



Vértices (Campos dos Goitacazes)

ISSN: 1415-2843

essentia@iff.edu.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Fluminense
Brasil

Marques da Silva, Lindalva; Caneva Gagno, Zeneide; dos Anjos de Jesus, Gabriel
Níveis de Ozônio Troposférico na Cidade de Vitória/ Espírito Santo, Brasil
Vértices (Campos dos Goitacazes), vol. 10, núm. 1-3, enero-diciembre, 2008, pp. 153-164
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense
Rio de Janeiro, Brasil

Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=625768734003>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Níveis de Ozônio Troposférico na Cidade de Vitória/ Espírito Santo, Brasil

Levels of the Tropospheric Ozone in Vitoria/Espírito Santo, Brazil

Lindalva Marques da Silva*

Zeneide Caneva Gagno**

Gabriel dos Anjos de Jesus***

Este trabalho teve como objetivo verificar as concentrações de ozônio detectadas, em 2004, na região do bairro Enseada do Suá. O bairro se caracteriza por apresentar tráfego intenso em sua via principal, sendo local de passagem para o Centro de Vitória, e para vários outros bairros do município, assim como para outros municípios da região da Grande Vitória. Os níveis de ozônio detectados, em 2004, no ar da região da Enseada do Suá mostraram que os valores diários não ultrapassaram os padrões exigidos pela Resolução CONAMA nº 03/90, ficando abaixo do limite estabelecido, ou 160 $\mu\text{g m}^{-3}$.

The aim of this work was to verify ozone concentrations detected in 2004 in the area known as Enseada do Suá. The neighborhood is characterized by heavy traffic on its main road, a major route leading to downtown Vitória and to several other districts of the city, as well as other municipalities in the metropolitan area of Vitória. The ozone detected in the air of Enseada do Suá, 2004, showed that the daily values did not exceed the standards required by Resolution CONAMA nº 03/90, remaining at 160 $\mu\text{g m}^{-3}$, below the established limit.

Palavras-chave: Poluição do ar. Ozônio.

Key words: Air pollution. Ozone.

Introdução

O Município de Vitória/ES apresenta como principais atividades aquelas relacionadas com o comércio, a prestação de serviços privados e públicos, e abriga, também, um complexo industrial constituído pela Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) e Companhia Siderúrgica de Tubarão (CST).

Por se tratar da capital do Estado, ocorre uma grande afluência de pessoas à cidade, durante o dia, tendo em vista as facilidades de acesso aos serviços institucionais e privados diversificados. Esta situação contribui para a ocorrência de uma população flutuante, triplicada durante o dia, fatos que trazem como consequência o aumento da circulação de veículos de todos os tipos promovendo, junto com as indústrias, a emissão de níveis significativos de poluentes atmosféricos para o ambiente da cidade.

* Mestre. Engenharia Ambiental. Vigilância de Fatores não Biológicos.

** Arquiteta. Centro de Controle de Zoonoses - Vigilância da Qualidade do Ar (VIGIAR).

*** Mestre. Química Analítica.

A Resolução CONAMA nº 03 define como [...] “padrões de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral” (CONAMA nº 03, 1990).

Ainda, segundo esta Resolução ficam estabelecidos os conceitos de Padrões Primários e Padrões Secundários de Qualidade do Ar.

Assim, o padrão primário de qualidade do ar se refere àquelas concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população, enquanto o padrão secundário de qualidade do ar é definido como as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral (RESOLUÇÃO CONAMA nº 03/90).

Para a substância química Ozônio os limites de concentração, nas camadas inferiores da atmosfera ou troposfera, referem-se tanto ao padrão primário quanto ao secundário. A Resolução CONAMA nº 03/90 estabelece, para o ozônio, a concentração média de 1 (uma) hora de cento e sessenta microgramas por metro cúbico de ar ($160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de ar), que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

Devido ao crescente interesse em relação aos poluentes gasosos que ocorrem em baixas concentrações no ambiente, e à necessidade de determiná-los com segurança durante longos períodos de tempo, foram desenvolvidos sistemas urbanos de monitoramento urbanos na Inglaterra e na União Européia (MENDHAM *et al.*, 2002).

A cidade de São Paulo possui estações de monitoramento contínuo, gerenciadas pela CETESB, com a finalidade de acompanhar os níveis de poluentes do ar incluindo medições de ozônio, uma vez que apresenta uma frota de veículos significativa e grande concentração de indústrias.

O objetivo destes sistemas de monitoramento é avaliar o efeito de medidas de redução implementadas para o controle dos poluentes. Como estas medições devem ser feitas de forma contínua por longos períodos, com pouca ou nenhuma manutenção, monitores especializados foram desenvolvidos para o acompanhamento dos níveis dos poluentes mais importantes como, SO_x , NO_x , O_3 e peróxi-acetilnitrato (PAN).

Considerando a necessidade de avaliar de forma rotineira as concentrações de ozônio na troposfera do município de Vitória, com o objetivo de comparar os resultados obtidos com os padrões de emissão estabelecidos pela legislação ambiental vigente, foram utilizados os dados gerados por estação de monitoramento do ar, localizada na área do município de Vitória, pertencente à rede automática que opera durante 24 (vinte e quatro horas) do dia.

Os resultados são enviados a um Centro Supervisório, gerenciado pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Espírito Santo (IEMA) que é responsável pela análise e avaliação dos dados gerados. A partir desses resultados,

são confeccionados boletins diários de classificação sobre a qualidade do ar da região, com posterior comunicação à imprensa e divulgação para a comunidade.

O município de Vitória possui três estações de monitoramento de qualidade do ar localizadas nos bairros Centro, Jardim Camburi e Enseada do Suá. Este trabalho considerou, apenas, os dados obtidos na estação do Bairro da Enseada do Suá, por ser a única que estava monitorando o parâmetro ozônio em 2004.

O Bairro Enseada do Suá se caracteriza por apresentar tráfego intenso, em sua via principal, sendo local de passagem para o Centro e vários outros bairros do município, assim como, para outros municípios da região da Grande Vitória. Ainda, a estação de monitoramento aí instalada, apresenta-se como principal na rede de medição projetada e está localizada em ponto estratégico da região da Grande Vitória, proporcionando uma elevada cobertura espacial para as emissões industriais e de fontes móveis (UFES, 1997).

Sabe-se que a combustão industrial e aquela dos motores automotivos produzem partículas e vários gases cujas características podem causar impactos sobre a saúde do ser humano, como é o caso da produção indireta do ozônio (CETESB, 1990).

Objetivo

Verificar a evolução do parâmetro Ozônio para o município de Vitória, no Bairro Enseada do Suá, no ano de 2004, a partir dos resultados observados em medições realizadas na Rede Automática de Monitoramento da Qualidade de Ar da Grande Vitória (RAMQAR).

Revisão bibliográfica

O Ozônio é considerado um gás agressivo quando aparece nas camadas inferiores da atmosfera e é identificado como oxidante fotoquímico, formando o “smog” ou névoa marrom. A sua formação advém de complexa reação química entre hidrocarbonetos (emitidos pela evaporação de gasolina, solventes, insumos petroquímicos e pela fumaça dos carros), os NO_x (resultantes de qualquer tipo de combustão) e a luz solar, daí ser considerado como um poluente secundário (CETESB, 1990).

Para o homem, além de causar irritação nos olhos e vias respiratórias, sua ação oxidante destrói os cílios das vias aéreas, responsável pela primeira filtragem das impurezas do ar, diminuindo a capacidade de defesa da pessoa contra microorganismos. Isso faz aumentar ou agravar os casos de doenças respiratórias e de reações alérgicas como rinite, otite, amidalite, sinusite e, outras como, bronquite e pneumonia (CRUZ; ANTUNES, 2005).

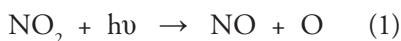
O ozônio é um dos mais poderosos irritantes conhecidos, e em uma concentração de 0,12 partes por milhão reduz à metade a capacidade respiratória de adultos normais. Apresenta-se como uma forma alotrópica do oxigênio, sendo um gás perceptivelmente azul, cujo odor pode ser sentido em concentrações de até 0,01 ppm (MARTINS; BITENCOURT, 2002).

O ozônio é um agente oxidante muito mais poderoso que o O₂, reagindo com muitas substâncias sob condições em que o O₂ é inerte. Em solução ácida, só perde em poder oxidante para o F₂ (gás flúor), oxigênio atômico e algumas espécies como radicais OH (MARTINS; BITENCOURT, 2002).

O resultado, que ocorre depois de uma série de complexas reações químicas, a partir do óxido de nitrogênio formado pelo escapamento de automóveis no trânsito, é a produção de ozônio e de nitrato peroxiacetilico. Ambos são poderosos irritantes das mucosas dos olhos, da garganta e do trato respiratório, e também causam tosse, bronquite, congestão e alergias (MARTINS; BITENCOURT, 2002).

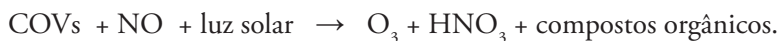
O ozônio formado na troposfera, em contraste com aquele formado em camadas mais altas, constitui um poluente, sendo nocivo para a vida em geral (seres humanos, animais, plantas) e diversos materiais tais como borrachas e tecidos (FINLAYSON; PITTS, 1986).

A formação do ozônio na troposfera ocorre através da fotólise do NO₂, a qual resulta na liberação do oxigênio atômico (equação 1). Este, por sua vez, se combina com o oxigênio molecular, produzindo ozônio (equação 2). Na ausência de outras espécies oxidantes, o NO será oxidado pelo ozônio a NO₂ (equação 3), resultando um estado de equilíbrio no qual a concentração de ozônio deve se manter constante (MARTINS & BITENCOURT, 2002), de acordo com as etapas abaixo:



No entanto, tem se tornado cada vez mais comum a presença de hidrocarbonetos, seus derivados e outros COVs (compostos orgânicos voláteis), na atmosfera, os quais reagem produzindo radicais livres que, por sua vez, oxidam o NO sem destruir o ozônio. Deste modo, a concentração de ozônio na baixa atmosfera, tem atingido freqüentemente níveis elevados. As maiores fontes para a produção de ozônio na baixa atmosfera são o tráfego de automóveis, a queima de combustíveis fósseis e processos industriais que produzem dióxido de nitrogênio. Devido à natureza da sua formação, o ozônio é um poluente difícil de ser controlado, sendo um dos que mais comumente excede as concentrações permitidas em áreas urbanas. O desenvolvimento do “smog” fotoquímico, no qual um grande número de reações acontece simultaneamente, está

geralmente associado à ocorrência de picos de ozônio nas grandes cidades. Os reagentes originais em um episódio de “smog” fotoquímico são o óxido de nitrogênio (NO) e os compostos orgânicos voláteis, além da luz solar, ingrediente vital para a produção de radicais livres. Os produtos finais de um “smog” são o ozônio, o ácido nítrico e espécies orgânicas ozônio (BOTKIN; KELLER, 1998):



Suspeita-se que um dos produtos que compõem a névoa fotoquímica (“smog”) é o nitrato de peróxi-acetila (PAN) porque ele se forma na reação entre NO_x , O_3 e hidrocarbonetos, catalisada por luz solar. Esta substância se caracteriza por ser lacrimogênea e causadora de problemas respiratórios (ARBILLA; OLIVEIRA, 1999). O seu monitoramento é difícil pois ocorre em concentrações muito pequenas e é extremamente reativo. Atualmente, ele pode ser determinado na concentração de 30 partes por trilhão, por separação cromatográfica de outros poluentes atmosféricos e transformado em NO_2 no conversor catalítico que é posteriormente detectado (MENDHAM *et al.*, 2002).

Estima-se que, no início do século, a concentração de ozônio no continente europeu era da ordem de 2 a 10 ppb. Atualmente, concentrações atmosféricas na faixa de 50-100 ppb são usualmente encontradas em várias localidades (MARTINS; BITENCOURT, 2002).

A maior parte dos países tem estabelecido padrões de concentrações máximas de ozônio em torno de 100 ppb. Por exemplo, nos Estados Unidos o padrão é de 120 ppb e no Canadá, 82 ppb (FINLAYSON; PITTS, 1986).

Em ambientes urbanos, durante a formação do “smog” fotoquímico, a concentração de ozônio ultrapassa em muito os padrões estabelecidos. Nas cidades de Los Angeles, México e Atenas já foram registrados níveis de até 600 ppb (BOTKIN; KELLER, 1998; BAIRD, 1995). No Brasil, o padrão nacional de qualidade do ar é fixado em $160 \mu\text{g m}^{-3}$ para ozônio (CETESB, 1990).

Dados de concentração de ozônio, em vários bairros de São Paulo, mostraram que este padrão é rotineiramente excedido, atingindo níveis de $500 \mu\text{g m}^{-3}$ (MIGUEL, 1992).

A composição do ar seco ao nível do mar apresenta concentrações de ozônio com os valores apresentados na Tabela 1, transcritos do Boxe 1.1, p. 12, v. 1, Físico-Química (ATKINS; PAULA, 2003).

Tabela 1
Concentrações de Ozônio no ar seco ao nível do mar

Estação do ano	% volumétrica	% ponderal
Inverno	2×10^{-6}	$3,3 \times 10^{-6}$
Verão	7×10^{-6}	$1,2 \times 10^{-5}$

Fonte: Livro de Físico-Química, Peter Atkins, 2003.

Metodologia

O método de medição do ozônio fundamenta-se em sua capacidade para absorver energia luminosa na região do espectro da radiação do ultravioleta. Assim, inicialmente, mede-se diretamente a absorvância no comprimento de onda igual a 254 nm, que é muito intensa. O caminho ótico da célula é razoavelmente longo (0,5 m). O ar contaminado é capturado por uma sonda e passa por um conversor catalítico para remover ozônio, evitando que seja afetado por outros gases que também absorvem naquele comprimento de onda. Mede-se novamente a absorvância e a diferença entre as duas medidas corresponde à absorvância do ozônio (MENDHAM *et al.*, 2002).

Aplicando a Lei de Beer (CIENFUEGOS; VAITSMAN, 2000), obtém-se resposta linear com limite de detecção de 1 ppb. O equipamento não utiliza reagentes, apenas uma fonte de energia, podendo ser completamente automatizado e permanecer no local de medição (MENDHAM *et al.*, 2002).

Segundo a Lei de Beer, quando a luz incide sobre uma solução que contém um soluto capaz de absorver energia luminosa em determinado comprimento de onda, a intensidade da luz transmitida está relacionada, de forma exponencial, tanto com a concentração deste soluto como com a espessura (caminho ótico) do corpo que a luz atravessa (HARRIS, 2001). As equações 4 e 5 a seguir representam a Lei de Beer.

$$I / I_0 = 10^{-abc} \quad (4)$$

$$I = I_0 \cdot 10^{-abc} \quad (5)$$

Onde,

I = intensidade da luz transmitida;

I_0 = intensidade da luz incidente sobre um meio absorvente;

a = constante de absorção ou absortividade molar (é uma medida da quantidade de luz absorvida, em determinado comprimento de onda, por unidade de concentração);

b = comprimento do caminho ótico (cm);

c = concentração do soluto (mol/L ou M).

O equipamento utilizado pelo IEMA para monitorar ozônio, no município de Vitória, apresenta as seguintes características (UFES, 1997):

Faixa de medição: 0- 0,1 / 0,25 ppm

Limite inferior de detecção: 1,0 ppb

Linearidade: $\pm 2,0$ % F.S.

Repetibilidade: $\pm 1,0$ % F.S.

Desvio do zero: $\pm 2,0$ ppb/semana

Tempo de resposta: 120 s (máximo)

Alarmes: para todas as falhas de funcionamento de funções vitais do monitor

Saídas analógicas: 4 – 20 mA

Porta de comunicação: padrão RS 232

Temperatura de operação: 0 – 40°C

Alimentação: 127 V – 60 Hz

Display: digital

Para a realização deste estudo foram utilizados os resultados dos níveis de ozônio fornecidos pela Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar de Vitória do IEMA (RAMQAR/IEMA).

Os dados das concentrações de ozônio repassados pelo IEMA, para a Secretaria Municipal de Saúde de Vitória, representam os valores médios diários do poluente medidos durante os anos de 2002 e 2004.

A partir destas informações, foi elaborada a Tabela 2 para representar as médias mensais e os valores máximos mensais de ozônio, utilizando-se, para cálculo, o programa Excel 2003. Foram construídos gráficos no programa Excel 2003, representados nas Figuras 1 a 5 com o intuito de mostrar informações meteorológicas (chuva e temperatura médias) e facilitar a visualização da evolução do parâmetro nos períodos considerados.

Resultados

Considerando a grande quantidade de informações geradas na estação de monitoramento automático do IEMA, elas foram organizadas na Tabela 2 de forma a representar as concentrações médias diárias, as médias mensais e as máximas mensais de ozônio.

A Tabela 2, a seguir, apresenta os resultados para as concentrações médias mensais e as concentrações máximas mensais observadas nos anos de 2002 e 2004 para ozônio na região da Enseada do Suá. Observa-se que as médias mensais de ozônio para todos os meses de 2004 ficaram acima das médias de 2002 para os mesmos meses. Com relação à concentração máxima mensal do parâmetro, verificou-se um grande aumento, em 2004, com exceção dos meses de janeiro, junho e dezembro. O Gráfico da Figura 3

mostra que, em janeiro e dezembro de 2004, ocorreram precipitações pluviométricas maiores do que em 2002, nos meses correspondentes, acarretando redução nos níveis de ozônio. No mês de junho, embora a temperatura seja mais baixa, verifica-se redução de chuvas e conseqüente aumento da concentração de ozônio nos dois anos considerados.

Tabela 2
Resultados médios e máximos mensais das concentrações de ozônio no ar do Bairro
Enseada do Suá – 2002 e 2004 - Vitória/ES

Meses	Concentração média mensal Ozônio ($\mu\text{g m}^{-3}$)		Concentração máxima mensal Ozônio ($\mu\text{g m}^{-3}$)	
	Ano 2002	Ano 2004	Ano 2002	Ano 2004
Janeiro	23,3	43,64	59,3	57
Fevereiro	24,4	43,38	42,6	98
Março	22	52,06	33	96
Abril	22	47,72	53,8	76
Maiο	25,4	53,26	44,3	73
Junho	57	54,26	108	101
Julho	24,5	53,77	58,7	79
Agosto	32,2	56,10	52,1	90
Setembro	32,5	64,40	67,2	93
Outubro	42	52,20	57,6	75
Novembro	35,8	53,10	66,2	86
Dezembro	32	49,84	107,1	95

Fonte: valores baseados nos dados RAMQAR/IEMA.

O Gráfico da Figura 1 representa as concentrações médias diárias do ozônio obtidas, em 2002 e 2004, verificando-se que os valores encontrados ficaram muito abaixo do valor máximo permitido para o parâmetro ($160\mu\text{g m}^{-3}$).

Por outro lado, observa-se que para o ano de 2004 os valores ficaram acima daqueles de 2002 considerando o mesmo período mensal, indicando uma tendência de aumento do ozônio troposférico na região. Possivelmente isto se deve à elevação do número de veículos que circularam na região.

Observou-se a ocorrência de níveis elevados de ozônio no mês de junho dos dois anos estudados, indicando existir uma possível relação com a redução na precipitação pluviométrica que ocorreu, neste período, conforme indicado no gráfico da Figura 3.

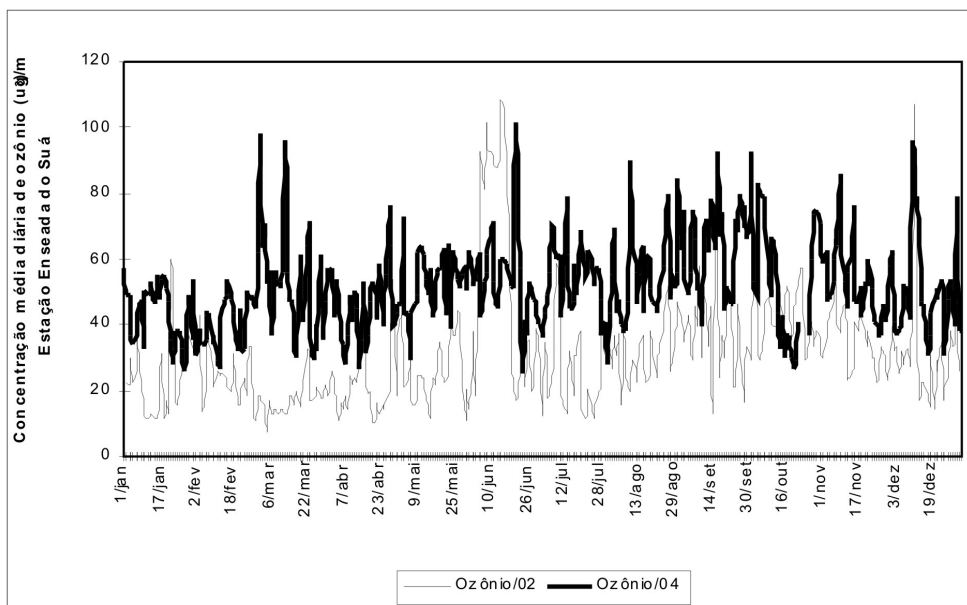


Figura 1: Concentrações médias diárias de Ozônio, em 2002 e 2004, na estação de monitoramento da Enseada do Suá

O gráfico da Figura 2 representa as temperaturas médias mensais, em 2002 e 2004, na cidade de Vitória, mostrando que não ocorreram variações significativas nos dois anos. Os dados foram fornecidos pelo Instituto Capixaba de Pesquisa Rural (Incaper).

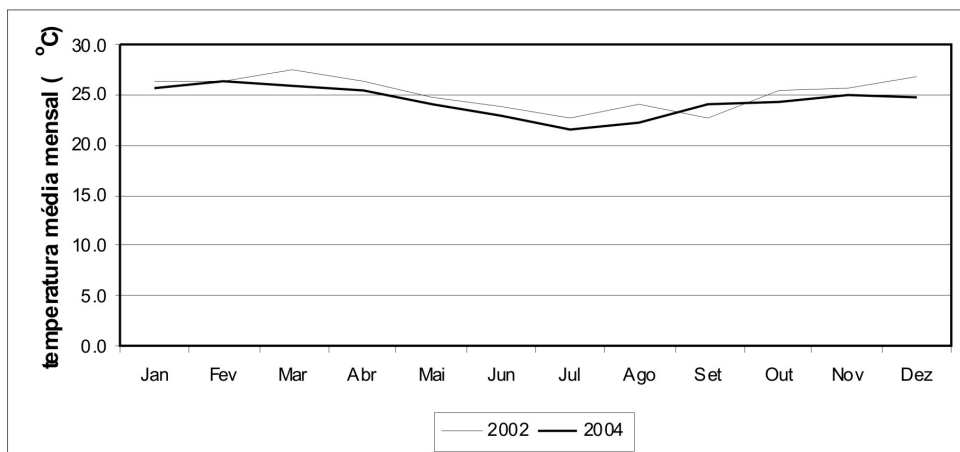


Figura 2: Valores médios mensais da temperatura de Vitória, de 2002 a 2004 (Incaper)

O gráfico da Figura 3 mostra a variação média mensal da precipitação pluviométrica do município de Vitória nos anos de 2002 e 2004 (Incapar). Os dados demonstram que o período chuvoso da região coincide com aquele de temperaturas mais altas, o que parece interferir na formação de ozônio troposférico no período de verão. A curva que representa as concentrações de ozônio de 2004 indica grandes picos de chuva nos meses de janeiro e dezembro.

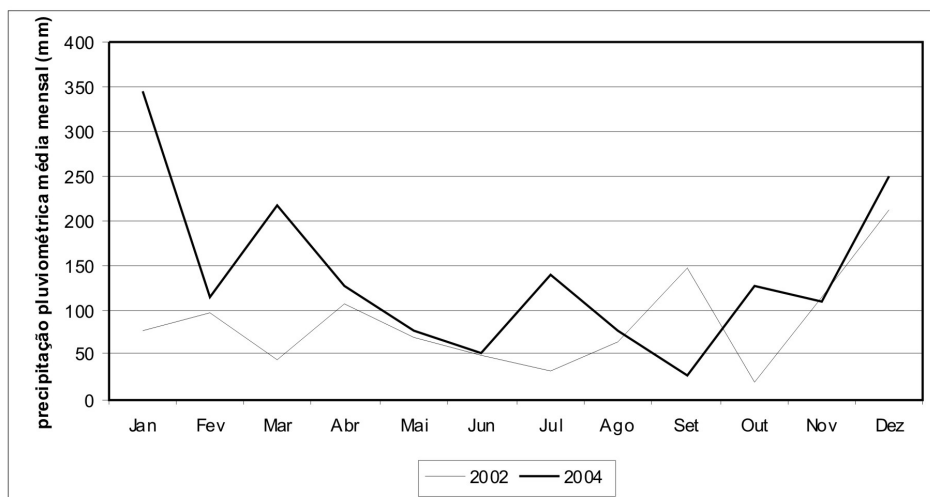


Figura 3: Precipitação pluviométrica, nos anos de 2002 e 2004, no município de Vitória (Incapar)

O gráfico da Figura 4 representa as concentrações médias mensais do ozônio, obtidas em 2002 e 2004, verificando-se que os valores encontrados nos dois anos ficaram muito abaixo do valor máximo permitido, mas indicando a elevação dos valores médios do parâmetro no ano de 2004.

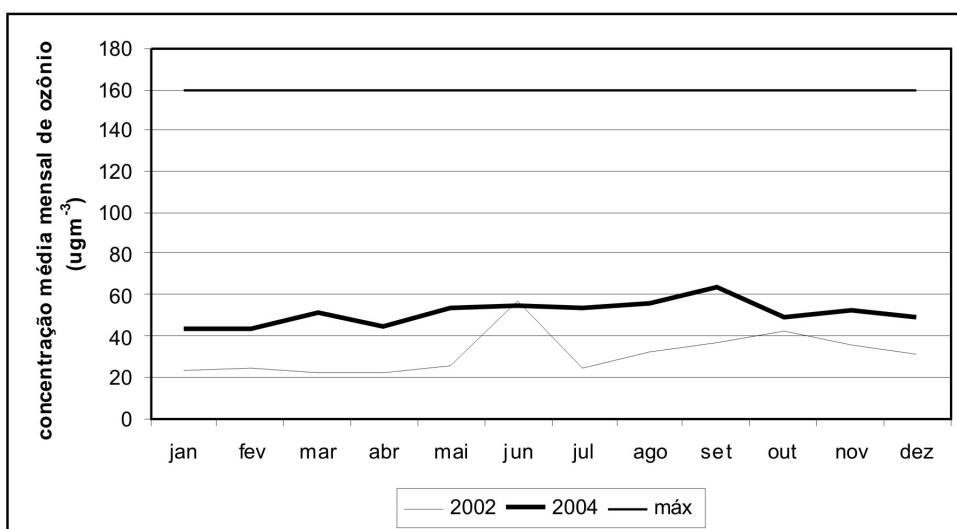


Figura 4: Evolução da média mensal de Ozônio, em 2002 e 2004, na Enseada do Suá

A Figura 5 mostra o comportamento dos valores máximos mensais da concentração de ozônio no ar ambiente da região da Enseada do Suá, nos anos de 2002 e 2004, indicando o cumprimento ao padrão exigido pela legislação. Entretanto, constata-se a elevação nos valores máximos de 2004 quando comparados com os meses correspondentes de 2002. Observa-se, nitidamente que, em janeiro de 2004, ocorreram baixos valores de ozônio talvez associados ao recrudescimento de chuvas incidentes neste mês. Posteriormente, em fevereiro e março do mesmo ano, ocorreu um aumento nos níveis de ozônio quando, então, se verifica a redução de chuvas no período. Os picos elevados, em junho de 2002 e 2004, mostram que existe uma relação entre os níveis de ozônio, na Figura 5, e a redução de chuvas indicada no gráfico da Figura 3.

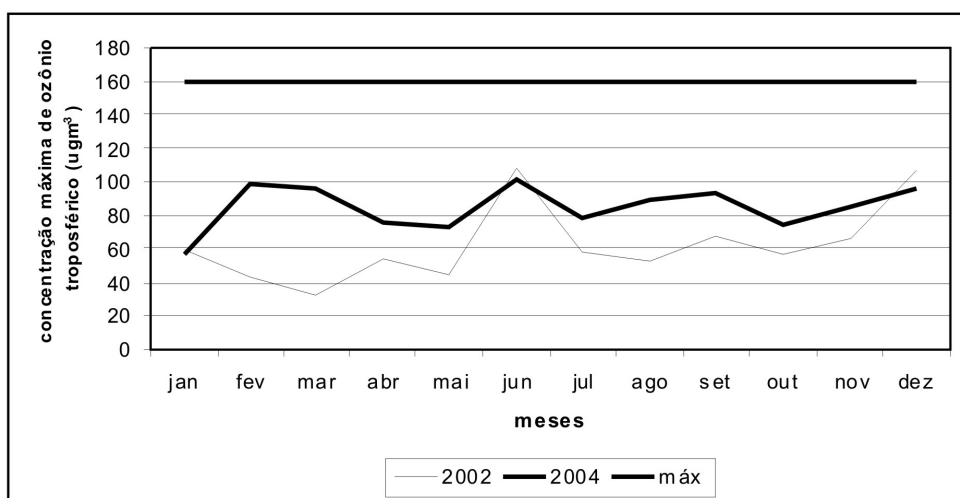


Figura 5: Concentração máxima mensal de ozônio, em 2002 e 2004, na Enseada do Suá

Conclusões

As concentrações de ozônio no ar da região da Enseada do Suá, localizada no município de Vitória, durante os anos de 2002 e 2004, permaneceram abaixo dos limites previstos pela Resolução CONAMA nº 03/90 que estabelece os padrões para manutenção da qualidade do ar ambiente em todo território brasileiro.

Verificou-se que as concentrações de ozônio no ar ambiente, no ano de 2004, foram bem superiores àsquelas de 2002.

As concentrações de ozônio, em Vitória, estão relacionadas ao tráfego de veículos, e sua redução está associada a medidas de controle, entre elas a redução no fluxo veicular e a instalação de equipamentos que possam reduzir a emissão de precursores que formam este poluente.

Referências

- ANFOSSI, D.; SANDRONI, S. *Atmos. Environ*, v. 31, 3481, 1997.
- ARBILLA, G.; OLIVEIRA, K. M. P. G. Otimização de um mecanismo fotoquímico para a simulação da atmosfera urbana brasileira. *Química Nova*, v. 22, n.6, nov./dez. São Paulo, 1999.
- ATKINS, P.; PAULA, J. *Físico-Química*, v. 1. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.
- BAIRD, C. *Environmental Chemistry*. 2. ed. New York: W. H. Freeman and Company, 1995.
- BOTKIN, D. B.; KELLER, E. A. *Environmental Science*. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1998.
- CETESB. *Qualidade do ar no Estado de São Paulo*, 1989. São Paulo, 1990.
- CIENFUEGOS, F.; VAITSMAN, D. In: _____. *Análise Instrumental*. Rio de Janeiro: Interciência, 2000.
- CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução CONAMA n. 03/90 de 28/06/1990.
- CRUZ, D. C.; ANTUNES, M. L. P. Ozônio: mocinho ou vilão?. Disponível em: <http://www.sorocaba.unesp.br/noticias/artigo/>. Acesso em: 19 maio 2007.
- FINLAYSON-PITTS, B. J.; AND PITTS, J. N. Jr. *Atmospheric Chemistry: fundamentals and experimental techniques*. New York: John Wiley & Sons, 1986.
- HARRIS, D. C. *Análise Química Quantitativa*. Rio de Janeiro: LTC, 2001.
- MARTINS, C. R.; BITTENCOURT, A. *Química Nova*, v. 25, n. 2, 2002.
- MENDHAM, J. *et al.* *Análise Química Quantitativa*. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.
- MIGUEL, A. H. *Química Nova*, v. 15, n. 118, 1992.
- SABBATINI, R. M. E. Poluição, inverno e saúde. *Jornal Correio Popular*, Campinas, SP, 23 maio 1996.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO. Instituto de Tecnologia. Rede Otimizada para o Monitoramento da Qualidade do Ar da Grande Vitória – Espírito Santo. Vitória, jul. de 1997.