

**CETESB**

**COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL**

---

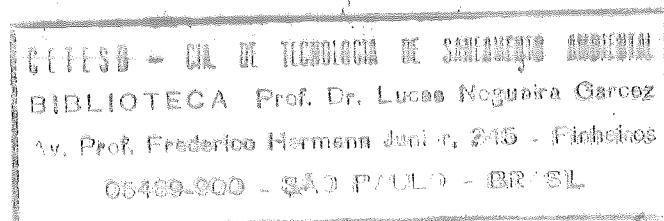
CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL  
BIBLIOTECA Prof. Dr. Lucas Augusto Garcez  
Av. Prof. Frederico Hermann Junior, 245 - Pinheiros  
05489-900 - SÃO PAULO - BRASIL

**OZÔNIO TROPOSFÉRICO NA RMSP  
PROPOSTAS PARA CONTROLE**

**RELATÓRIO FINAL DO GRUPO DE TRABALHO**  
Abril de 2000

# OSÔNIO TROPOSFÉRICO NA RMSP PROPOSTAS PARA CONTROLE

## RELATÓRIO FINAL DO GRUPO DE TRABALHO



### Grupo de Trabalho

Claudio Darwin Alonso (Coordenador)  
Benedito da Conceição Filho (CCA)  
Mauro Kazuo Sato(CCA)  
Manoel Paulo de Toledo (ET)  
Renato Ricardo A. Linke (ETR)  
Maria Helena R. B.Martins (EQQA)

### Equipe de Apoio

Fernando José Ricarelli (ETPD)  
Wanderley Costa (ETPD)  
Homero Carvalho (ETEE)  
Cristiane Ferreira F. Lopes (EQQA)  
Carlos Ibsen Vianna Lacava (EQQI)  
Clarice Aico Muramoto (EQQM)  
Jesuino Romano (EQQ)  
Rodrigo Coelho Fialho (EQSE)  
Sergio Rancevas (CC)



## SUMÁRIO EXECUTIVO

Neste sumário são apresentados os principais tópicos e proposições do grupo de trabalho. As justificativas das proposições encontram-se no corpo do relatório.

### Características do ozônio e sua situação na Região Metropolitana de São Paulo

O gás ozônio quando se manifesta no nível de respiração é um poluente que agride os olhos e as mucosas do trato respiratório, sendo agressivo a todos, principalmente às crianças, idosos ou adultos que já possuem problemas respiratórios como asma e bronquite. É também danoso aos vegetais.

Não é emitido por qualquer fonte, mas se forma na atmosfera, na presença da luz solar, pela reação de compostos orgânicos voláteis (COVs) e óxidos de nitrogênio. As principais fontes de COVs são os combustíveis mal queimados ou evaporados e do uso de solventes, enquanto que as fontes de óxidos de nitrogênio são os processos de combustão e a fabricação de ácido nítrico.

Na RMSP, a constante emissão da imensa frota de veículos, o grande consumo de combustível e a conseqüente evaporação dos mesmos nos processos de abastecimentos da frota, as combustões industriais, o uso de solventes industriais e domésticos, fazem com que as emissões de precursores de ozônio sejam suficientemente altas para a que formação deste poluente ocorra de forma intensa.

Ao contrário de outros poluentes, o ozônio se apresenta com tendência de alta, quando é feita uma análise histórica do seu comportamento. Valores elevados são observados em todas as estações de monitoramento. Enquanto são reportados como maiores valores registrados no mundo 611  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  na Cidade do México, 490  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  em Los Angeles e 443  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  em Bucarest. Nos últimos três anos observou-se valores máximos de 403  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  em São Paulo. No último ano foram observadas violações dos padrões de qualidade do ar de ozônio em 79 dias, o que corresponde a 21% dos dias do ano. Dessa forma, ações específicas de controle devem ser ativadas para que se reverta o quadro atual.

Não há indicações seguras que ações emergenciais como o rodízio possam ainda ser recomendadas.

### **O controle das fontes móveis**

O controle das fontes móveis já iniciado pelo PROCONVE deve ter continuidade, e a médio prazo deve se constituir das seguintes ações:

#### 1 – Continuidade do PROCONVE:

- Controle de emissões de motocicletas novas
- Novos limites de emissão para veículos pesados
- Novo limite de emissão evaporativa para veículos leves
- Regulamentação do mercado de reposição de catalisadores
- Regulamentação de conversão de motores para uso de gás metano veicular.

#### 2 – Modificações da composição dos combustíveis

#### 3 - Programa de transporte sustentável

### **O controle das fontes fixas**

De execução mais difícil em função da deficiência de dados de emissão de fontes industriais, consequência de um cadastro e inventário de fontes precários. Deve iniciar-se com a complementação dos dados necessários. Também de médio prazo as ações propostas são:

#### 1 – Ação de controle sobre as emissões industriais:

- Atualização do inventário de emissões de COVs (grupo 1) até dezembro de 2000
- Atualização do inventário de emissões dos demais grupos de interesse: início em janeiro de 2001
- Início das ações de controle sobre as empresas do grupo 1: a partir de janeiro de 2001

#### 2 - Ação sobre os postos de gasolina:

- Reduzir ao mínimo a emissão de combustíveis evaporados nos processos de transferência abastecimento de tanques de veículos e no próprio tanque dos postos. Detalhamento do plano deve ser apresentado até 30 de junho

### **A educação ambiental**

A educação ambiental é importante para que o cidadão se esclareça dos problemas causados pelo ozônio e os que possuem veículos automotores se conscientizem de que fazem parte do problema e podem fazer parte da solução do mesmo. A lista de temas a serem abordados no processo de

educação ambiental se encontra no corpo do trabalho. Há necessidade de que os grupos de Educação Ambiental da SMA apresentem plano de ação em prazo determinado.

### **Sugestão final**

A emissão de poluentes dos veículos antigos de passageiros é extremamente elevada, por não terem eles os modernos dispositivos anti-poluidores. Dessa forma sugere-se que sejam incentivados quaisquer programas de renovação de frota veicular.

## OZÔNIO TROPOSFÉRICO NA RMSP PROPOSTAS PARA CONTROLE

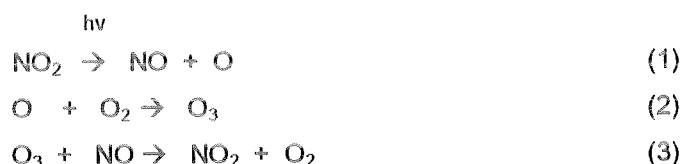
### RELATÓRIO FINAL DO GRUPO DE TRABALHO

#### 1 - Introdução

O ozônio não é um poluente emitido diretamente por qualquer fonte, mas formado na atmosfera através da reação entre compostos orgânicos voláteis (COVs) e óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) na presença de luz solar. Embora benéfico na estratosfera, onde forma uma camada protetora contra efeitos danosos da radiação ultravioleta, tem efeitos tóxicos nas camadas mais baixas da atmosfera, por atingir diretamente os seres vivos.

Por não ser emitido diretamente pelas fontes, o controle de ozônio é complexo uma vez que deve ser feito através de programas de redução de seus precursores, os COVs e NO<sub>x</sub>. Os óxidos de nitrogênio (NO e NO<sub>2</sub>) são lançados na atmosfera através de processos de combustão. Já os compostos orgânicos voláteis são emitidos principalmente através de processos evaporativos, da queima incompleta de combustíveis automotivos e de processos industriais.

A formação do ozônio na troposfera inicia-se pela fotólise do NO<sub>2</sub>, o produto desta reação, NO, reage rapidamente com o O<sub>3</sub> para regenerar o NO<sub>2</sub>.



Assim, se nenhum outro processo convertesse NO em NO<sub>2</sub> a concentração de ozônio não aumentaria significativamente. No entanto, na presença dos compostos orgânicos voláteis, as concentrações de ozônio aumentam uma vez que NO é convertido a NO<sub>2</sub> via formação de radicais livres. São muitas as reações químicas envolvendo os compostos orgânicos voláteis presentes na atmosfera, sendo que a velocidade de formação do ozônio depende da quantidade e da reatividade de cada um desses compostos.

Além da complexidade do sistema de reações químicas, fatores meteorológicos e topográficos fazem com que os gases precursores emitidos sejam transportados a diversos locais, podendo ser distantes

das fontes de emissão dos precursores, resultando em níveis altos de ozônio em locais distintos, muitas vezes sem fontes significativas de poluição.

### 1.1 – Efeitos do ozônio

Com relação aos efeitos do ozônio sobre a saúde, as ocorrências mais relatadas da exposição de seres humanos são: irritação dos olhos e das vias respiratórias e ainda o agravamento de doenças respiratórias preexistentes, como bronquite e asma, inibindo os mecanismos de defesa, podendo até provocar mudanças irreversíveis na estrutura pulmonar. Sabe-se que a exposição repetida ao ozônio pode tornar as pessoas mais suscetíveis a infecções respiratórias e inflamação nos pulmões. Adultos e crianças saudáveis também estão sujeitos aos efeitos danosos causados pelo ozônio, se expostos a níveis elevados durante a prática de exercícios físicos. Estudos realizados nos EUA e no Canadá têm indicado que no verão (quando são observados os maiores níveis naqueles países), entre 10 e 20% do número de atendimentos hospitalares por problemas respiratórios estão associados a altos teores de ozônio na atmosfera.

Os efeitos observados em plantas referem-se à diminuição na taxa de crescimento, aumento da vulnerabilidade a insetos e problemas de pigmentação, devidos a alterações no processo de fotossíntese (EPA 1998). Nos EUA estimam-se em 2 a 3 bilhões de dólares as perdas anuais na agricultura, sem incluir prejuízos às florestas (EPA 1998). No Brasil, o estudo dos efeitos de ozônio sobre as plantas são ainda insipientes; contudo, em São Paulo, pesquisas realizadas com espécies sensíveis, tanto no âmbito de projetos binacionais como em outros realizados por instituições brasileiras, incluindo a CETESB, têm demonstrado intensa ocorrência de injúrias foliares e significativa redução na produção de biomassa, em decorrência de altas concentrações de ozônio em regiões industrializadas e grandes metrópoles, tais como Cubatão, São Paulo, São Caetano do Sul, entre outras.

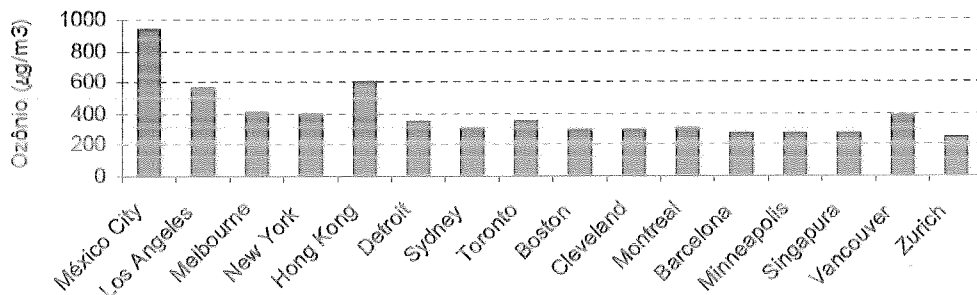
### 1.2 - A situação em outras cidades do mundo

A poluição causada pelo ozônio é um problema mundial que se manifesta de forma mais intensa nas grandes cidades e arredores. Em cidades americanas como Los Angeles, Boston, New York, Atlanta e Houston é observada, com frequência, nos meses quentes de verão, a ultrapassagem do padrão estadunidense (1 hora) de qualidade do ar de  $235 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . (Referência: NOAA: "Commonly asked questions about ozone". <http://www.noaa.gov/public-affairs/grounders/ozo1.html>). Entre os valores

mais elevados observados no mundo em 1994 foram registradas concentrações de  $611 \mu\text{g}/\text{m}^3$  na Cidade do México, seguida por  $490 \mu\text{g}/\text{m}^3$  em Los Angeles e  $443 \mu\text{g}/\text{m}^3$  em Bucareste.

A figura 1, a seguir, apresenta a concentração horária máxima registrada em 16 cidades, no período de 1988 a 1994.

**Figura 1 – Concentrações horárias máximas obtidas em diferentes cidades no período de 1988 a 1994.**

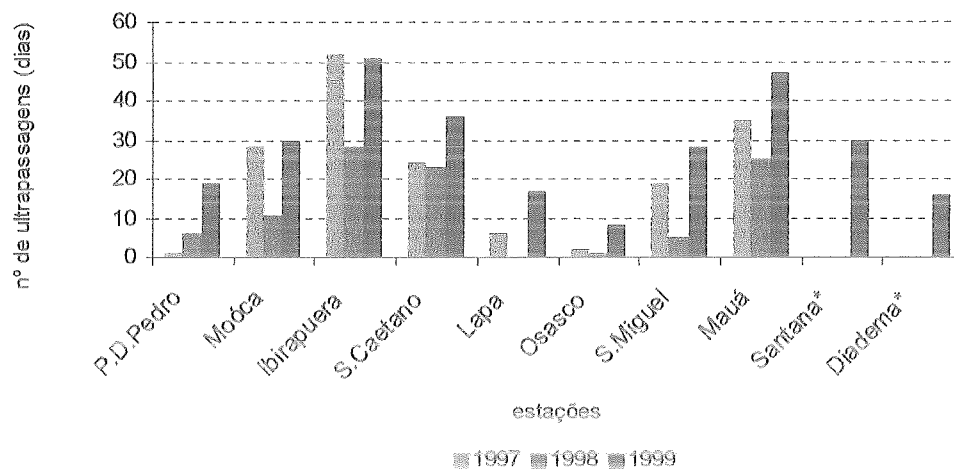


Referência: *Air Quality in Ontario*, p:44-45, 1994.

### 1.3 - A situação na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP)

A RMSP apresenta constantes violações do padrão horário de ozônio de  $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , estabelecido pela Resolução CONAMA n.º 03/90, e por diversas vezes supera-se o valor de  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  o que determina qualidade do ar má. A Figura 2 apresenta o número de ultrapassagens do padrão e de episódios críticos na RMSP, observados nas estações da rede automática de avaliação da qualidade do ar de 1997 a 1999.

**Figura 2 - Total de ultrapassagens do padrão de ozônio por estação na RMSP de 1997 a 1999.**



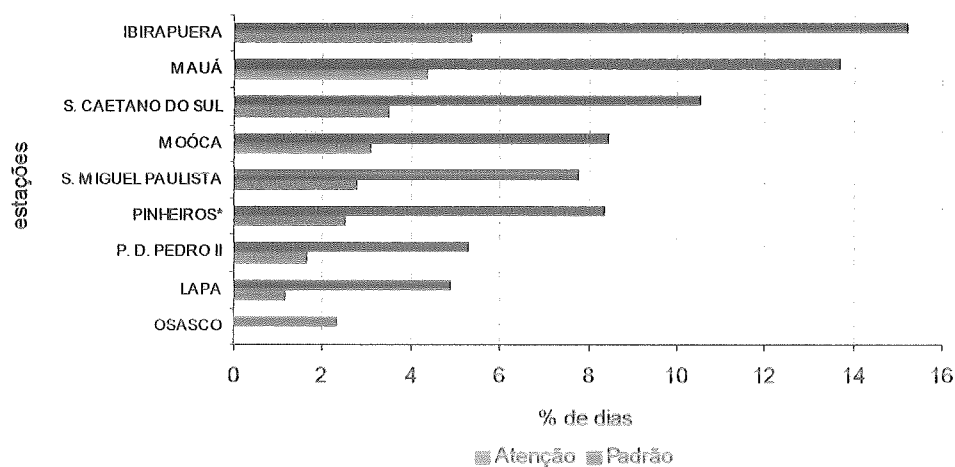
Referência: Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo, Cetesb, 1999

Pode-se observar, além das freqüentes ultrapassagens de padrão deste poluente, sobretudo nas estações de Ibirapuera, Mauá e São Caetano do Sul, um aumento do número de ultrapassagens em 1999 em relação aos outros anos.

Em termos de observações individuais, a máxima concentração horária observada foi  $403 \mu\text{g}/\text{m}^3$  no Ibirapuera, no período de 1996 a 1998; e em Santana,  $335 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , em 1999 (comparar com os já citados níveis no mundo:  $611 \mu\text{g}/\text{m}^3$  na Cidade do México,  $490 \mu\text{g}/\text{m}^3$  em Los Angeles e  $443 \mu\text{g}/\text{m}^3$  em Bucareste).

Na Figura 3 é possível verificar as porcentagens de dias em que o padrão de 1 hora ( $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e o nível de atenção ( $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) por ozônio foram ultrapassados em 1999. Observa-se que nas estações com maior número de ultrapassagens - Ibirapuera e Mauá - foram ultrapassados o padrão em cerca de 15% dos dias e o nível de atenção em 5% dos dias.

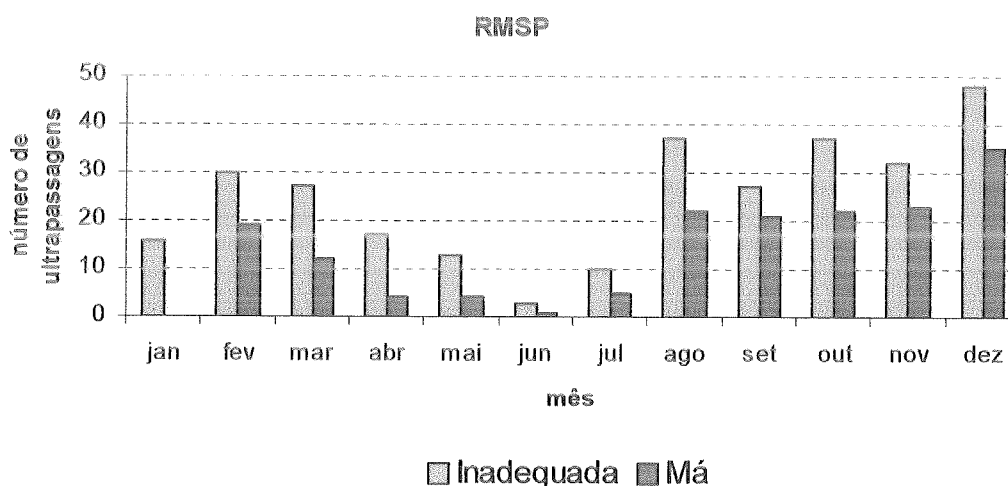
**Figura 3 - Porcentagem de dias em que as concentrações ultrapassaram o padrão e o nível de atenção em 1999 (médias de 1 hora).**



Referência: Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo-1999-CETESB

Estudos de sazonalidade são importantes para se verificar o comportamento de um determinado poluente. A acumulação de dados de 1996 a 1998, mês a mês, permite verificar que a maior frequência de ultrapassagem do padrão, na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), inicia-se ao final de agosto, perdurando até dezembro, manifestando-se também no outono, mas sendo fortemente reduzida no período de inverno, conforme figura 4, apresentada a seguir.

**Figura 4 – Total de ultrapassagens do padrão de ozônio por mês na RMSP, período de mai/96 a dez/98.**



Referência: Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo-1999 – CETESB, 2000

Esta figura nos indica que nos meses de inverno os problemas de ozônio são menores, verificando-se principalmente no período da primavera e início de verão a maior incidência deste poluente. Este comportamento é diametralmente oposto do comportamento dos poluentes primários (material particulado e monóxido de carbono) que se apresentam com suas maiores concentrações no período de inverno.

#### 1.4 - Episódios

O padrão de ozônio foi ultrapassado em 79 dias em 1999, o que corresponde a 21% dos dias do ano. A análise detalhada de alguns episódios ajuda a compreender o comportamento dos oxidantes fotoquímicos na região, permitindo assim que o conhecimento adquirido localmente, leve a ações de controle mais eficazes. Em 1999, destacam-se os episódios cujos ápices ocorreram nos dias 4/9, 14/10 e 29/12.

##### Primeiro Episódio

O episódio mais longo observado em 1999 ocorreu em final de agosto e início de setembro (29/08 a 07/09), sendo que por 10 dias consecutivos foram observadas ultrapassagens do padrão. No sábado, dia 04/09, o mais crítico do período, 10 estações medidoras de ozônio registraram a ultrapassagem do padrão, sendo que em oito delas foi decretado o estado de atenção, e observada a máxima concentração no Ibirapuera ( $263 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Na tabela 1 é apresentado um resumo dos dados observados.

Tabela 1- Resumo dos dados referentes ao episódio de ozônio de 29/8 a 7/9/99

DIA	29/8	30/8	31/8	01/9	02/9	03/9	04/9	05/9	06/9	07/9
Nº de estações que ultrapassaram o padrão	2 M 4 I	1 M 6 I	1 I	5 I	4 I	6 M 1 I	8 M 2 I	1 M 7 I	3 M 3 I	2 I
Concentração Máxima de $\text{O}_3$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	226	235	173	199	196	266	263	203	226	167

M - Qualidade Má (nível de Atenção)  
I - Qualidade Inadequada

A partir do dia 31 de agosto até 06 de setembro, foi observada uma situação sinótica que gerou dias com condições de altas temperaturas, céu claro e sem a ocorrência de precipitações, quando também foram observadas muitas horas de calmaria, como consequência da atuação de um sistema de alta pressão subtropical, dificultando a dispersão dos poluentes. Tal situação causou o aumento da

concentração de partículas inaláveis e de monóxido de carbono, além das altas concentrações do ozônio, que caracterizaram o episódio.

O importante a destacar é que este episódio ocorreu durante o feriado prolongado de 7 de setembro, quando as atividades normais da cidade foram extremamente reduzidas. A evasão de veículos da RMSP foi muito grande na sexta-feira e no sábado (3 e 4/09) o que pode ser verificado pelos indicadores fornecidos pela DERSA, AUTOBAN e CET.

**Tabela 2 – Indicadores de evasão de veículos durante o episódio**

Indicador	Dia normal	3 e 4/09 (Total)
Movimento dos pedágios (nº de veículos)		
Bandeirantes – Anhangüera	50.000	156.000
Ayrton Senna	20.000	100.000
Velocidade Média (km/h)		
Rua da Consolação	26	41

descreve-se um indicador único, mas indicadores mais detalhados são disponíveis e sustentam as análises efetuadas.

Além da clara percepção do cidadão comum da ocorrência da evasão de veículos, a tabela 2 mostra com dados objetivos qual dimensão dessa evasão, considerando-se apenas os dados dos sistemas Bandeirantes/Anhangüera e Ayrton Senna. Esta retirada de veículos causa uma profunda redução da frota efetivamente circulante que pode ser percebida no aumento da velocidade média em um dos corredores de tráfego mais importantes da cidade, como é o caso da Rua da Consolação, onde se observou um aumento de velocidade média de 26 para 41 km/h (dados CET). Ou seja, mesmo com uma grande redução da frota circulante e, por conseqüência, redução das emissões veiculares, problemas de ozônio se manifestaram de forma intensa.

### Segundo Episódio

Em que pese de menor duração que o anterior, o episódio ocorrido com o auge no dia 14/10 (quarta-feira), apresentou concentrações maiores, atingindo-se o valor máximo de 322  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  também no Ibirapuera, e das 10 estações medidoras em operação neste dia, apenas Osasco não atingiu o nível de atenção. A RMSP possuía uma situação sinótica com condições de altas temperaturas, pouca nebulosidade, ventos fracos de direção variável e sem precipitação. Este episódio teve duração de 3 dias. O feriado de 12 de outubro ocorreu numa 3ª feira sendo, portanto, considerado este episódio como ocorrido em dia de comportamento normal da região, tanto em termos de trânsito como de atividade industrial.

**Tabela 3- Resumo dos dados referentes ao episódio de ozônio de 13/10 a 15/10/99**

DIA	13/10	14/10	15/10
n° de estações que ultrapassaram o padrão	5 M 2 I	9 M 1 I	6 M 1 I
Concentração Máxima de O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	247	322	221

M - Qualidade Má

I - Qualidade Inadequada

### Terceiro Episódio

No dia 29/12 (quarta-feira), 7 estações medidoras de ozônio ultrapassaram o nível de atenção, sendo na estação Santana observada a máxima concentração do ano (335 µg/m<sup>3</sup>). As concentrações de ozônio, na maioria das estações medidoras, se mantiveram acima do nível de atenção por um período de, pelo menos, 3 horas no dia 29/12 nas estações Parque Dom Pedro II, Santana, Moóca, Ibirapuera, São Caetano do Sul e Pinheiros.

A RMSP estava sob a atuação de uma área de instabilidade continental e uma frente fria no oceano, na altura do litoral paulista, gerando dia com pouca nebulosidade, altas temperaturas e sem precipitação. A velocidade média do vento, no período, foi de 1,8 m/s, predominantemente de sudeste.

**Tabela 4- Resumo dos dados referentes ao episódio de ozônio de 13/10 a 15/10/99**

DIA	26/12	27/12	28/12	29/12	30/12
n° de estações que ultrapassaram o padrão	5 I		5 I	8 M 1 I	2 I
Concentração Máxima de O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	192	93	197	335	182

M - Qualidade Má

I - Qualidade Inadequada

As atividades da cidade estavam bastante reduzidas, o trânsito bem menos intenso, acarretando uma menor emissão veicular. Isto foi consequência da grande evasão veicular que ocorre na RMSP, tradicionalmente, na semana compreendida entre o Natal e o Ano Novo.

**Tabela 5 – Indicadores de evasão de veículos durante o episódio**

Indicador	Dia normal	23 a 27/12 (Total)
Movimento dos pedágios (n° de veículos)		
Bandeirantes – Anhangüera	50.000	280.000
Ayrton Senna	20.000	154.000
Velocidade Média (km/h)		
Rua da Consolação	26	37

descreve-se um indicador único, mas indicadores mais detalhados são disponíveis e sustentam as análises efetuadas.

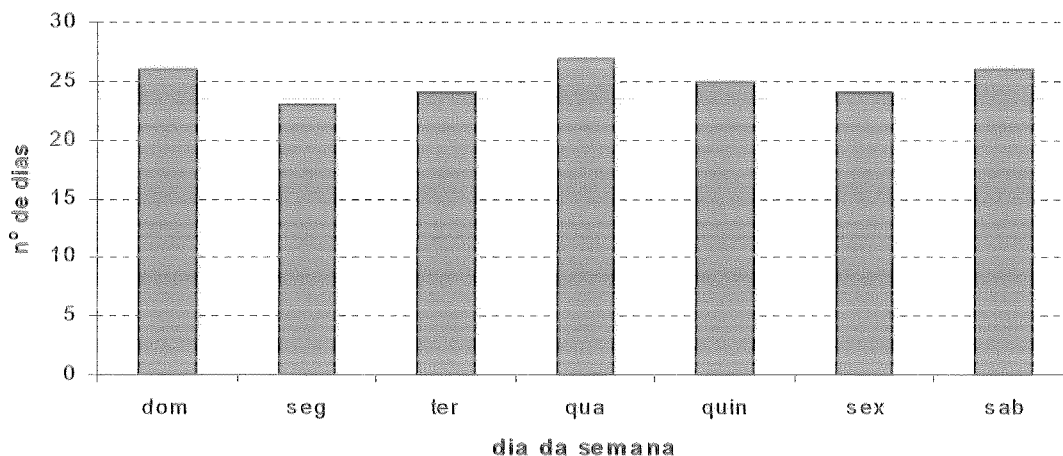
Na tabela anterior verifica-se, nos indicadores utilizados, evasão de veículos provocando uma significativa redução do tráfego, com aumento da velocidade média de 26 para 37 km/h (dados CET) e a conseqüente redução das emissões veiculares.

Em termos gerais, os episódios foram observados quando existiam condições meteorológicas favoráveis à formação de ozônio, ou seja, dias quentes e muitas horas de insolação. A característica principal deste poluente, é que quando ocorrem episódios, eles atingem praticamente toda a região. Outro fato observado foi que em 1999 ocorreram ultrapassagens do nível de atenção em dias em que houve uma significativa redução da frota de veículos em circulação, como por exemplo nos dias 4/09 e 29/12.

Um quadro geral do número de dias em que ocorreram ultrapassagens do padrão de ozônio em função dos dias da semana, no período de 1996 a 1998, é apresentado na figura 5. Verifica-se que não há diferenças significativas entre os dias úteis e finais de semana. É importante acrescentar que segundo o CET, em alguns locais onde são efetuadas contagens, o movimento de veículos aos sábados corresponde a 90% do movimento registrado nos dias úteis e nos domingos a 70%.

Referência: *Características dos volumes do tráfego em São Paulo/1998 – CET 1999*

**Figura 5 – Total de ultrapassagens do padrão de ozônio por dia da semana na RMSP (mai/96-dez/98)**



Essas observações, aliadas aos estudos dos episódios, sugerem que um rodízio de veículos, nos moldes dos até hoje realizados, não seria efetivo para o controle deste poluente.

## **1.5 - Estudos desenvolvidos pela CETESB**

A preocupação da Cetesb com o problema do ozônio vem de longa data, tanto que instituiu grupos de estudo sobre este poluente já em 1979, com a publicação do relatório "Projeto 5.3;79 – 1ª, 2ª fase - Formação e ocorrência de oxidantes fotoquímicos na Região da Grande São Paulo". Ainda naquele ano, foi contratada consultora internacional, Dra. Margaret F. Brunelle (USEPA), que produziu o relatório "Final Report of the Consultantship Provided to the State of São Paulo Regarding the Development of Research and Environmental Pollution Control Programs for the State of São Paulo". Projetos envolvendo a problemática de ozônio foram retomados em 1995, ocorrendo em 1998, a consultoria da EPA, através da Dra. Deborah Luecken, para o treinamento dos técnicos da Cetesb no uso e interpretação de modelo matemático, para analisar e entender a produção de ozônio na RMSP, bem como fornecer recomendações para o avanço da CETESB no uso de modelos. Os resultados desta consultoria estão relatados no "Report on Visit to Cetesb, November 1998".

O controle de ozônio, por ser um problema de extrema complexidade, ainda não foi definitivamente equacionado mesmo em países tecnologicamente mais avançados, onde este problema já ocorre há algumas décadas. Na CETESB, devido a escassez de recursos humanos, estes grupos ainda estão caminhando nos esclarecimentos sobre o comportamento deste poluente.

Os seguintes projetos estão sendo desenvolvidos :

121505 - Estudo do comportamento de oxidantes fotoquímicos no ar da Região Metropolitana de São Paulo. Projeto coordenado pelo EQQM para estudar os mecanismos físicos (parâmetros meteorológicos) e químicos (reações e precursores) na formação do ozônio na RMSP.

122011 – Desenvolvimento de tecnologia para a previsão de ozônio na baixa atmosfera. Projeto coordenado pela EQQ e desenvolvido em parceria com a Poli-USP, aprovado pela FAPESP no Programa de Pesquisa em Políticas Públicas.

121501-Avaliação dos efeitos de poluentes na vegetação do Estado de São Paulo, coordenado pelo EQSE.

## **1.6 - A necessidade de controle**

Uma vez caracterizado que o ozônio se apresenta em altos níveis na RMSP, há a necessidade de desenvolvimento de planos de controle. Sabe-se que este poluente é um dos mais difíceis de controlar, e em todos os grandes centros se desenvolvem programas especiais não só para o controle

do poluente em si, mas principalmente para o entendimento de seu comportamento na atmosfera. Ao contrário dos outros poluentes, e pelo fato de ser formado pelos compostos chamados precursores, somente os estudos que estão sendo desenvolvidos permitirão cada vez mais um controle eficiente. Claro está que é possível o desenvolvimento do controle, ainda que não se conhece completamente seu comportamento como um todo e seria uma irresponsabilidade do Poder Público aguardar o completo esclarecimento dos mecanismos de formação de ozônio para depois atuar. O conhecimento já adquirido indica os passos a seguir, e cidades como Los Angeles já conseguiram reduzir os altos níveis observados no passado com programas similares ao que será apresentado a seguir.

## **2. Ações a serem adotadas para o controle de fontes móveis**

O Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE, é de nível federal, com ações tomadas pelo IBAMA, através de resoluções exaradas pelo CONAMA e ainda, de acordo com a Resolução MERCOSUL/GMC/RES. N.º 128/96, as medidas de controle deverão estar harmonizadas com os demais Estados Partes do MERCOSUL.

Várias ações já foram efetuadas através do PROCONVE, com efeitos positivos na qualidade no ar e novas medidas de aplicação em médio prazo devem ser adotadas, como descrito a seguir:

### **I - PROCONVE - próximos passos a serem introduzidos:**

- 1 - Controle das emissões de hidrocarbonetos (COVs) em motocicletas novas.
- 2 - Novos limites de emissão para veículos pesados utilizando-se diesel equivalente a EURO II.
- 3 - Regulamentação do mercado de reposição de catalisadores.
- 4 - Regulamentação de conversões de motores para uso de gás metano veicular.

### **II - Medida indireta de controle de poluentes:**

1. Programa de Transporte Sustentável.

### **III - Modificações da composição dos combustíveis.**

#### **Controle de Hidrocarbonetos (HC) em Motocicletas Novas.**

A frota de motocicletas é da ordem de 450.000 unidades na RMSP, cujas emissões de HC já estão caminhando para a ordem de 10% do total das emissões veiculares. Como o crescimento desta frota tem sido maior que o da frota de veículos em geral, espera-se um desequilíbrio da proporção entre as emissões da frota de motocicletas e de veículos de quatro rodas, principalmente se for levado em conta que as emissões de HC das motocicletas tem efeito diferente das de veículos em geral, na

qualidade do ar, uma vez que as motocicletas se distribuem preferencialmente no centro da cidade. Os registros de fatores de emissão utilizados pela CETESB indicam que uma motocicleta, mesmo nova, chega a emitir dez vezes mais hidrocarboneto que um veículo leve novo.

Há, portanto, que se controlar emissões de HC de motocicletas, uma proposta a ser implementada em prazo médio.

#### **Adoção de limites similares a EURO III para veículos a Diesel**

A proposta é estabelecer limites similares aos já propostos para a próxima fase de controle da Europa. Para tanto, há necessidade de baixar o nível de enxofre no óleo diesel a cerca de 0.05% de enxofre. A vantagem maior será o controle de NO<sub>x</sub> que cairá de 7 g/kWh para 5 g/kWh (21% de redução), e para hidrocarbonetos a redução será de 1.1 g/kWh para 0.6 g/kWh (40% de redução). Com esta política deverá ser garantido que, para hidrocarbonetos, os atuais níveis de emissão se mantenham, uma vez que a indústria automobilística já os tem conseguido.

#### **Novo limite para emissões evaporativas de HC em veículos novos leves**

O novo limite que deverá vigorar será de 2.0 g/teste, enquanto atualmente é de 6.0 g/teste, porém na prática as montadoras tem conseguido lançar veículos com um fator de emissão médio de aproximadamente 0.8 g/teste. O novo limite não terá conseqüências maiores em termos de poluição do ar, mas dirige-se a garantir o que tecnologicamente hoje foi alcançado.

#### **Regulamentação do mercado de reposição de catalisadores**

A medida é necessária embora não permita uma prévia quantificação de sua eficácia. Trata-se de mercado irregular, sob alguns aspectos podendo mesmo ser considerado ilegal, onde as informações colhidas indicam que catalisadores já vencidos são trocados por um tubo oco, atitude que agride os preceitos legais. Atualmente, neste mercado de reposição, existem todos os tipos de catalisadores, desde os de valor mais elevados, para 80.000 km, produzidos por fornecedores idôneos, até aqueles vendidos apenas com a carcaça, com eficiência nula por não conterem nenhum elemento químico capaz de induzir a produção de reações químicas.

Basicamente, a proposta exigirá que os catalisadores de reposição deverão possuir uma eficiência mínima de 70% para monóxido de carbono e para hidrocarbonetos e de 60 % para NO<sub>x</sub> ao final de sua vida útil programada. A vida útil dos catalisadores será fixada em dois valores: 40.000 km e 80.000 km, correspondentes respectivamente a catalisadores meia vida e catalisadores de reposição para um ciclo completo de vida.

### **Conversões do veículo para outros combustíveis**

Dado o grande número de conversões não homologadas, que colocam o veículo, geralmente novo, num patamar de tecnologia primitiva e anterior ao controle da poluição de veículos - PROCONVE, recomenda-se desestimular as conversões não homologadas por causarem prejuízo quer com o veículo ao utilizar gás natural quer com gasolina, que é usada quando o gás se esgotar e for feita a reversão para o combustível líquido até o próximo reabastecimento com gás.

### **Programa de Transporte Sustentável (medida não tecnológica de controle de poluentes)**

Trata-se de um programa que tem como um dos objetivos melhorar as condições de transporte através de medidas que envolvem diferentes níveis de governo (federal, estadual e municipal). Podem-se citar algumas a título de ilustração, como a construção de anel viário, a utilização de portos secos que são terminais intermediários de carga, de onde veículos menores podem captar e distribuir cargas para as regiões internas ao anel, com o intento de evitar a circulação de grandes caminhões pelo centro da cidade. O incentivo à renovação da frota e ao uso de transporte coletivo faz também parte das medidas a serem implementadas.

### **Modificações da composição dos combustíveis**

Trata-se de programa ainda embrionário, que necessita ser discutido com os envolvidos (PETROBRÁS e ANFAVEA) que deverá culminar com a eliminação de compostos de maior potencial reativo para formação de ozônio. Na mesma oportunidade, compostos de toxicidade maior também serão alvo de discussão para diminuir sua percentagem na composição dos combustíveis. A porcentagem de enxofre nos combustíveis e em especial no diesel deverá também fazer parte destas discussões, em consonância com a adoção de limites no nível EURO III, acima citada.

### **3 - Controle de fontes estacionárias**

No que se refere às fontes estacionárias, o primeiro entrave a ser enfrentado no estabelecimento de um programa de controle de ozônio na RMSP, é a possível fragilidade da base de dados que constitui o inventário de precursores de ozônio. Essa deficiência do inventário decorre de fatores estruturais da empresa e demanda equacionamento.

A experiência internacional no controle de precursores de ozônio revela que a contribuição das fontes estacionárias pode ser muito significativa. As informações disponíveis sobre a emissão de precursores de ozônio por fontes estacionárias na RMSP apontam valores bastante inferiores aos encontrados em

países como os Estados Unidos, indicando possivelmente que nossas estimativas estejam subestimadas.

No caso dos compostos orgânicos voláteis, por exemplo, o atual inventário indica que a parcela de emissões por fontes industriais corresponderia a 3% do total das emissões de hidrocarbonetos, enquanto que, internacionalmente, são reportadas, para esse segmento, contribuições da ordem de 50 % (National Air Quality and Emission Trends Report, 1997 – EPA).

É, portanto, fundamental que um programa de controle de fontes estacionárias tenha como uma de suas etapas iniciais, a profunda reavaliação das emissões, de maneira a obter uma base de dados confiável que permita a tomada de decisão correta e o estabelecimento de objetivos e metas claros. É esse o entendimento das Agências Ambientais da Diretoria de Controle de Poluição Ambiental.

Uma vez verificada qual a participação das fontes estacionárias na emissão de precursores, pode-se antever as ações de controle a serem desencadeadas, pois elas compõem um repertório de medidas consagrado internacionalmente.

As fontes estacionárias de precursores de ozônio relevantes pertencem a um conjunto já conhecido de setores industriais e de serviços (vide Anexo 1), permitindo concentrar esforços em um grupo limitado de empresas.

Em um primeiro momento, devem ser atacadas as fontes prioritárias de emissão de hidrocarbonetos, que constituem o chamado Grupo I. Os resultados alcançados nessa ação indicarão ou não a necessidade da adoção de medidas com relação às demais fontes de emissão de hidrocarbonetos e de NO<sub>x</sub>.

Estabelecidas a partir de um inventário consolidado e da aplicação de modelagem adequada, as diretrizes de controle deverão prever ações corretivas, para a redução da carga poluidora existente e preventivas, para disciplinar a entrada de novas fontes.

Basicamente, pode-se vislumbrar que as diretrizes a serem estabelecidas para o controle corretivo e preventivo de fontes de poluição contemplarão os seguintes aspectos:

- a adoção da melhor tecnologia prática disponível, visando atingir a menor taxa de emissão possível;
- uma vez organizado o inventário de fontes de emissão de precursores de ozônio, haverá a possibilidade de se empregar o “conceito bolha” no licenciamento de ampliações de empresas já implantadas, bem como de novos empreendimentos;

- a bacia aérea deve mostrar ao longo do tempo uma progressiva redução de poluentes em função das ações de controle.

Paralelamente às ações individuais de controle sobre as fontes de poluição, deverão ser feitas, sempre que possível e pertinente, negociações junto a setores e associações de empresas, de maneira a obter a máxima eficácia das medidas implementadas.

A Diretoria de Controle de Poluição Ambiental, coordenando as ações de controle no que se refere às fontes estacionárias, estabelecerá o cronograma de desenvolvimento do programa, compatibilizando-o com os demais projetos ambientais em curso.

### **3.1 - Proposição para controle das fontes estacionárias**

No que se refere às fontes estacionárias de precursores de ozônio, as ações de controle deverão ser concentradas nos empreendimentos incluídos nos grupos de interesse relacionados no Anexo 1. Haverá também um critério de priorização dessas ações, segundo o qual serão atendidas, em um primeiro momento, as empresas do Grupo 1 do citado anexo. À medida que este programa de controle ambiental for implementado e avaliado, serão incluídos os demais grupos de interesse.

Considerando que o inventário das emissões de precursores de ozônio é uma grave fragilidade do programa, a atualização desse banco de dados deverá constituir-se na primeira etapa do projeto. Organizado o inventário de emissões, será iniciada o controle das fontes de poluição propriamente dito. Tanto para as fontes novas quanto para as existentes, será preconizada, como diretriz, a adoção da melhor tecnologia de controle adequada para cada setor produtivo.

O cronograma básico de ações sobre as fontes estacionárias que pode ser proposto, considerando o critério de priorização e os recursos disponíveis, compõe-se das seguintes etapas:

- atualização do inventário de compostos orgânicos voláteis do grupo 1: até dezembro de 2000;
- início das ações de controle sobre as empresas do grupo 1: a partir de janeiro de 2001;
- início da atualização do inventário de emissões dos demais grupos de interesse: a partir de 2001.

#### **3.1.1 - Proposição para os postos de gasolina**

No caso específico dos postos de gasolina deverá ser adotada uma estratégia de controle diversa da empregada nas demais fontes estacionárias. Em razão da grande pulverização desses

empreendimentos e da limitação dos recursos da CETESB, não é factível o atendimento individual dos postos. A alternativa mais interessante é a negociação junto às empresas distribuidoras, que por serem mais técnica e economicamente estruturadas, podem alavancar soluções dos postos com os quais mantêm relação comercial.

Atualmente as soluções técnicas para o controle de hidrocarbonetos voláteis de postos de gasolina podem ser: a transferência de vapores por vasos comunicantes, a condensação de vapores (solução que, recuperando boa parte do combustível, incorpora um incentivo econômico ao controle) ou a adsorção com carvão ativado. São soluções tecnologicamente, de custo relativamente baixo, cuja eficiência pode ser igual ou superior a 95 %.

O detalhamento do programa de controle de ozônio em relação aos postos de gasolina deverá ser feito em um prazo de 60 dias, uma vez aprovado este plano por parte da Diretoria da CETESB.

#### **4 - Educação ambiental**

A educação ambiental, no que tange a programas de redução dos níveis de ozônio, deve enfatizar a participação das emissões veiculares na formação desse poluente. Primeiramente, o cidadão proprietário de veículos deve compreender que ele faz parte de um problema e de sua solução. Um segundo aspecto importante é que os programas de redução de ozônio devem ser entendidos como uma das parcelas importantes de ações de economia de energia, acarretando não só ganhos econômicos imediatos para o cidadão como para o próprio país. Lista-se abaixo um conjunto de atitudes que podem voluntariamente ser adotadas pelo cidadão e por empresas, e que devem ser trabalhadas em programas de educação ambiental.

##### Para o cidadão

###### Ao abastecer o veículo

- Evitar vazamento de gasolina
- Certificar-se que o tanque do veículo está bem vedado
- Abastecer o veículo após o entardecer (após 18:00 h)

###### Ao dirigir

- Desligar o carro se o trânsito estiver parado, evitar ao máximo a marcha lenta.
- Não partir bruscamente (sair cantando o pneu)

Evitar dirigir em horários de congestionamento

Evitar o uso de viagens desnecessárias, utilizar bicicleta, andar a pé, ou usar carona

#### Manter o veículo regulado

#### Manter os pneus calibrados

#### Conservar energia

Muito cuidado com o botijão de gás domiciliar. O gás vazado além de perigoso, é antieconômico e produtor de ozônio

Ligar máquina de lavar louça só após de cheia

Utilizar lâmpadas eficientes

Apagar as luzes desnecessariamente acesas

Utilizar o ar condicionado o mínimo possível

#### Outras atitudes

Evitar queimadas ao ar livre

Usar tintas de látex ao invés de tintas a base de óleo

Preferir tintas e produtos de limpeza à base de água

#### Para as empresas

##### Atitudes rotineiras

Apagar as luzes desnecessariamente acesas

Utilizar o mínimo possível o ar condicionado

Utilizar as facilidades de telecomunicação, evitando viagens desnecessárias

Alterar os horários de trabalho

Estimular caronas e uso de transporte coletivo (distribuir passes de ônibus)

Fornecer almoço no local de trabalho

##### Em emergências principalmente

Limitar o uso de solventes

Postergar emissões não emergenciais tais como queima em tocha (flaring) e liberação para a atmosfera

Postergar atividades de manutenção como pintura, desengraxamento, limpeza de tanques, etc.

Postergar atividades que produzam VOC como tratamentos químicos, etc.

Postergar o uso de retroscavadeiras, corte motorizado de grama, uso de trator, e outras atividades com o uso de motores de dois ciclos.

Quím. Cláudio Darwin Alonso  
Coordenador do Grupo de Trabalho

## ANEXO 1

### 1. FONTES DE EMISSÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS

#### 1.1. GRUPO I

- ◆ Terminais de armazenagem de gasolina
- ◆ Terminais de abastecimento de gasolina
- ◆ Postos de gasolina
- ◆ Tanques de derivados de petróleo
- ◆ Refinarias
- ◆ Usinas de asfalto
- ◆ Limpeza de metais com solventes
- ◆ Revestimento superficial de:
  - ◆ latas, fitas metálicas
  - ◆ tecido (ramas)
  - ◆ papel
- ◆ Automóveis e caminhões leves
- ◆ Mobiliário metálico
- ◆ Cabos magnéticos
- ◆ Eletrodomésticos

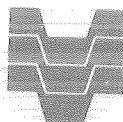
#### 1.2. GRUPO II

- ◆ Refinarias - vazamentos
- ◆ Pintura de metais
- ◆ Pintura de painéis planos de madeira
- ◆ Fabricação de produtos sintéticos farmacêuticos
- ◆ Fabricação de borracha para pneus
- ◆ Gráficas
- ◆ Caminhões de gasolina - vazamentos

### 1. FONTES DE EMISSÃO DE ÓXIDOS DE NITROGÊNIO

- ◆ Queima de combustível (fontes estacionárias e móveis)
- ◆ Fábricas de ácido nítrico

Data Acquis.:	24/08/01
Local:	
Coment:	
Data:	
Data Acquis.:	24/08/01



**CETESB**

**Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental**

Fone: (011) 3030-6000 - Fax: (011) 3030-6402

Telex: 1183053 CETS - BR - CEP 05489-900

São Paulo - SP - Brasil