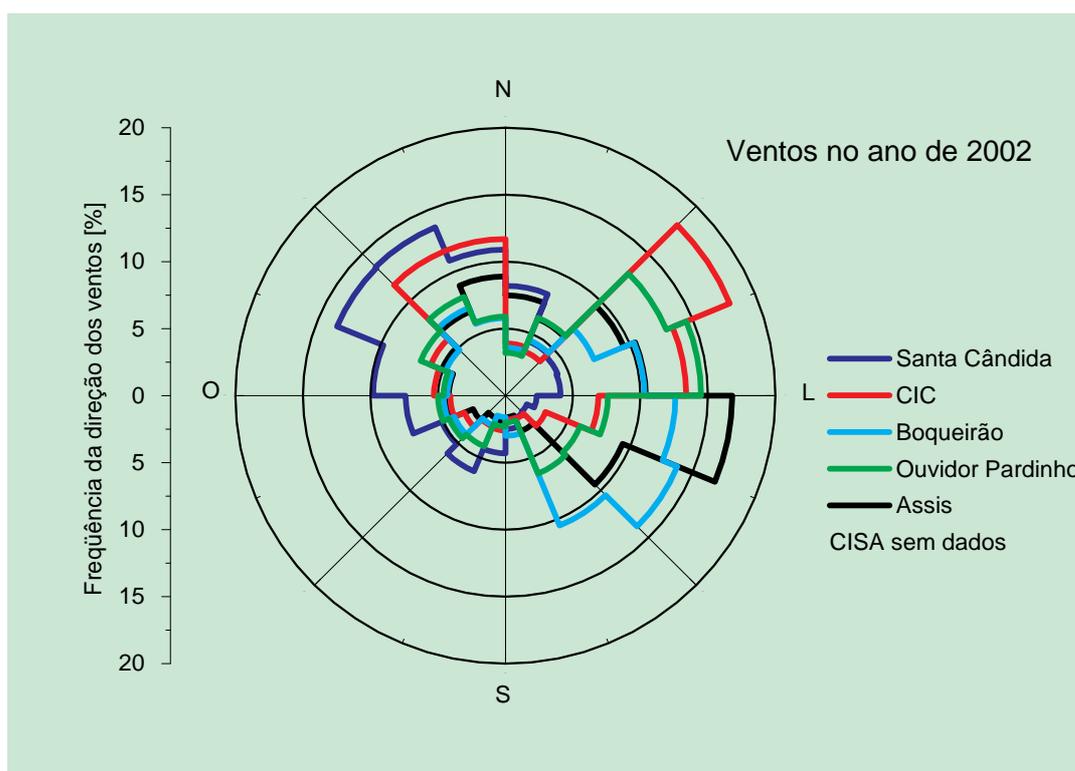


Gráfico 1: Frequência dos ventos nas estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar

A velocidade do vento e a estabilidade térmica da atmosfera são os parâmetros mais importantes para as condições de dispersão de poluentes. Boas condições de dispersão significam que os poluentes estão sendo bem espalhados pelos mecanismos de transporte, evitando assim uma acumulação dos mesmos próximo às fontes. Se as condições estão desfavoráveis à dispersão observamos essa acumulação, que resulta em altas concentrações dos poluentes, que muitas vezes ultrapassam os padrões estabelecidos. É importante lembrar

deste detalhe quando interpretamos os resultados do monitoramento: uma concentração menor do que no ano anterior de certo poluente não significa necessariamente que foi lançado menos para a atmosfera, também pode ser causado pelas condições mais favoráveis à dispersão. No **Gráfico 2** vemos como foram as condições de dispersão no período de janeiro à dezembro de 2002 na média das cinco estações automáticas, Santa Cândida, Cidade Industrial, Boqueirão, Ouvidor Pardiniho e Assis, utilizando as classes de estabilidade atmosférica de Pasquill. Entende-se como condição favorável, a soma das classes A, B e C de Pasquill. A condição neutra equivale a classe D de Pasquill e a condição desfavorável a classe E.

As classes de estabilidade de Pasquill são obtidas a partir de grandezas meteorológicas médias horárias (velocidade do vento e radiação solar ou cobertura de nuvens) medidas a poucos metros da superfície. Elas fornecem apenas uma idéia aproximada da estabilidade da sub-camada superficial da camada-limite atmosférica. A grandeza que mede corretamente a estabilidade na sub-camada superficial é a variável de estabilidade de Obukhov, a qual pressupõe medições dos fluxos turbulentos de quantidade, de movimento e de calor sensível virtual, usualmente feitas com anemômetros sônicos. Um outro fator importante para a qualidade do ar, que não pode ser medido na superfície, é a espessura da camada-limite atmosférica (também chamada de camada de mistura), para a qual são necessários perfis de temperatura do ar através da camada-limite atmosférica (até no mínimo 2000 m acima da superfície). As condições reais de qualidade do ar na RMC dependerão tanto da estabilidade atmosférica avaliada na superfície quanto da espessura desta camada.

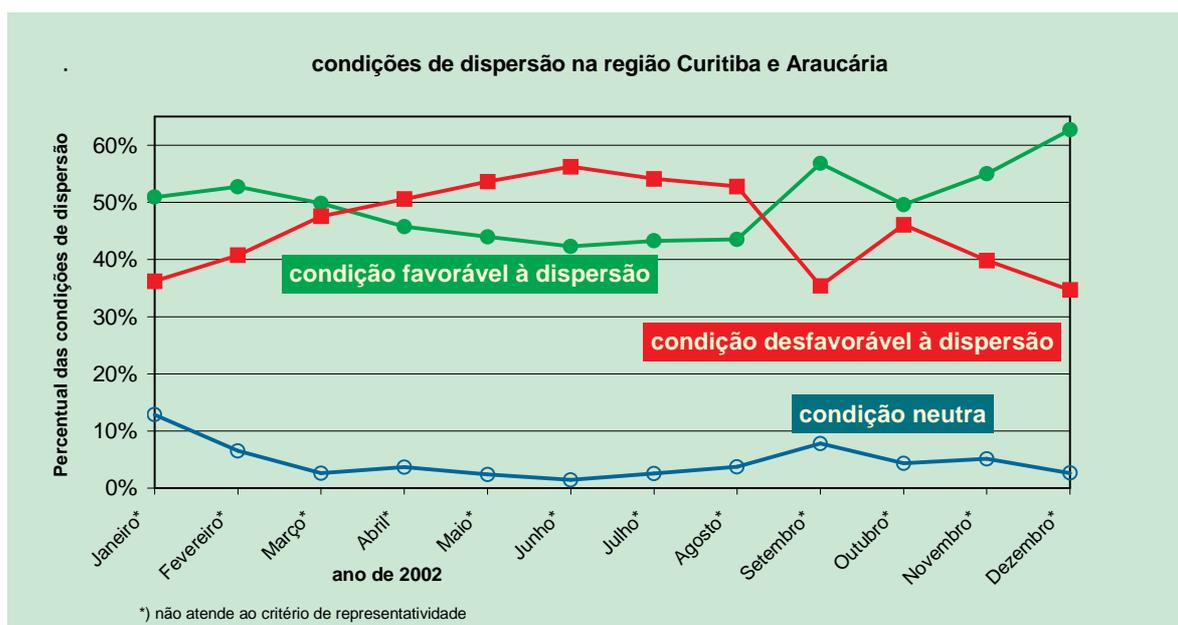


Gráfico 2: Condições de dispersão nas estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar

Podemos observar como entre abril e agosto as condições desfavoráveis à dispersão prevalecem, enquanto no restante do ano, encontramos geralmente condições favoráveis à dispersão.

2.3 Motivação do monitoramento

A motivação para o controle de poluição atmosférica é baseada em três princípios importantes: **proteção**, **prevenção** e **motivação ética**. A proteção contra os comprovados impactos adversos, a prevenção contra os possíveis impactos adversos e a motivação ética que é o prazer de viver num ambiente limpo e saudável. O instrumento central deste controle é o monitoramento da qualidade do ar, o qual é realizado através de estações, que podem ser

manuais ou automáticas. Cada estação possui instrumentos que analisam poluentes atmosféricos e parâmetros meteorológicos. O equipamento das estações manuais opera apenas em forma de coleta, por exemplo coleta PTS em filtro. A análise do filtro é realizada posteriormente em laboratório. Assim, diariamente um técnico visita as estações para instalar um filtro novo e recolher o filtro usado para análise em laboratório. As estações manuais podem desta forma fornecer médias diárias de poluentes atmosféricos e com estas médias calcula-se a média anual.

As estações automáticas operam com analisadores que fazem a coleta e análise dos poluentes ao mesmo tempo. Os resultados são armazenados por um sistema computadorizado. Desta forma obtemos as médias horárias dos poluentes. Como o monitoramento é todo automatizado, só é necessário visitar as estações automáticas para manutenção do equipamento.

2.4 Localização das estações e conceito do monitoramento

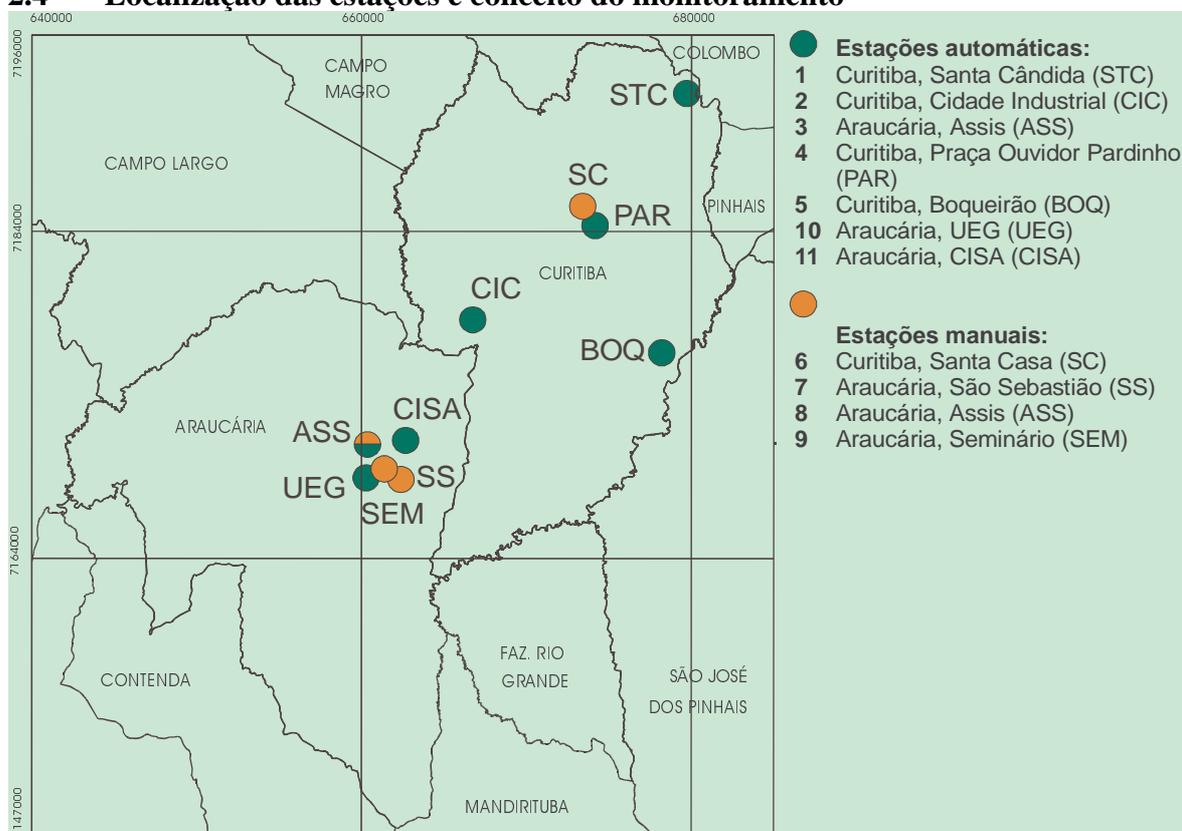


Figura 1: Localização das estações de monitoramento de qualidade do ar na RMC

A localização geral das estações de monitoramento dentro dos municípios Curitiba e Araucária é mostrada na **Figura 1**. Para as estações de Curitiba, consta no Anexo 1 mapa da localização das mesmas nos bairros.

O monitoramento na RMC começou no ano de 1985 com cinco estações manuais que analisavam as médias diárias dos poluentes PTS, Fumaça, SO₂ e Amônia (NH₃). Quatro delas se encontram em operação até hoje. Adicionalmente, no ano de 1998, foram instaladas em Curitiba, mais duas estações automáticas de monitoramento do ar que medem médias horárias dos componentes NO₂, O₃, SO₂ e diversos parâmetros meteorológicos. Mais uma estação automática foi instalada em Araucária no começo do ano de 2000. Ela também é equipada para o monitoramento de parâmetros meteorológicos e dos componentes NO₂, O₃, SO₂ e PTS. Em setembro de 2001 entrou em operação a estação automática no bairro do Boqueirão e em agosto de 2002, outras duas estações automáticas: uma em Curitiba próximo ao Centro, na Praça Ouvidor Pardiniho, e outra no município de Araucária, no bairro Sabiá, no terreno da

empresa CISA. Desde abril de 2003 temos uma sétima estação automática no centro de Araucária chamada de UEG. Na **Tabela 4** vemos a lista das diversas estações da RMC, os parâmetros medidos e o tempo de funcionamento.

Tabela 4: Estações de monitoramento de qualidade do ar na RMC

Estação	Localização/Categoria ¹⁾	Parâmetros analisados		Período de funcionamento	
		Poluentes	Meteorologia		
a u t o m á t i c a	1) Santa Cândida (STC)	Nordeste de Curitiba, Bairro Santa Cândida/ bairro	SO ₂ , NO, NO ₂ , O ₃	Todas as estações: Temperatura, Umidade relativa, Radiação global, Pressão, Velocidade e direção do vento	desde 1998
	2) Cidade Industrial (CIC)	Oeste de Curitiba, Bairro Cidade Industrial/ industrial	SO ₂ , NO, NO ₂ , O ₃		desde 1998
	3) Assis automática (ASS)	Centro/Norte de Araucária, Bairro Fazenda Velha/ industrial	SO ₂ , NO, NO ₂ , O ₃ , HCT ²⁾ , HCMM ³⁾ , PTS	CIC, ASS: Radiação UV PAR, BOQ: Radiação UVA, UVB Intensidade de chuva (só BOQ)	desde abril de 2000
	4) Praça Ouvidor Pardiniho (PAR)	Região central de Curitiba, Bairro Rebouças/ centro	SO ₂ , NO, NO ₂ , CO, O ₃ , HCT ²⁾ , HCMM ³⁾ , PTS, PI		desde agosto de 2002
	5) Boqueirão (BOQ)	Sudeste de Curitiba Bairro Boqueirão/ bairro	SO ₂ , NO, NO ₂ , CO, O ₃ , PTS, PI		desde setembro de 2001
	10) UEG	Região central de Araucária, Bairro Centro/ industrial e centro	SO ₂ , NO, NO ₂ , CO, O ₃ , PI, NH ₃	Temperatura, Pressão, Velocidade e direção do vento	desde abril de 2003
	11) CISA	Centro/Nordeste de Araucária, Bairro Sabiá/ industrial	SO ₂ , NO, NO ₂ , NH ₃ , CO, O ₃ , PI	Temperatura, Radiação global, Radiação UV, Pressão, Velocidade e direção do vento	desde agosto de 2002
m a n u a l	6) Santa Casa (SC)	Região central de Curitiba, Bairro Centro/ centro	Fumaça, SO ₂ , PTS, NH ₃	Sem medição de parâmetros meteorológicos	desde 1985
	7) São Sebastião (SS)	Centro/Leste de Araucária, Bairro Tindiquera/ bairro	Fumaça, SO ₂ , NH ₃		desde 1985
	8) Assis (ASS)	Centro/Norte de Araucária, Bairro Vila Nova/ industrial	Fumaça, SO ₂ , NH ₃		desde 1985
	9) Seminário (SEM)	Região central de Araucária, Bairro Sabiá/ industrial e centro	Fumaça, SO ₂ , PTS ⁴⁾ , NH ₃		desde 1985

Notas: 1) Categoria de área de monitoramento (veja Tabela 5)

2) Hidrocarbonetos Totais

3) Hidrocarbonetos Menos Metano

4) PTS foi medido entre 1985 até 1993

Analisando o número e a localização das estações de monitoramento da qualidade do ar na RMC, baseando-se na Diretiva Européia 1999/30/CE, chega-se à conclusão que a RMC deveria contar com no mínimo 6 estações completas em funcionamento correspondendo ao número mínimo de estações numa área com população entre 2,00 e 2,75 milhões. No final do ano de 2002, seis estações automáticas e quase completas e quatro manuais estavam em operação, o que é um número satisfatório. Apenas para o poluente Partículas Inaláveis estamos com poucas informações disponíveis, como demonstrado na **Tabela 5**.

Quanto à localização das estações, para a proteção da saúde humana, as estações devem estar localizadas em áreas de modo a:

- “Fornecerem dados em áreas, dentro das zonas e aglomerações, nas quais é provável que a população esteja direta ou indiretamente exposta aos níveis mais elevados durante um período significativo em relação ao período de amostragem do(s) valor(es)-limite,
- Fornecerem dados sobre os níveis em outras áreas, dentro das zonas e aglomerações, que sejam representativas da exposição da população em geral.”

Em outras palavras, pode-se dizer que as estações de monitoramento devem fornecer dados de três tipos de áreas de impacto:

- A) Onde se espera violações em áreas dominadas por emissões industriais (**área industrial**)
- B) Onde se espera violações em áreas dominadas por emissões do tráfego (**centro da cidade**)
- C) Onde mora a população e conseqüentemente passa uma boa parte da sua vida (**bairro**)
- Atribuindo este sistema de classificação de localização para todos os poluentes analisados pelas estações de monitoramento chega-se na conclusão apresentada na **Tabela 5**.

Tabela 5: Monitoramento de qualidade do ar nas áreas: **industrial, centro, bairro**

Poluente	N° de estações de monitoramento (final ano de 2002)	N° de estações de monitoramento nas áreas			Conclusão	
		industrial	centro	bairro		
			industrial e centro			
PTS ¹⁾	2	1	1	0	número de estações insuficiente, especialmente para PI	
Fumaça	4	1	1	1		
PI ¹⁾	1	1	0	0		
SO ₂	10	4	1	2	3	satisfatório
CO	3	1		1	1	número insuficiente
O ₃	6	3		1	2	satisfatório
NO ₂	6	3		1	2	

Nota: 1) nas estações Praça Ouvidor Pardini e Boqueirão não houve medição de PTS e PI

Estamos ainda com uma falta de informações para os poluentes PI e PTS, no entanto, este fato está mudando porque finalizamos o processo de importação das fontes radioativas necessárias para o monitoramento de PI e PTS nas estações Boqueirão e Pardini. Começou o monitoramento de PTS e PI nestas estações e assim temos hoje no mínimo uma informação disponível para todos os poluentes para cada categoria de área.

3 Resultados do monitoramento da qualidade do ar

3.1 Representatividade e disponibilidade dos dados

Na operação de uma rede de estações de monitoramento sempre acontecem lacunas na obtenção de dados, podendo ser devido à calibração ou manutenção dos analisadores ou simplesmente por falta de energia. Isto não significa um problema para o cálculo das médias diárias ou anuais se os valores válidos não ficarem abaixo de um limite estabelecido de representatividade. No presente relatório foram utilizados os limites de representatividade abaixo, que são amplamente usados, como por exemplo pela CETESB:

média	critério de representatividade
horária	pelo menos uma média de 30 minutos válida
8 horas	pelo menos 6 médias horárias válidas
diária	pelo menos 16 médias horárias válidas
mensal	pelo menos 2/3 das médias diárias válidas
quadrimestral	pelo menos a metade das médias diárias válidas
anual	todas as três médias quadrimestrais (janeiro-abril, maio-agosto, setembro-dezembro) válidas

Assim, sempre que uma média horária não atinge o critério de representatividade, cria-se uma lacuna na planilha das médias horárias. Dizer que a disponibilidade para 1 hora foi, por exemplo, de 80% significa que do total de 8760 horas do ano, 80% ou 7008 estão disponíveis ou válidas.

Da mesma forma, se para um dia não se obteve pelo menos 16 médias horárias válidas, cria-se uma lacuna na planilha das médias diárias. Dizer que a disponibilidade para 24 horas foi, por exemplo, de 80% significa que das 365 médias diárias do ano, 80% ou 292 estão válidas.

A informação sobre a disponibilidade do equipamento é de suma importância, especialmente quando se comparam resultados de um ano com outro. Isso porque a probabilidade de monitorar uma violação fica cada vez menor, na medida que as lacunas aumentam. Portanto, um número menor de violações pode também ser causado pela menor disponibilidade de informações e não significa necessariamente que a qualidade do ar melhorou nesta proporção. Devido a este fato, a disponibilidade do equipamento consta nas tabelas seguintes deste capítulo.

3.2 Parâmetros da qualidade do ar

Nos capítulos seguintes estão apresentados os resultados do monitoramento em forma de médias de curto prazo (horária ou diária) e de longo prazo (anual) conforme a exigência legal (CONAMA n° 03/90, SEMA n° 041/02, veja Tabela 1). Informações mais detalhadas encontram-se nos Anexos 2 e 3.

O Anexo 2 contém os gráficos da variação média diária das seis estações automáticas. Estes gráficos mostram a dependência das concentrações de poluentes de processos regulares como por exemplo o tráfego de automóveis ou a radiação solar.

No Anexo 3 são apresentadas bússolas com as concentrações médias em função da direção do vento. Estas bússolas demonstram de qual direção os poluentes foram transportados para as estações de monitoramento, e ajudam então a localizar fontes dominantes.

3.2.1 Partículas Totais em Suspensão (PTS)

O componente PTS foi monitorado em duas localidades: em Curitiba na Estação Santa Casa, localizada na Praça Rui Barbosa e em Araucária na Estação Assis automática. Não houve medição de PTS na Estação Boqueirão por falta de uma parte do equipamento (veja explicação mais detalhada no capítulo 3.2.3). Os números de classificações das médias diárias, as médias anuais e as médias diárias máximas estão apresentados na **Tabela 6**.

Tabela 6: Resultados do monitoramento de PTS

monitoramento de PTS no ano de 2002				
PTS Estação: Curitiba, Santa Casa	n° de classificações das médias diárias (janeiro - dezembro)			
	BOA	REGULAR	INADEQUADA	MÁ
	210	131	0	0
Disponibilidade 24h: 93,4%	média anual: 73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ média diária máxima: 237 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (em 22 de abril de 2002) n° de ultrapassagens das médias diárias: zero			
PTS Estação: Araucária Assis automática	n° de classificações das médias diárias (janeiro - dezembro)			
	BOA	REGULAR	INADEQUADA	MÁ
	210	27	0	0
Disponibilidade 24h: 64,9% ¹⁾	média anual: 40,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (último quadrimestre não representativo) ¹⁾ média diária máxima: 162 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (em 09 de novembro de 2002) n° de ultrapassagens das médias diárias: zero			

Nota: 1) não atende ao critério de representatividade

Na Estação Santa Casa foram observadas na maioria das vezes médias diárias até 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (classificação BOA). Nenhuma média diária ultrapassou o padrão primário de 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para 24 horas. A média anual ficou em 73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que atende ao padrão primário de 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. As condições mais desfavoráveis foram encontrados nos meses de inverno, como demonstra o **Gráfico 3**, devido a menor quantidade de chuva e condições geralmente menos favoráveis à dispersão dos poluentes nesta época.

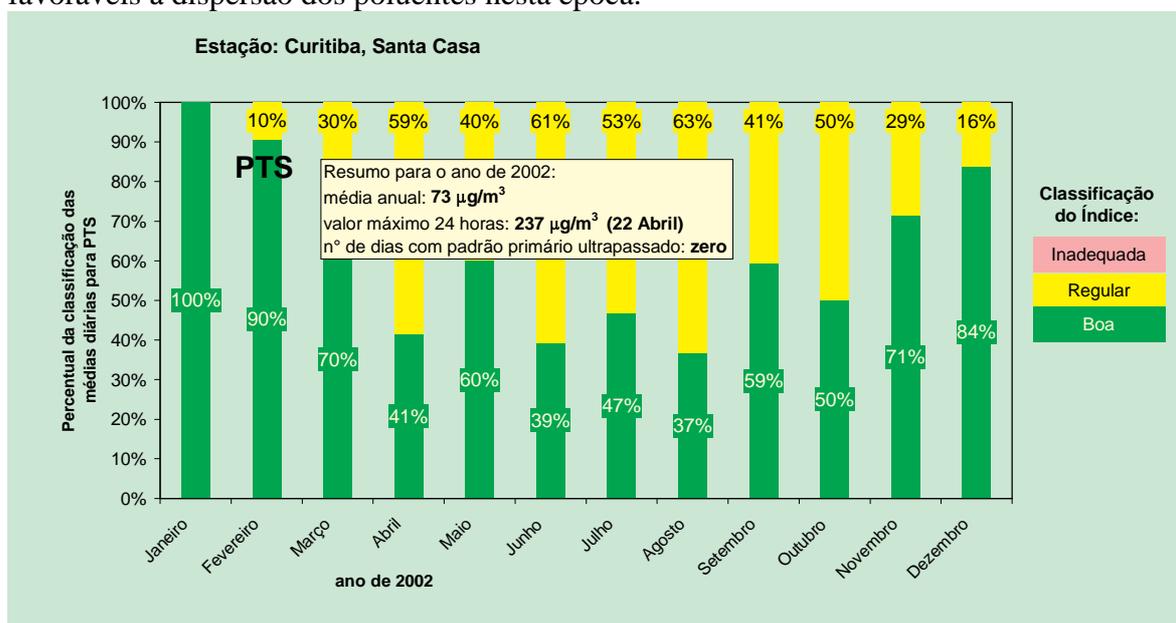


Gráfico 3: Classificação das médias diárias para PTS na Estação Santa Casa no ano de 2002

Analisando o período entre 1990 e 2002 vemos nos **Gráficos 4 e 7** para o ano de 2002 uma situação bem melhor do que em 1990. Em 2002, a maioria das médias diárias (62%) foi da classificação BOA e pela segunda vez a média anual atende ao padrão primário de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nos anos de 2001 e 2002 não houve mais violação do padrão diário de $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mostrando que o ar neste local apresenta-se em condição menos comprometido.

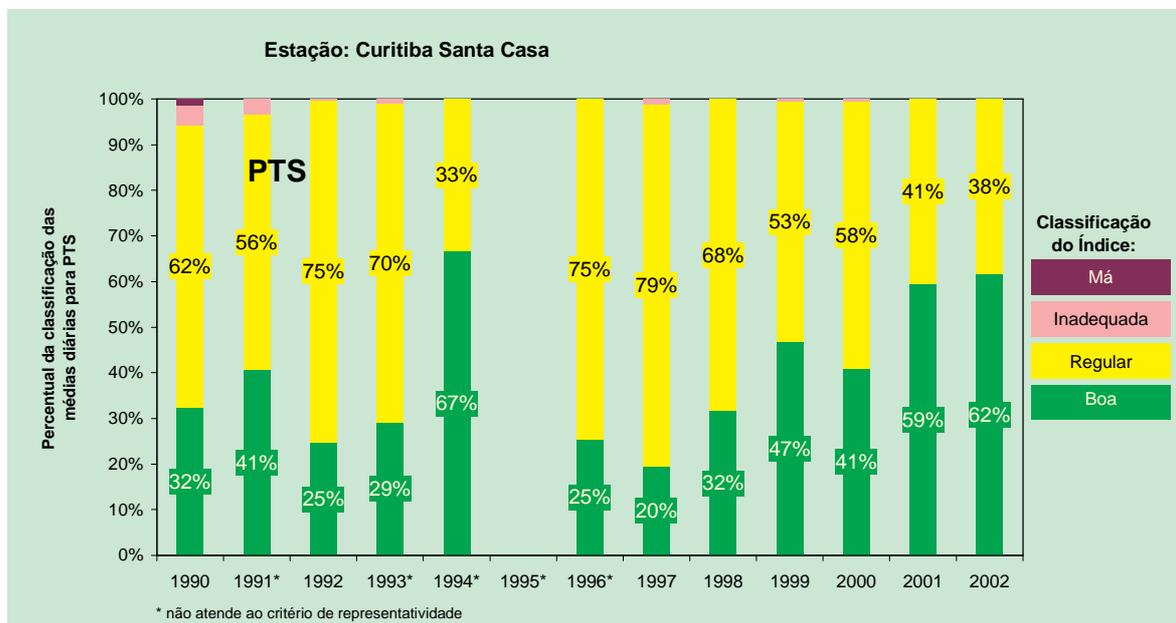


Gráfico 4: Classificação das médias diárias para PTS na Estação Santa Casa entre 1990-2002

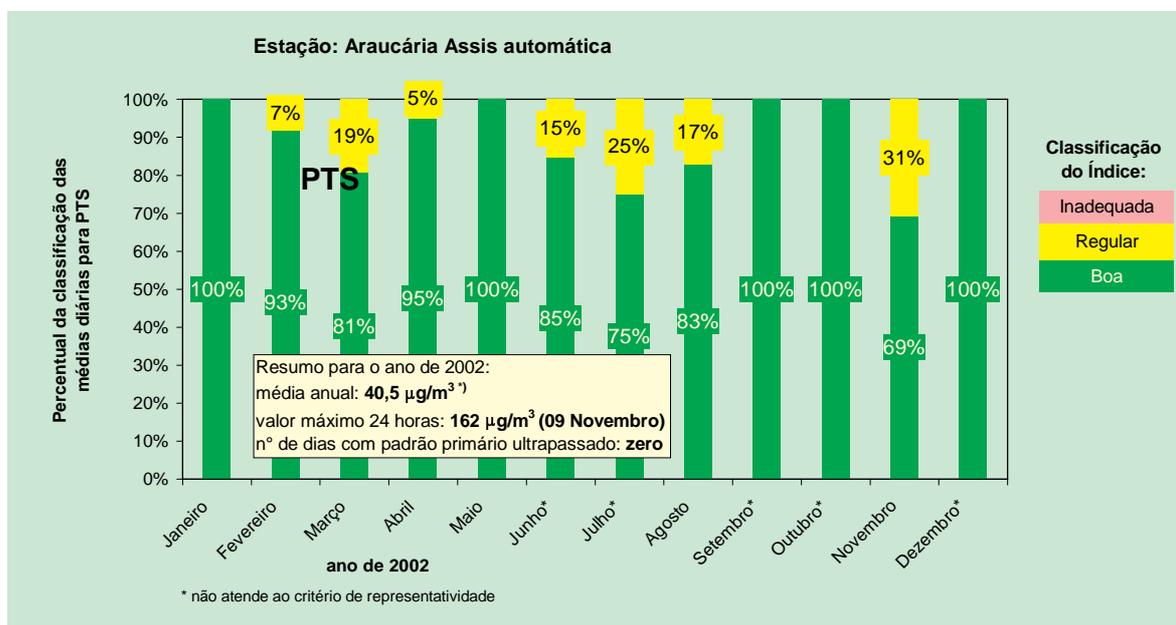


Gráfico 5: Classificação das médias diárias para PTS na Estação Araucária Assis no ano de 2002

Em Araucária a concentração de PTS apresentou uma média anual (não representativa) de $40,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ com 88,6% das médias diárias na classificação BOA, sendo o restante da classificação REGULAR, como mostrado na **Tabela 6**.

3.2.2 Fumaça

O componente Fumaça foi monitorado em quatro localidades: em Curitiba na Estação Santa Casa, localizada na Praça Rui Barbosa e em três localidades de Araucária: na Estação Assis manual, na Estação Seminário e na Estação São Sebastião. Os números de classificações das médias diárias, as médias anuais e as médias diárias máximas estão mostrados na **Tabela 7**.

Tabela 7: Resultados do monitoramento de Fumaça

monitoramento de fumaça no ano de 2002				
Fumaça Estação: Curitiba, Santa Casa	n° de classificações das médias diárias (janeiro - dezembro)			
	BOA	REGULAR	INADEQUADA	MÁ
Disponibilidade 24h: 99,5%	342	20	1	0
	média anual: 14,8 µg/m ³ média diária máxima: 181 µg/m ³ (em 03 de outubro de 2002) n° de ultrapassagens das médias diárias padrão primário 24h (150 µg/m ³): 1 nível de atenção 24h (250 µg/m ³): 0			
Fumaça Estação: Araucária, Assis manual	n° de classificações das médias diárias (janeiro - dezembro)			
	BOA	REGULAR	INADEQUADA	MÁ
Disponibilidade 24h: 99,5%	362	1	0	0
	média anual: 1,5 µg/m ³ média diária máxima: 64 µg/m ³ (em 07 de agosto de 2002) n° de ultrapassagens das médias diárias: zero			
Fumaça Estação: Araucária, Seminário	n° de classificações das médias diárias (janeiro - dezembro)			
	BOA	REGULAR	INADEQUADA	MÁ
Disponibilidade 24h: 94,8%	342	4	0	0
	média anual: 4,8 µg/m ³ média diária máxima: 95 µg/m ³ (em 15 de outubro de 2002) n° de ultrapassagens das médias diárias: zero			
Fumaça Estação: Araucária, São Sebastião	n° de classificações das médias diárias (janeiro - dezembro)			
	BOA	REGULAR	INADEQUADA	MÁ
Disponibilidade 24h: 99,5%	363	0	0	0
	média anual: 0,4 µg/m ³ média diária máxima: 12 µg/m ³ (em 12 de agosto de 2002) n° de ultrapassagens das médias diárias: zero			

Em 2002 houve uma violação do padrão da média diária na Estação Santa Casa em Curitiba no dia 03 de Outubro de 2002. Episódios com alta concentração de fumaça são caracterizados pelo comprometimento da visibilidade como podemos observar na foto seguinte.

As médias anuais se apresentam em todas as localidades bem abaixo do padrão primário, que é de 60 µg/m³. Em geral a classificação ficou na categoria BOA, mesmo no local mais comprometido, Estação Santa Casa. No **Gráfico 6** vemos que 94% das médias diárias de Fumaça registradas na Estação Santa Casa no ano de 2002 foram de classificação BOA, resultado semelhante ao ano de 2001 quando 93% estavam boas. Isto significa uma melhoria comparado com os anos anteriores. A melhoria da média anual foi significativa, como

demonstrado no **Gráfico 7**. Foi registrada em 2002 uma média anual de $14,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valor semelhante ao do ano de 2001, quando foi medido $13,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nos anos anteriores esta média ficava na faixa entre 20 e $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Curitiba, vista do bairro Jardim Social em direção ao Centro no dia 1 de Agosto de 2001 (Foto/Grauer)

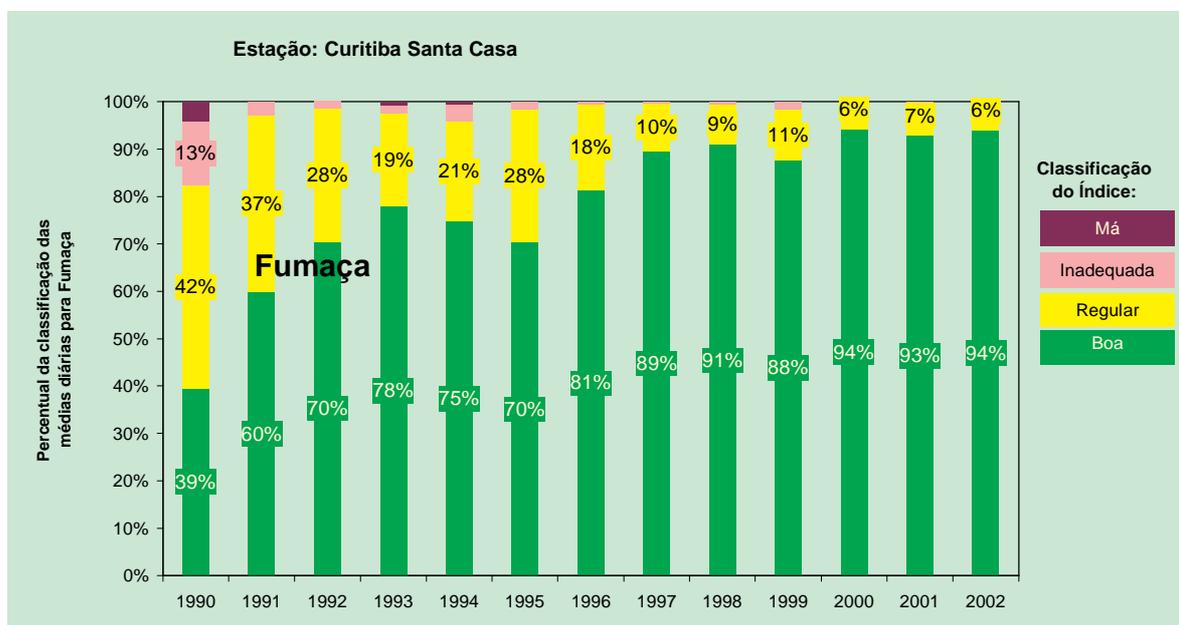


Gráfico 6: Classificação das médias diárias para **Fumaça** na Estação Santa Casa nos anos de 1990-2002

3.2.3 Partículas Inaláveis (PI)

Os analisadores de PTS e PI das estações automáticas Boqueirão e Ouvidor Pardini só entraram em operação no início do ano de 2004, devido à demora dos trâmites de importação da fonte radioativa para análise. A análise da concentração é feita através da leitura da radiação beta emitida por esta fonte, parcialmente absorvida pela amostra e

finalmente registrada por um sensor. Portanto, a fonte é imprescindível para a medição de PTS e PI. Resultados da medição do poluente PI temos apenas para a Estação Araucária CISA, apresentados na tabela a seguir.

Tabela 8: Resultados do monitoramento de PI

monitoramento de Partículas Inaláveis no ano de 2002				
PI	n° de classificações das médias diárias (novembro - dezembro)			
	BOA	REGULAR	INADEQUADA	MÁ
Estação: Araucária, CISA	48	6	0	0
Disponibilidade 24h: 14,8%	média anual: 29,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (novembro - dezembro) ¹⁾			
	média diária máxima: 79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (em 20 de dezembro de 2002)			
	n° de ultrapassagens das médias diárias: zero			

Nota: 1) não atende ao critério de representatividade

A Estação de Araucária CISA operou só nos meses de novembro e dezembro de 2002 o que dificultou nossa avaliação sobre este poluente.

3.2.4 Dióxido de Enxofre (SO₂)

O Dióxido de Enxofre é a substância com o maior número de pontos de monitoramento na RMC. O SO₂ foi monitorado em todas as dez localidades em operação durante o ano de 2002: em Curitiba nas estações Santa Casa, Santa Cândida, Cidade Industrial, Boqueirão, Praça Ouvidor Pardino e em Araucária nas estações Assis (tanto na estação automática como na manual), CISA, Seminário e São Sebastião. Os números de classificações das médias diárias, as médias anuais e as médias diárias máximas estão nas **Tabelas 9 e 10**. Obtivemos 12 médias diárias na classificação REGULAR nestas estações: nessa classificação, 02 foram no Seminário, 03 em Araucária Assis manual, 05 na Estação Araucária CISA e 02 na Estação Santa Casa. O restante dos dados ficou com a classificação BOA. Podemos constatar que a situação referente a SO₂ na RMC continua boa.

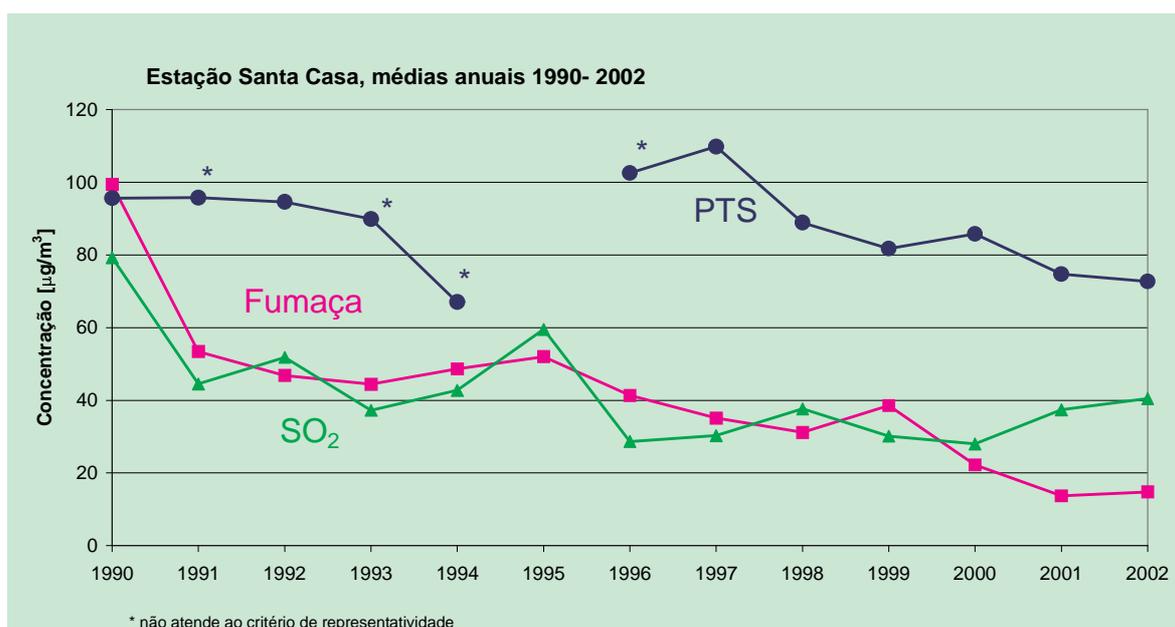


Gráfico 7: Médias anuais para SO₂, Fumaça e PTS no período 1990-2002 na Estação Santa Casa

Estamos já há alguns anos com uma situação boa referente ao poluente SO₂ e, no **Gráfico 7**, vemos como a situação melhorou no período entre 1990 até 1996. A partir desta data até o momento observamos uma situação estável.

Tabela 9: Resultados do monitoramento de SO₂ em Curitiba

monitoramento de SO ₂ no ano de 2002				
SO₂ Estação: Curitiba, Santa Casa	n° de classificações das médias diárias			
	BOA	REGULAR	INADEQUADA	MÁ
Disponibilidade 24h: 99,5%	361	2	0	0
média anual: 40,5 µg/m ³ (janeiro - dezembro) média diária máxima: 96 µg/m ³ (em 08 de agosto de 2002) n° de ultrapassagens das médias diárias: zero				
SO₂ Estação: Curitiba, Santa Cândida	n° de classificações das médias diárias			
	BOA	REGULAR	INADEQUADA	MÁ
Disponibilidade 24h: 13,4% ¹⁾	49	0	0	0
média anual: 1,2 µg/m ³ (janeiro - março) ¹⁾ média diária máxima: 1,8 µg/m ³ (em 08 de março de 2002) n° de ultrapassagens das médias diárias: zero				
SO₂ Estação: Curitiba Cidade Industrial	n° de classificações das médias diárias			
	BOA	REGULAR	INADEQUADA	MÁ
Disponibilidade 24h: 89,6%	327	0	0	0
média anual: 4,0 µg/m ³ (janeiro - dezembro) média diária máxima: 14,4 µg/m ³ (em 25 de julho de 2002) n° de ultrapassagens das médias diárias: zero				
SO₂ Estação: Curitiba, Boqueirão	n° de classificações das médias diárias			
	BOA	REGULAR	INADEQUADA	MÁ
Disponibilidade 24h: 99,5%	363	0	0	0
média anual: 5,4 µg/m ³ (janeiro - dezembro) média diária máxima: 25 µg/m ³ (em 02 de setembro de 2002) n° de ultrapassagens das médias diárias: zero				
SO₂ Estação: Praça Ouvidor Pardinho	n° de classificações das médias diárias			
	BOA	REGULAR	INADEQUADA	MÁ
Disponibilidade 24h: 36,4% ¹⁾	133	0	0	0
média anual: 3,3 µg/m ³ (agosto - dezembro) ¹⁾ média diária máxima: 17,1 µg/m ³ (em 12 de agosto de 2002) n° de ultrapassagens das médias diárias: zero				

Nota: 1) não atende ao critério de representatividade

Tabela 10: Resultados do monitoramento de SO₂ em Araucária

monitoramento de SO ₂ no ano de 2002				
SO₂ Estação: Araucária Assis automática Disponibilidade 24h: 73,2%	n° de classificações das médias diárias			
	BOA	REGULAR	INADEQUADA	MÁ
	267	0	0	0
	média anual: 6,9 µg/m ³ (janeiro - dezembro) média diária máxima: 43,6 µg/m ³ (em 20 de fevereiro de 2002) n° de ultrapassagens das médias diárias: zero			
SO₂ Estação: Araucária, Assis manual Disponibilidade 24h: 99,5%	n° de classificações das médias diárias			
	BOA	REGULAR	INADEQUADA	MÁ
	360	3	0	0
	média anual: 36,0 µg/m ³ (janeiro - dezembro) média diária máxima: 104 µg/m ³ (em 29 de junho de 2002) n° de ultrapassagens das médias diárias: zero			
SO₂ Estação: Araucária, Seminário Disponibilidade 24h: 94,5%	n° de classificações das médias diárias			
	BOA	REGULAR	INADEQUADA	MÁ
	343	2	0	0
	média anual: 30,5 µg/m ³ (janeiro - dezembro) média diária máxima: 89 µg/m ³ (em 22 de março e 22 de abril de 2002) n° de ultrapassagens das médias diárias: zero			
SO₂ Estação: Araucária, São Sebastião Disponibilidade 24h: 99,2%	n° de classificações das médias diárias			
	BOA	REGULAR	INADEQUADA	MÁ
	362	0	0	0
	média anual: 5,1 µg/m ³ (janeiro - dezembro) média diária máxima: 16 µg/m ³ (em 13 de maio de 2002) n° de ultrapassagens das médias diárias: zero			
SO₂ Estação: Araucária CISA Disponibilidade 24h: 31,2% ¹⁾	n° de classificações das médias diárias			
	BOA	REGULAR	INADEQUADA	MÁ
	109	5	0	0
	média anual: 17,7 µg/m ³ (agosto - dezembro) ¹⁾ média diária máxima: 121 µg/m ³ (em 22 de dezembro de 2002) n° de ultrapassagens das médias diárias: zero			

Nota: 1) não atende ao critério de representatividade

3.2.5 Monóxido de Carbono (CO)

A primeira estação a monitorar esta substância foi a Estação Boqueirão que registrou as concentrações de CO a partir do setembro de 2001. Desde agosto de 2002 monitoramos CO também nas estações Praça Ouvidor Pardinho e CISA. Mesmo com a inclusão destas duas estações automáticas, verificamos que os resultados de CO continuaram com os valores baixos na maioria das vezes sendo sua classificação considerada BOA para todas as médias de 8 horas em Curitiba e para 96,3% destas médias em Araucária, onde obtivemos 09 médias na classificação REGULAR na Estação CISA, como demonstrado na **Tabela 11**.

Tabela 11: Resultados do monitoramento de CO

monitoramento de CO no ano de 2002				
CO Estação: Curitiba, Boqueirão	n° de classificações das médias para 8 horas (janeiro - dezembro)			
	BOA	REGULAR	INADEQUADA	MÁ
Disponibilidade 1h: 93,8%	1067	0	0	0
média horária máxima: 6971 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (6,1 ppm) (em 29 de junho de 2002, 19h) média máxima 8 horas: 3347 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2,9 ppm) (em 24 de julho de 2002, 16-24h) n° de ultrapassagens das médias horárias e de 8 horas: zero				
CO Estação: Curitiba, Praça Ouvidor Pardinho	n° de classificações das médias para 8 horas (agosto - dezembro)			
	BOA	REGULAR	INADEQUADA	MÁ
Disponibilidade 1h: 34,8% ¹⁾	400	0	0	0
média horária máxima: 9029 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (7,9 ppm) (em 12 de agosto de 2002, 8h) média máxima 8 horas: 4526 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (4,0 ppm) (em 07 de agosto de 2002, 0-8h) n° de ultrapassagens das médias horárias e de 8 horas: zero				
CO Estação: Araucária, CISA	n° de classificações das médias para 8 horas (agosto - dezembro)			
	BOA	REGULAR	INADEQUADA	MÁ
Disponibilidade 1h: 22,4% ¹⁾	237	9	0	0
média horária máxima: 12.320 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (10,8 ppm) (em 03 de setembro de 2002, 13h) média máxima 8 horas: 6443 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (5,6 ppm) (em 29 de dezembro de 2002, 16-24h) n° de ultrapassagens das médias horárias e de 8 horas: zero				

Nota: 1) não atende ao critério de representatividade

3.2.6 Ozônio (O₃)

As concentrações de O₃ foram registradas nas seis estações automáticas Santa Cândida, Cidade Industrial, Boqueirão, Praça Ouvidor Pardinho, Araucária Assis e Araucária CISA. A **Tabela 12** apresenta os números de classificações das médias horárias e as médias horárias máximas destas estações.

Tabela 12: Resultados do monitoramento de O₃

monitoramento de O ₃ no ano de 2002				
O₃ Estação: Curitiba Santa Cândida Disponibilidade 1h: 1,4% ¹⁾	n° de classificações das médias horárias (só em outubro)			
	BOA	REGULAR	INADEQUADA	MÁ
	116	5	0	0
	média horária máxima: 85 µg/m ³ (em 06 de outubro de 2002, 13h)			
	n° de ultrapassagens das médias horárias			
	padrão primário 1h (160 µg/m ³): 0	nível de atenção 1h (400 µg/m ³): 0		
O₃ Estação: Curitiba Cidade Industrial Disponibilidade 1h: 89,0%	n° de classificações das médias horárias (janeiro - dezembro)			
	BOA	REGULAR	INADEQUADA	MÁ
	7414	377	3	0
	média horária máxima: 175 µg/m ³ (em 21 de fevereiro de 2002, 15h)			
	n° de ultrapassagens das médias horárias			
	padrão primário 1h (160 µg/m ³): 3	nível de atenção 1h (400 µg/m ³): 0		
O₃ Estação: Boqueirão Disponibilidade 1h: 98,4%	n° de classificações das médias horárias (janeiro - dezembro)			
	BOA	REGULAR	INADEQUADA	MÁ
	8390	227	4	0
	média horária máxima: 195 µg/m ³ (em 18 de março de 2002, 13h)			
	n° de ultrapassagens das médias horárias			
	padrão primário 1h (160 µg/m ³): 4	nível de atenção 1h (400 µg/m ³): 0		
O₃ Estação: Praça Ouidor Pardinho Disponibilidade 1h: 36,6% ¹⁾	n° de classificações das médias horárias (agosto - dezembro)			
	BOA	REGULAR	INADEQUADA	MÁ
	3078	127	0	0
	média horária máxima: 135 µg/m ³ (em 29 de dezembro de 2002, 15h)			
	n° de ultrapassagens das médias horárias (Agosto - Dezembro)			
	padrão primário 1h (160 µg/m ³): 0	nível de atenção 1h (400 µg/m ³): 0		
O₃ Estação: Araucária Assis automática Disponibilidade 1h: 68,3%	n° de classificações das médias horárias (janeiro - dezembro)			
	BOA	REGULAR	INADEQUADA	MÁ
	5476	498	9	0
	média horária máxima: 252 µg/m ³ (em 29 de janeiro de 2002, 12h)			
	n° de ultrapassagens das médias horárias			
	padrão primário 1h (160 µg/m ³): 9	nível de atenção 1h (400 µg/m ³): 0		
O₃ Estação: Araucária CISA Disponibilidade 1h: 23,0% ¹⁾	n° de classificações das médias horárias (setembro a dezembro)			
	BOA	REGULAR	INADEQUADA	MÁ
	1957	57	0	0
	média horária máxima: 123 µg/m ³ (em 09 de outubro de 2002, 12h)			
	n° de ultrapassagens das médias horárias			
	padrão primário 1h (160 µg/m ³): 0	nível de atenção 1h (400 µg/m ³): 0		

Nota: 1) não atende ao critério de representatividade

Embora na maioria das vezes a classificação esteve na categoria BOA, ocorreram na Estação Cidade Industrial 03 violações do padrão primário, na Estação Boqueirão foram 04 violações do padrão primário e na Estação Assis automática foram 09 violações do padrão primário, totalizando 16 violações. Nenhum lugar atingiu o nível de atenção. O número de

violações caiu de 524 no ano de 2000 para 129 em 2001 chegando em 16 no ano de 2002. Os períodos que apresentaram altas concentrações de O₃ foram o verão e a primavera, como demonstrado no **Gráfico 8**.

O fato de haver ao todo bem menos violações no ano de 2002, comparado com os anos anteriores, é uma boa notícia, porém não sabemos ainda se esta diminuição significa uma tendência para um ar melhor ou se isto é apenas uma variação dentro do normal de um ano para o outro. Teremos que acompanhar os próximos anos para confirmar esta tendência.

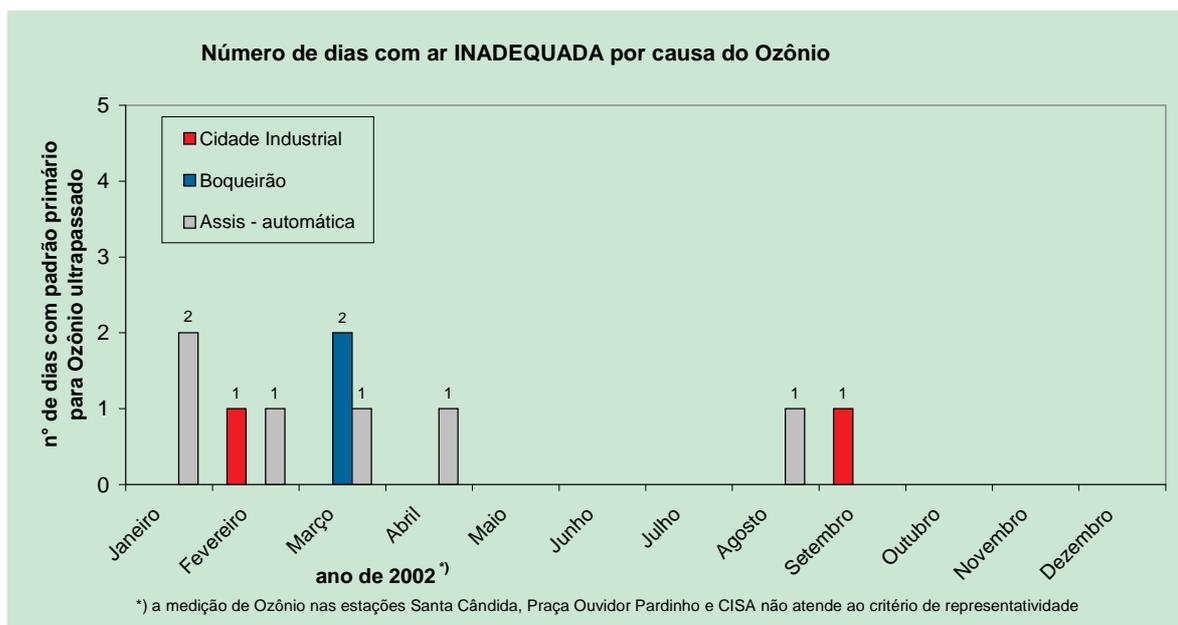


Gráfico 8: Dias com a qualidade do ar INADEQUADA por causa do **Ozônio**

Nos **Gráficos 9, 10, e 11** vemos como foi a distribuição da classificação do Índice de qualidade do ar nestas três estações durante o ano de 2002. A comparação dos resultados deve levar em consideração a respectiva disponibilidade da medição.



Gráfico 9: Classificação das médias horárias para **Ozônio** na Estação Cidade Industrial

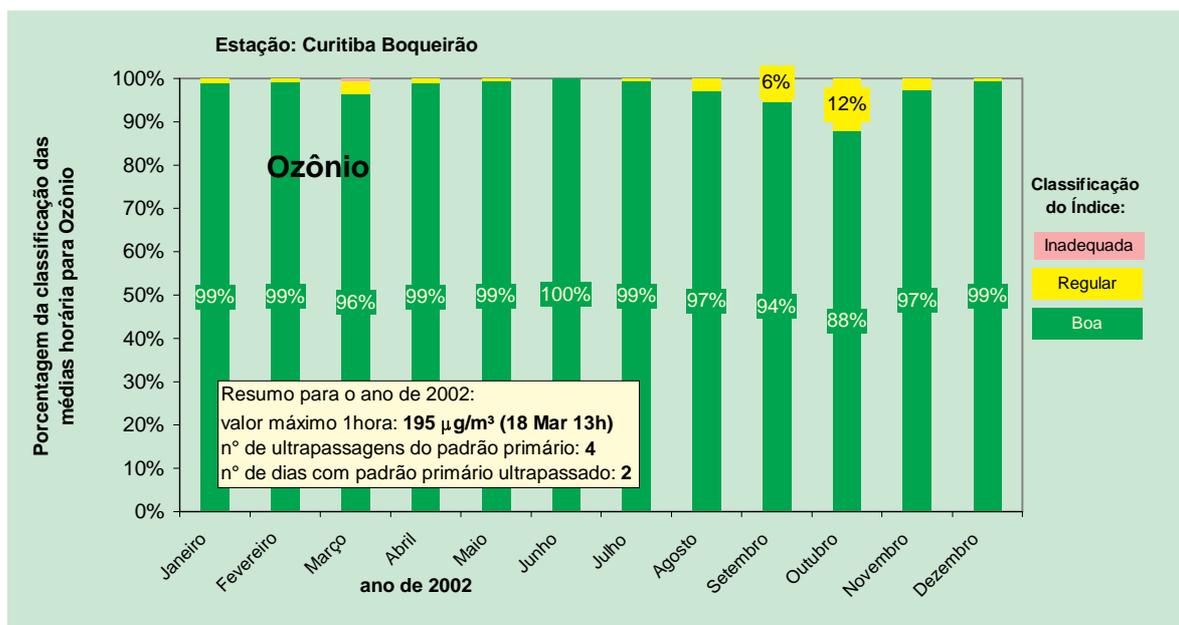


Gráfico 10: Classificação das médias horárias para **Ozônio** na Estação Boqueirão

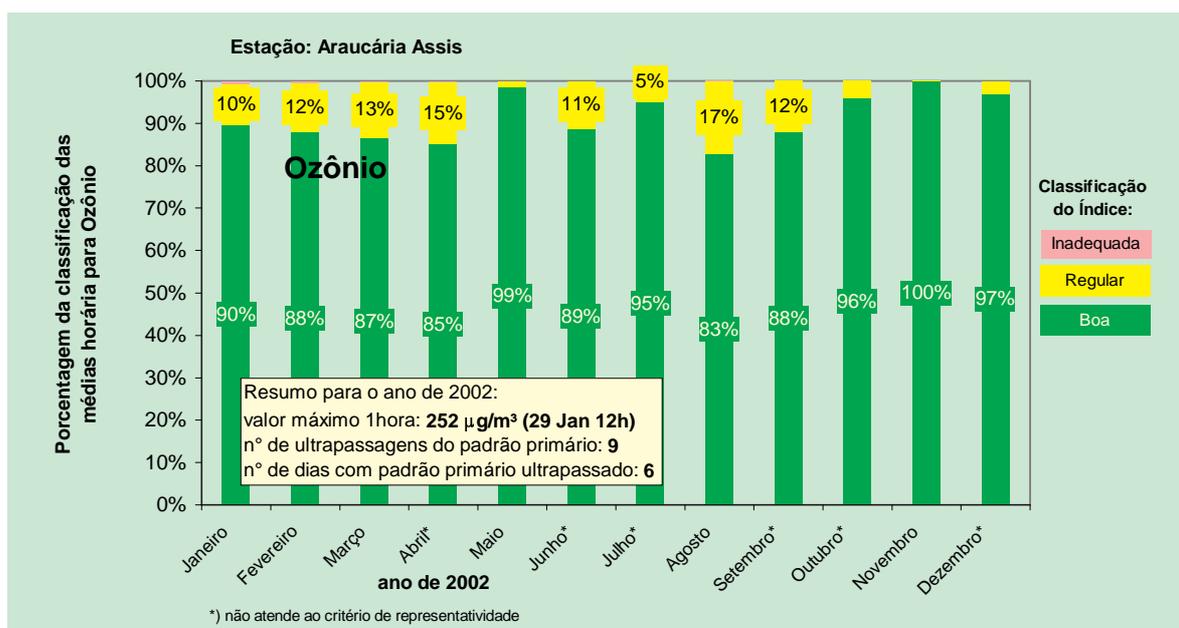


Gráfico 11: Classificação das médias horárias para **Ozônio** na Estação Assis automática

3.2.7 Dióxido de Nitrogênio (NO_2)

As concentrações de NO_2 foram registradas nas cinco estações automáticas: Santa Cândida, Cidade Industrial, Boqueirão, Araucária Assis e Araucária CISA. Na **Tabela 13** estão apresentados os números de classificações das médias horárias, as médias horárias máximas e as médias anuais destas estações.

Tabela 13: Resultados do monitoramento de NO₂

monitoramento de NO ₂ no ano de 2002				
NO ₂ Estação: Curitiba Santa Cândida	n° de classificações das médias horárias (março - abril)			
	BOA	REGULAR	INADEQUADA	MÁ
Disponibilidade 1h: 10,3% ¹⁾	902	0	0	0
média anual: 12,4 µg/m ³ (março - abril) ¹⁾ média horária máxima: 63 µg/m ³ (em 26 de abril de 2002 às 22h) n° de ultrapassagens das médias horárias: zero				
NO ₂ Estação: Curitiba Cidade Industrial	n° de classificações das médias horárias (janeiro - dezembro)			
	BOA	REGULAR	INADEQUADA	MÁ
Disponibilidade 1h: 81,8%	7078	87	0	0
média anual: 22,2 µg/m ³ (janeiro - dezembro) média horária máxima: 186 µg/m ³ (em 25 de julho de 2002 às 18h) n° de ultrapassagens das médias horárias: zero				
NO ₂ Estação: Curitiba Boqueirão	n° de classificações das médias horárias (não operou de março à julho)			
	BOA	REGULAR	INADEQUADA	MÁ
Disponibilidade 1h: 49,6 % ¹⁾	4341	1	0	0
média anual: 15,8 µg/m ³ (não operou de março à julho) ¹⁾ média horária máxima: 104 µg/m ³ (em 14 de novembro de 2002 às 20h) n° de ultrapassagens das médias horárias: zero				
NO ₂ Estação: Araucária Assis automática	n° de classificações das médias horárias (não operou em abril)			
	BOA	REGULAR	INADEQUADA	MÁ
Disponibilidade 1h: 65,0%	5626	70	0	0
média anual: 22,5 µg/m ³ (não operou em abril) média horária máxima: 281 µg/m ³ (em 28 de junho de 2002 às 22h) n° de ultrapassagens das médias horárias: zero				
NO ₂ Estação: Araucária CISA	n° de classificações das médias horárias (agosto – dezembro)			
	BOA	REGULAR	INADEQUADA	MÁ
Disponibilidade 1h: 28,6% ¹⁾	2503	5	0	0
média anual: 26,2 µg/m ³ (agosto – dezembro) ¹⁾ média horária máxima: 127 µg/m ³ (em 8 de agosto de 2002 às 22h) n° de ultrapassagens das médias horárias: zero				

Nota: 1) não atende ao critério de representatividade

Na grande maioria foram observadas BOAS classificações, algumas REGULARES e nenhuma INADEQUADA. A época com concentrações elevadas é o inverno, como demonstrado nos **Gráficos 12 e 13**.

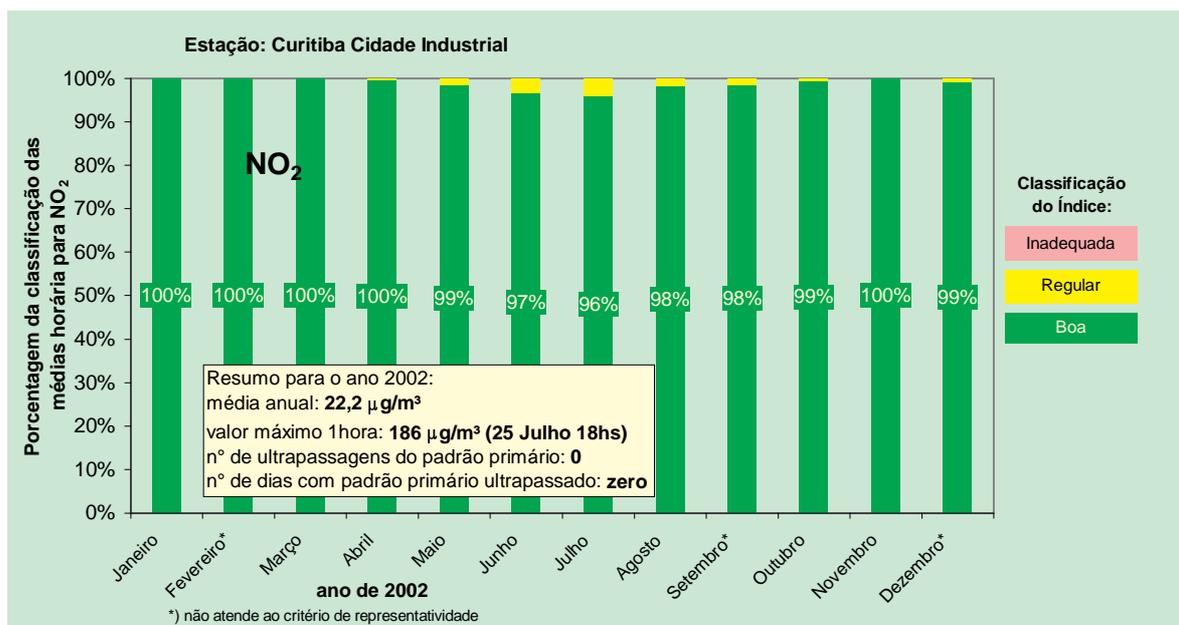


Gráfico 12: Classificação das médias horárias para NO_2 na Estação Cidade industrial

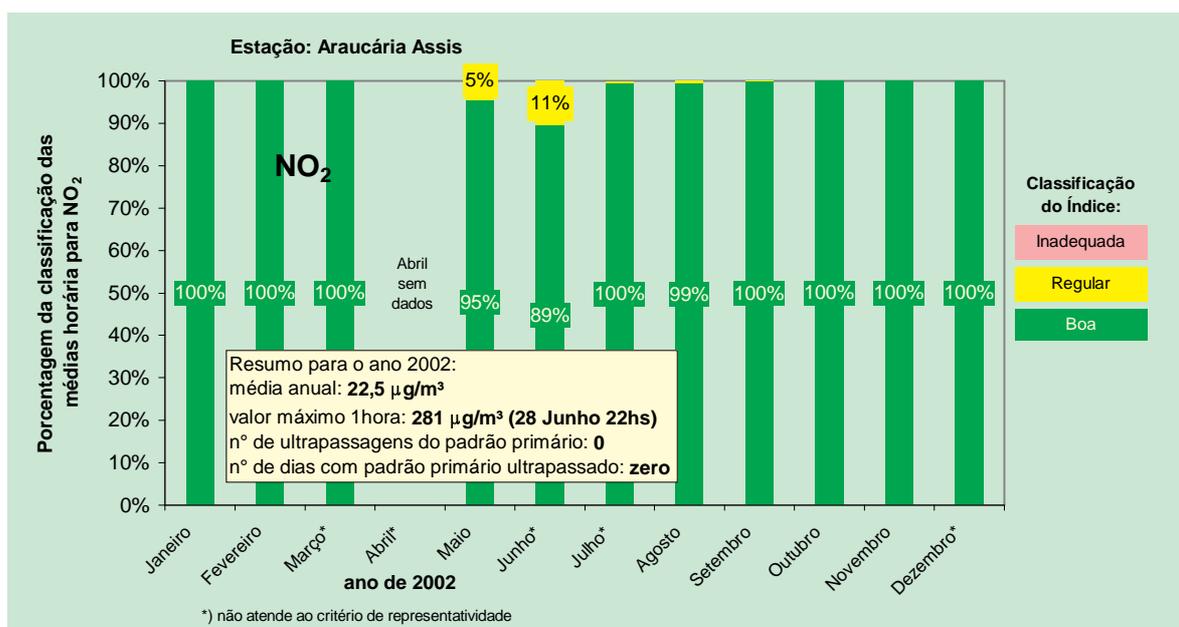


Gráfico 13: Classificação das médias horárias para NO_2 na Estação Assis

3.3 Dias com a qualidade do ar INADEQUADA

O número de dias com a qualidade do ar INADEQUADA caiu de 97, no ano de 2000, para 35 no ano de 2001 até 10 no ano de 2002. Esta queda é causada pela diminuição das violações do padrão para Ozônio. Sem dúvida, uma notícia boa. No entanto, não podemos ainda concluir que o problema da poluição atmosférica está resolvido, porque o atendimento ao padrão depende além da quantidade de poluentes lançados na atmosfera também das condições climáticas e de dispersão que podem variar de um ano para o outro, enquanto a quantidade de poluentes lançados na atmosfera durante um ano é mais constante. Em outras palavras, não sabemos ainda, se em primeiro lugar as condições climáticas e de dispersão do ano de 2002 favoreceram esta queda dos dias INADEQUADOS ou se a melhoria da qualidade do

ar é basicamente o resultado de menos emissão, por exemplo, causado por processos industriais mais eficientes e veículos mais modernos e menos poluentes.

4 Conclusão

A Região Metropolitana de Curitiba não pode ser chamada de um lugar poluído. O ar da Região é na maioria das vezes de BOA qualidade ou REGULAR. O número das situações INADEQUADAS caiu muito: de 529 no ano de 2000 para 130 no ano de 2001 até 17 no ano de 2002.

4.1 Situação atual da qualidade do ar na RMC

Resumidamente, por poluente, apresentamos a seguir a situação da qualidade do ar na RMC.

PTS:

Em Curitiba foi registrada uma leve melhoria no ano de 2002 comparado com o ano de 2001, enquanto a concentração em Araucária aumentou. A média anual aumentou em Araucária de 14,9 para 40,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e em Curitiba diminuiu de 75 para 73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Como no ano anterior, não foi registrada ultrapassagem do padrão primário diário no ano de 2002.

Fumaça:

Observamos uma situação estável referente ao ano anterior. A concentração deste poluente é na grande maioria das vezes de categoria BOA. Aconteceu 01 violação do padrão primário diário na Estação Santa Casa em 2002, resultado idêntico ao do ano anterior. A média anual em 2002 comparado com o ano de 2001 aumentou em Curitiba de 13,8 para 14,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. O valor diário máximo em 2002, de 181 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, foi menor do que no ano de 2001, quando foi registrado 206 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Em Araucária as médias anuais encontraram-se muito baixas, na faixa de 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

PI:

Infelizmente, ainda temos poucas informações a respeito. Somente obtivemos medições da Estação Araucária CISA no período de novembro a dezembro, dificultando a avaliação deste poluente porque estes meses são considerados menos críticos. No período avaliado registramos médias diárias que enquadraram em 89% na categoria BOA e o restante na categoria REGULAR.

SO₂:

A situação continua BOA, embora tenha sido registrado um acréscimo em Curitiba, na Estação Santa Casa, de 37 para 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que foi o local com a maior média anual. Na rede inteira composta de 10 estações ocorreram apenas 12 médias diárias da categoria REGULAR, sendo o restante na categoria BOA. Não ocorreram violações de padrão primário.

CO:

Mesmo com a ampliação da rede com mais duas estações automáticas em agosto de 2002, uma em Curitiba na Praça Ouvidor Pardinho e uma em Araucária na CISA, verificamos que os resultados de CO continuaram com os valores baixos, sendo sua classificação considerada BOA. Só na estação de Araucária CISA obtivemos 09 médias de 08 horas na classificação REGULAR.

O₃:

A situação do Ozônio está melhorando. Porém, o acompanhamento deste poluente ainda tem pouco tempo e os dados disponíveis não permitem uma conclusão definitiva. Na Estação Santa Cândida não foi registrada nenhuma violação pelo fato que esta estava praticamente parada o ano inteiro. Na Estação Cidade Industrial foi registrada uma queda de 60 para 03 violações e em Araucária Assis a queda foi de 53 para 09 violações. Somente na Estação Boqueirão o número das violações subiu de 02 para 04, o que não é um aumento real, pois no ano de 2001 ela foi operada em apenas 4 meses, enquanto que no ano de 2002 foi operada o ano inteiro.

As concentrações altas de O₃ são causadas pela radiação solar que transforma os precursores, os quais são hidrocarbonetos e NO_x (NO_x=NO+NO₂), em O₃. Hidrocarbonetos são emitidos por veículos automotores através do cano de escape, como produto de combustão incompleta, ou através de perdas por evaporação. O abastecimento com combustível no posto também libera hidrocarbonetos para a atmosfera. Os processos de queima na indústria geralmente emitem poucos hidrocarbonetos. Uma quantidade maior de hidrocarbonetos pode ser emitida por indústrias químicas ou indústrias de tratamento de superfícies, como por exemplo a pintura.

NO_x é uma substância, na prática, gerada apenas nos processos de combustão. A combustão interna dos automotores, tanto motores Diesel como motores de ciclo Otto, gera grandes quantidades de NO_x porque a queima acontece com temperaturas muito elevadas, a qual favorece a formação deste poluente. Se o veículo não possui um catalisador, todo poluente gerado na combustão vai para a atmosfera. Os processos de queima nas indústrias também emitem NO_x, só que lá não operam motores, senão fornalhas, que queimam gás, lenha, óleo, etc. As temperaturas de queima nestas fornalhas não são tão altas como nos motores e por isto os processos industriais geram concentrações de NO_x mais baixas do que os motores.

Outra diferença importante entre automóveis e indústrias é o fato de que a maior parte das indústrias da RMC está localizada a oeste do centro de Curitiba. Como a predominância dos ventos é de leste, na maioria das vezes as emissões industriais estão sendo levadas para fora (a jusante) de Curitiba. As concentrações altas de O₃, tanto no oeste como no leste de Curitiba, não são explicadas pelas atividades industriais, mas principalmente pelas emissões do tráfego de veículos. A implantação da inspeção veicular, que se encontra mais uma vez em discussão no Paraná, ajudará no controle das emissões veiculares. Esta importante ferramenta para o controle da poluição atmosférica não deve ficar esquecida.

NO₂:

A concentração do NO₂ aumentou, embora a comparação com o ano anterior seja dificultada pelas diferenças observadas na disponibilidade do equipamento. Na Cidade Industrial a média anual aumentou de 17,1 para 22,2 µg/m³. No Boqueirão este aumento foi de 14,9 para 15,8 µg/m³ e em Araucária na Estação Assis de 20,0 para 22,5 µg/m³. A média horária máxima também aumentou. Como exemplo, na Estação Assis passou de 198 para 281 µg/m³. Não foram registradas violações. O aumento da concentração deste poluente indica uma contribuição maior do tráfego motorizado para o total das emissões atmosféricas.

Falta de dados representativos para O₃ e NO₂:

Nossa meta é sempre apresentar valores representativos, porém isto nem sempre foi atingido no ano de 2002. Para cumpri-la encontra-se em fase de viabilização um convênio de cooperação técnica entre o Instituto Ambiental do Paraná – IAP e o LACTEC para a operação da rede.

4.2 A gestão de qualidade do ar

O monitoramento é um elemento central da gestão de qualidade do ar, porém um elemento passivo. Para melhorar a qualidade do ar é preciso também elementos ativos, os quais são:

1. levantamento das fontes emissoras;
2. controle das fontes móveis;
3. controle das fontes fixas;
4. planejamento de metas e medidas.

1: Levantamento das fontes emissoras:

O levantamento é importante porque através dele podemos responder as principais perguntas sobre a gestão da qualidade do ar: Qual é a maior fonte? Onde está localizada? Quais as substâncias emitidas? Qual o potencial para melhorar?

As fontes de emissões atmosféricas são o tráfego e as atividades industriais.

O IAP realizou um levantamento preliminar das emissões industriais, trabalho que subsidiou o estabelecimento dos padrões de emissão para uma grande variedade de processos industriais e que constam na Resolução 041/02 da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

2: Controle das fontes móveis:

Já contamos no Brasil, há algum tempo, com os critérios e controles para a emissão de poluentes para veículos novos, definidos pela União. É responsabilidade dos Estados o controle das emissões de veículos em uso. O **Plano de Controle da Poluição por Veículos em Uso** para o Paraná, previsto na legislação nacional, foi elaborado por uma equipe composta por técnicos do IAP, LACTEC e TECPAR e servirá de base para a implantação do **Programa de Inspeção e Manutenção de Emissões e Ruídos de Veículos em Uso, que se encontra em fase final de avaliação.**

O Relatório de Inspeção Veicular no Estado do Rio de Janeiro, pioneiro no Brasil desde 1998, revela que na faixa dos veículos mais antigos, 70% foram reprovados e, dos mais modernos, cerca de 10% [FEEMA, DETRAN-RJ 2001], evidenciando as melhorias tecnológicas na construção de motores e estimulando a renovação da frota. O Relatório mostra também a falta de manutenção dos veículos, por parte dos usuários, mesmo com as melhorias introduzidas nos motores. É portanto uma questão também de educação ambiental para que o cidadão cumpra a sua parte, pois ele é, certamente o mais afetado pela poluição e o mais interessado no controle da poluição veicular. Não devemos deixar de aproveitar este potencial para melhorar a qualidade do ar.

3: Controle das fontes fixas:

As fontes industriais devem também ser controladas. A melhor solução para esta tarefa é a participação ativa da indústria.

O monitoramento das emissões muitas vezes é de interesse da indústria, porque além de fornecer informações ambientais, informa sobre o desempenho e a eficiência dos processos.

O automonitoramento das emissões atmosféricas passou a ser obrigatório no Paraná, a partir da publicação da Lei Estadual 13.806/02, e foi regulamentado pela Resolução SEMA nº 041/02. As atividades potencialmente poluidoras terão que atender aos padrões estaduais de emissão até 2007 e, realizar e informar periodicamente ao IAP suas medições.

O procedimento está em plena execução e passa, a partir de agora, a alimentar um banco de informações sobre as emissões das fontes de poluição, que alimentará o inventário estadual, instrumento indispensável à gestão da qualidade do ar.

O Paraná é o único Estado brasileiro a contar com uma legislação completa para gestão da qualidade do ar, inclusive com padrões de emissão para fontes fixas de emissão atmosférica. Esse trabalho pioneiro está agora contribuindo para a Resolução nacional do CONAMA, que está em fase de elaboração.

4: Planejamento de metas e medidas:

O Relatório Anual de Qualidade do Ar é um instrumento onde metas e medidas para melhorar a qualidade do ar são apresentadas e avaliadas. Hoje ainda não dispomos de um plano que defina as medidas a serem adotadas para recuperar a qualidade do ar em períodos de categoria INADEQUADA. Mas os trabalhos de levantamento de fontes iniciados pelo IAP vão contribuir para o planejamento dessas medidas. Uma questão fundamental será como limitar as emissões veiculares. A implantação do **Programa de Inspeção e Manutenção de Emissões e Ruídos de Veículos em Uso** seguramente vai ajudar nesta tarefa. Em paralelo, e de forma geral, será necessário pensar como podemos incentivar as formas menos poluentes de transporte, como por exemplo:

- planejamento urbano com o foco em evitar congestionamentos;
- incentivar o uso do transporte público;
- incentivar o uso de combustíveis limpos (biocombustíveis e gás)
- incentivar a população a compartilhar o veículo particular com colegas no caminho para o trabalho ou para a escola;
- incentivar o uso da bicicleta;
- incentivar caminhadas a pé;

Especialmente, considerando os últimos dois pontos, vemos que existe um potencial para melhorar. Muitos cruzamentos, mesmo no centro de Curitiba, não possuem sinalização para pedestres, o que além de apresentar uma falta de segurança, não contribui para que uma caminhada seja uma boa alternativa para a viagem motorizada. É possível oferecer mais conforto e segurança para as formas menos poluentes de transporte.

4.3 Gás natural veicular (GNV) - uma solução para as emissões veiculares?

Gás natural virou sinônimo de combustível limpo. Com razão, pois oferece vantagens ambientais na queima. Quais estas vantagens? A resposta é que depende do uso. Temos que diferenciar a resposta para o uso industrial e o uso veicular.

Na indústria, o uso de gás natural pode substituir um combustível líquido (por exemplo: óleo pesado), ou um combustível sólido (por exemplo: lenha). A vantagem em termos ambientais do gás natural é que a sua queima não libera material particulado (MP), nem SO₂ para a atmosfera, como é o caso na indústria que queima óleo pesado (emissão de MP e SO₂) ou lenha (emissão de MP). Por isso merece ser chamado de combustível limpo.

O uso de gás natural em veículos tampouco libera material particulado ou SO₂ para a atmosfera, como na indústria. Só que a queima de gasolina também não libera estas substâncias, resultando portanto o uso de gás numa vantagem nula para o meio ambiente. A diferença surge ao consideramos o NO_x. Esta substância é formada durante a queima, devido à temperatura elevada, e é liberada por todos os processos de queima, relativamente independente do combustível. A indústria geralmente não tem equipamentos de remoção para NO_x, enquanto que os veículos mais novos sim: o catalisador. Ele converte NO_x em Nitrogênio, que é inofensivo. Para um bom funcionamento do catalisador, é necessária uma mistura de combustível com o ar numa proporção definida, chamada estequiométrica. Através

de um sensor de oxigênio, depois do motor, a injeção eletrônica consegue ajustar esta mistura estequiométrica. Acontece que certas conversões para gás natural desligam este ajuste eletrônico da mistura e, como consequência, o desempenho do catalisador pode cair consideravelmente. Então é possível, que um veículo com catalisador, movido à gás, emita mais NO_x pelo cano de escape do que um movido à gasolina e com bom funcionamento do catalisador. Porém, uma vantagem evidente para veículos a gás é verificada quando nos referimos às emissões por evaporação, pois as substâncias do gás natural, basicamente metano, são inofensivas quando comparadas com as da gasolina e não contribuem para a formação de Ozônio.

Enfim, o gás natural tem potencial para ser um combustível mais limpo do que a gasolina. Porém, como o uso de gás natural para veículos é liberado de forma geral, não é exigido atualmente um exame das emissões do veículo convertido, basta que a conversão seja feita numa oficina credenciada. Por isso não sabemos informar em termos quantitativos sobre a vantagem do GNV. Seria bom examinar alguns veículos antes e depois da conversão. Feitos os exames, poderemos responder com objetividade e de forma quantitativa a questão: "Em quanto os veículos a gás podem contribuir para diminuir as emissões veiculares e desta forma proteger o nosso valioso bem comum, o ar?"

5 Bibliografia

COMEC: Página da Internet “O que é a RMC”, abril de 2002

DETRAN-PR, COORDENADORIA DE VEÍCULOS; IBGE/IPARDES: ÍNDICE DE MOTORIZAÇÃO NO ESTADO DO PARANÁ - 1997 a 2002

DETRAN-PR, COORDENADORIA DE VEÍCULOS: FROTA DE VEÍCULOS CADASTRADOS NO ESTADO DO PARANÁ, POR TIPO DE COMBUSTÍVEL, NO ANO DE 2002

FEEMA, DETRAN-RJ: Poluição veicular no Estado do Rio de Janeiro, ano 2001

FOLHA DE S.PAULO: Crianças perdem capacidade pulmonar; edição 18 de setembro de 2000, página C3.

GAZETA DO POVO: Artigo do Professor Aurélio Bolsanello: Biodiversidade, questão moral; edição 08 de outubro de 2000, Especial.

IPARDES: Paraná – Projeções das Populações Municipais por Sexo e Idade 2000 a 2010, 2000.

IPPUC: Curitiba digital - Mapa de Arruamento - 2000 IPPUC - Prefeitura de Curitiba

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE: Guidelines for Air Quality, 1999.

PAULO ARTAXO: Poluição do ar: Das questões globais ao meio ambiente urbano. 5. Congresso Internacional de Direito Ambiental, de 4 a 7 de junho 2001 – São Paulo, 191-192.

PENNA MLF, DUCHIADE MP: Contaminación del aire y mortalidad infantil for neumonia. Boletín Oficial Sanidad Panamericana 110, 199-206, 1991.

SALDIVA PHN, POPE CA III, SCHWARTZ J, DOCKERY DW, LICHTENFELDS AJ, SALGE JM BARONE Y, BOHM GM: Air pollution and mortality in elderly people: a time series study in São Paulo, Brazil. Archives of Environmental Health 50: 159-164, 1995.

SPIEGEL ONLINE: Studie: Ozon fördert Allergien und Asthma; edição 20 de junho de 2001.



ESTAÇÃO AUTOMÁTICA: CURITIBA CIDADE INDUSTRIAL

[IPPUC, 2000]

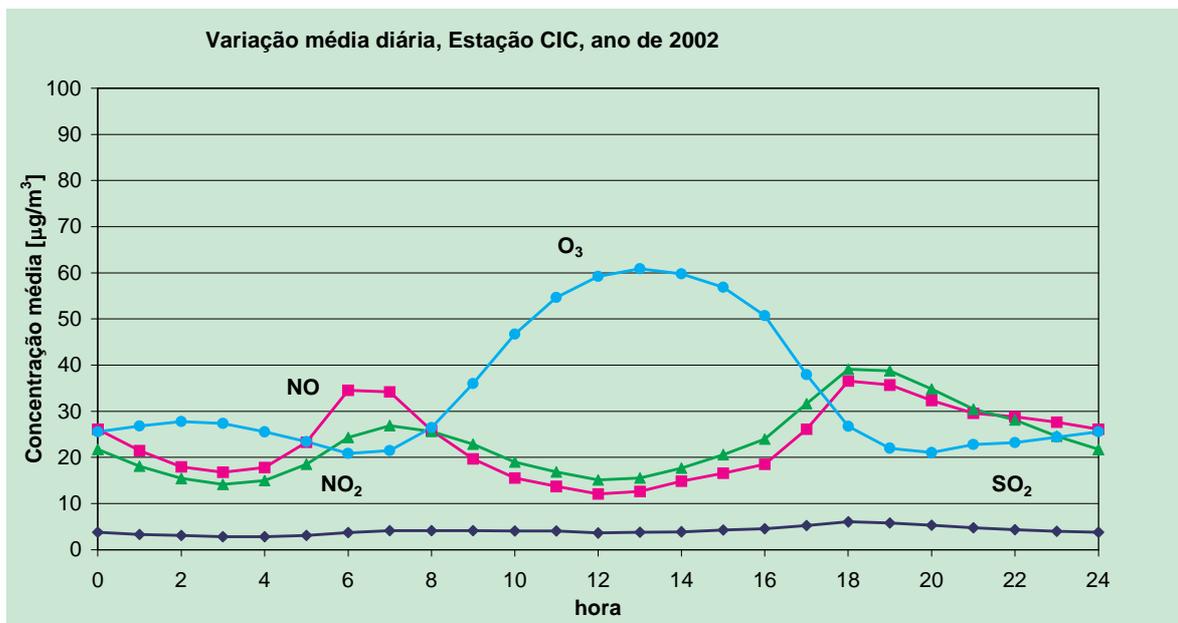
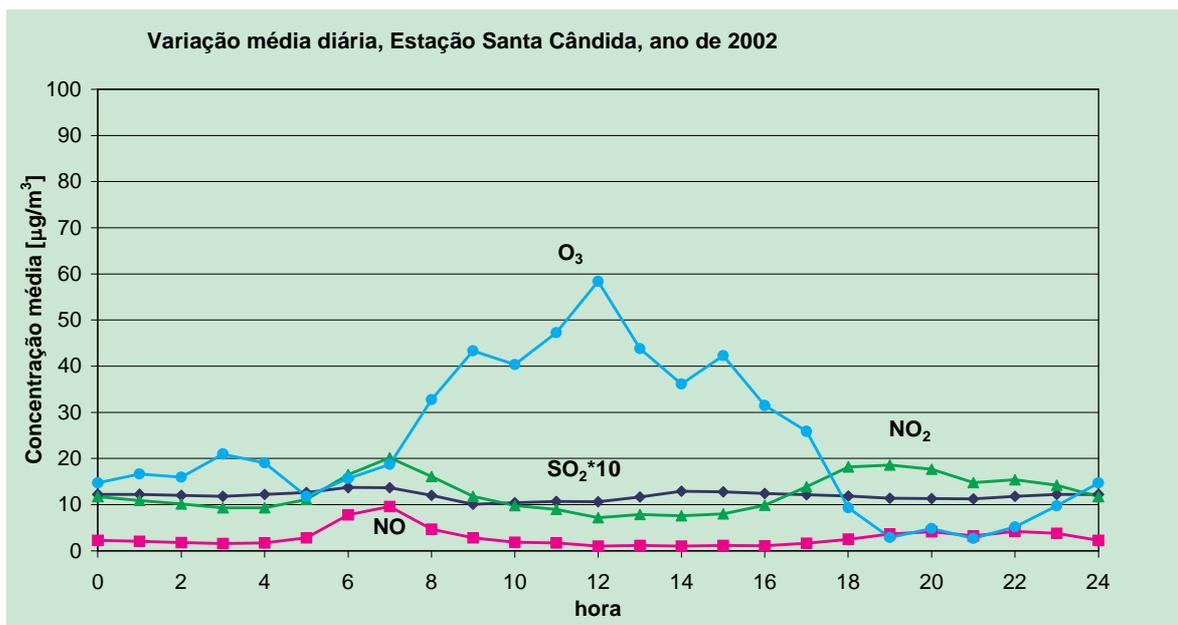


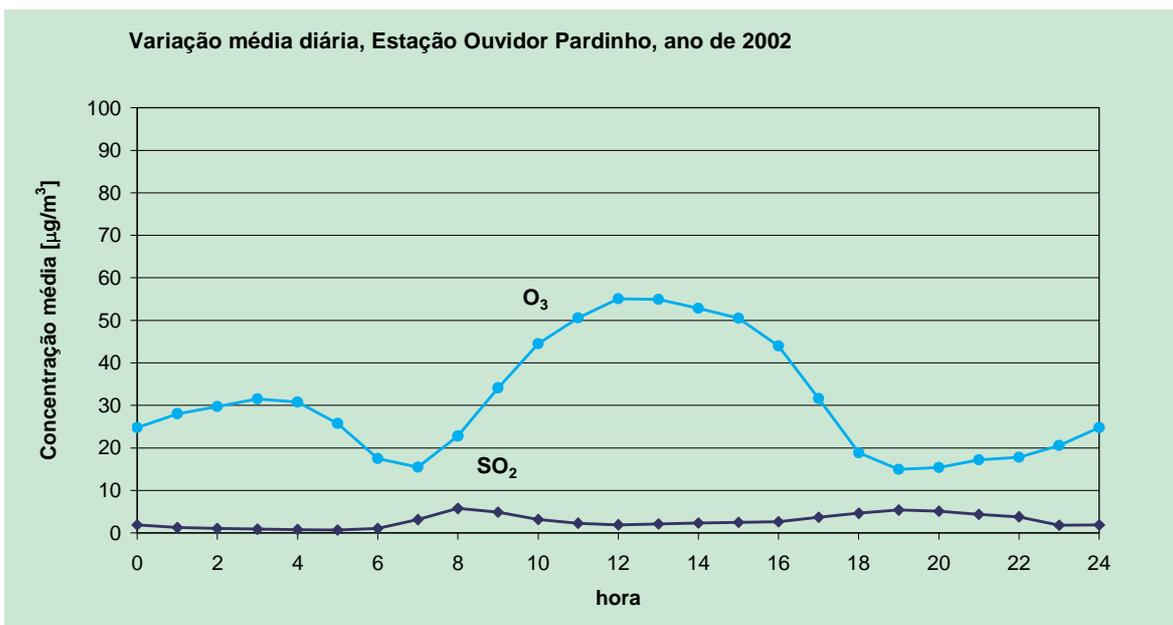
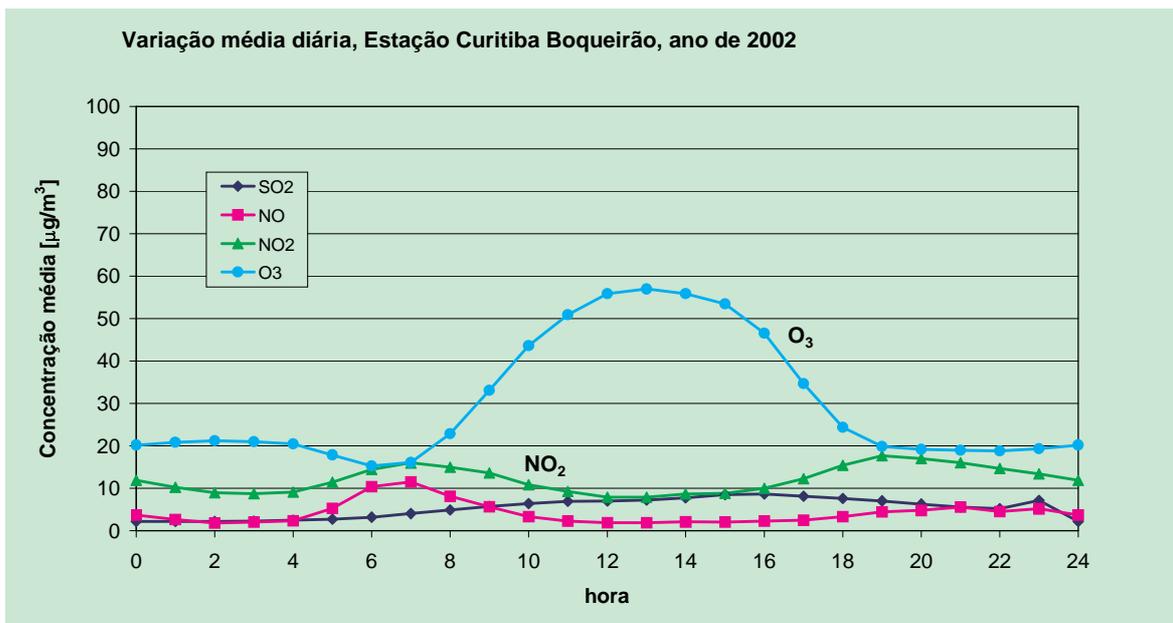
ESTAÇÃO AUTOMÁTICA: CURITIBA BOQUEIRÃO

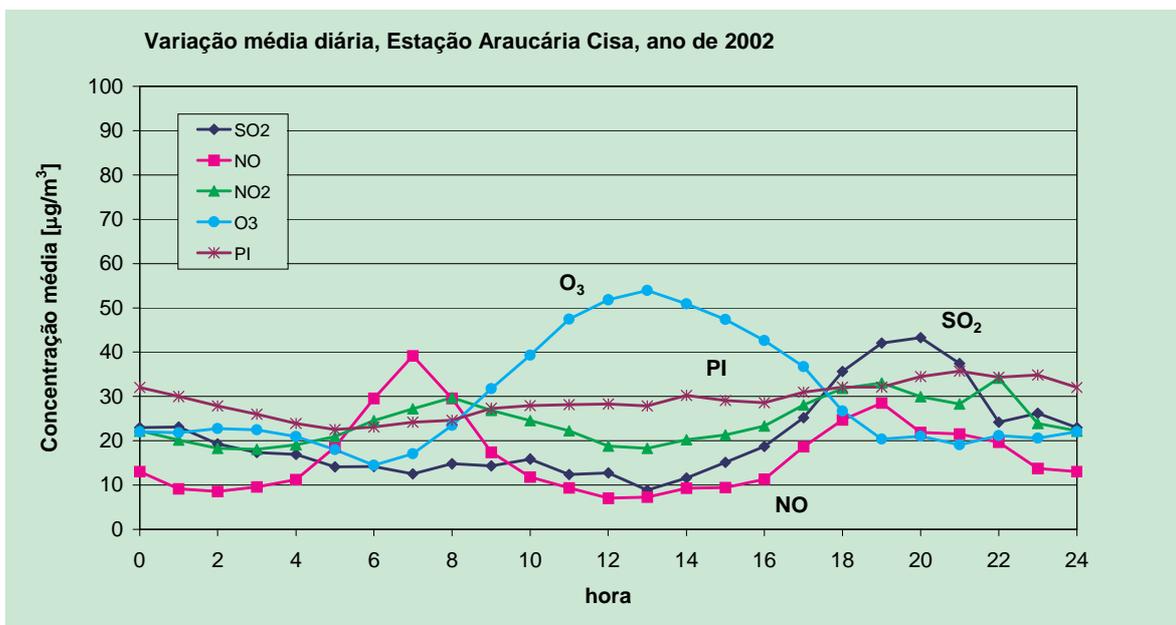
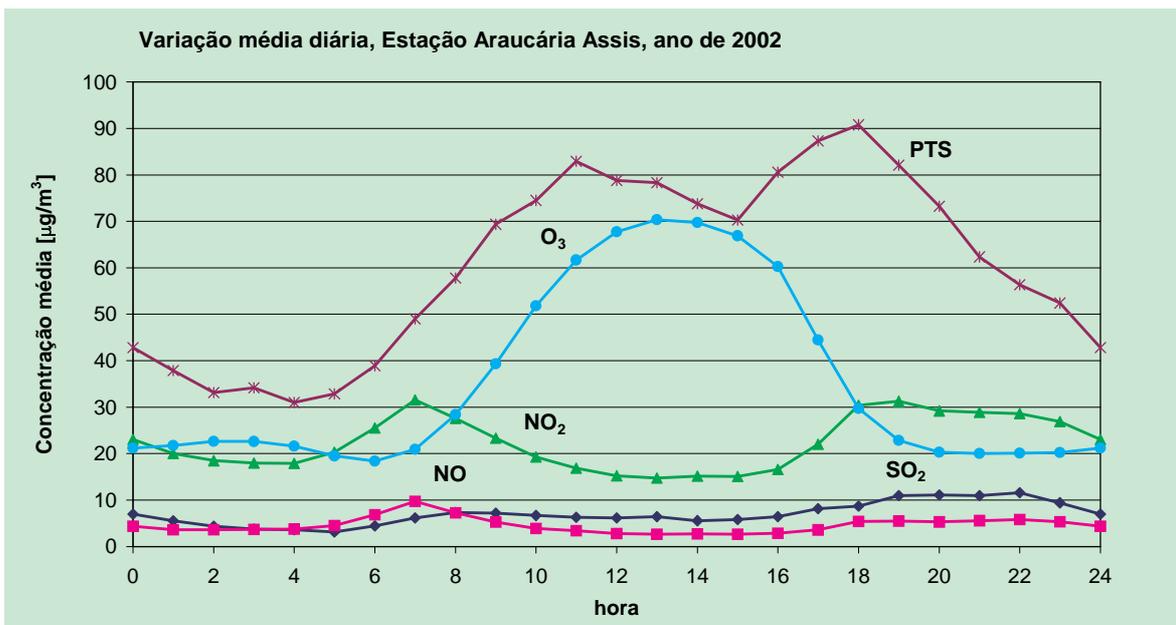
[IPPUC, 2000]

Anexo 2: Variação média diária de O₃, NO, NO₂, SO₂ e PTS

- Estação automática: Curitiba Santa Cândida
- Estação automática: Curitiba Cidade Industrial
- Estação automática: Curitiba Boqueirão
- Estação automática: Curitiba Praça Ouvidor Pardiniho
- Estação automática: Araucária Assis
- Estação automática: Araucária Cisa







Anexo 3: Concentração média em função da direção do vento

- Estação automática: Curitiba Santa Cândida
- Estação automática: Curitiba Cidade Industrial
- Estação automática: Curitiba Boqueirão
- Estação automática: Curitiba Praça Ouvidor Pardiniho
- Estação automática: Araucária Assis

Observação: A Estação automática Araucária Cisa não registrava dados sobre ventos no ano de 2002.

