

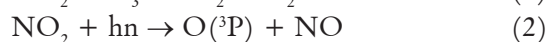
# Estudo da relação entre ozônio e parâmetros meteorológicos na atmosfera de São Paulo

Wagner Galichio, Adalgiza Fornaro

*Inst. de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas  
(IAG/USP), São Paulo, SP, Brasil  
e-mail: galichio@model.iag.usp.br*

## 1. Introdução

O ozônio é um poluente atmosférico que, em altas concentrações se torna prejudicial à saúde humana, causando complicações respiratórias e doenças pulmonares (WHO, 2005). A formação de ozônio na troposfera, considerando-se um estado foto-estacionário, está associada às reações (Finlayson-Pitts e Pitts Jr., 2000):



Onde M (geralmente  $\text{N}_2$  ou  $\text{O}_2$ ), chamado terceiro corpo, é um atenuador de energia para estabilização do ozônio formado. Porém, em presença de compostos orgânicos voláteis (COVs) a condição de estado foto-estacionário é quebrada e, altas concentrações de  $\text{O}_3$  podem ocorrer no meio do dia para o final da tarde. As reações envolvidas neste processo são dependentes tanto da concentração dos precursores (NO,  $\text{NO}_2$  e COVs) quanto da temperatura e presença de radiação solar.

O presente estudo tem por objetivo, avaliar a relação entre ozônio e seus precursores ( $\text{NO}_x$ ) além de avaliar os efeitos de parâmetros meteorológicos na variabilidade destes compostos na cidade de São Paulo. Outro ponto será a possibilidade de avaliação da contribuição da variabilidade dos diferentes combustíveis da frota veicular da RMSP no comportamento do ozônio entre os anos de 2002 a 2007.

## 2. Metodologia

Utilizaram-se dados horários de temperatura, umidade relativa, radiação solar,  $\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_2$  e NO da estação Ibirapuera da rede de monitoramento da CETESB no período de janeiro de 2002 a dezembro

de 2007. Também se fez o levantamento da variabilidade dos tipos de combustíveis usados pela frota veicular da RMSP no período, buscando relacionar se a matriz energética tem influenciado diretamente nas concentrações de ozônio (CETESB, 2007). Para as análises gráficas e estatísticas, foram utilizados os softwares Microsoft Excel e Microcal Origin, além de programação em linguagem C.

### Resultados e discussão

O perfil diurno de ozônio para o período analisado mostrou altos valores de concentração do meio dia para o fim da tarde, concordando com o que tipicamente se espera pelas reações fotoquímicas combinadas com os perfis de emissão diurna em áreas urbanas (EPA, 2006). A produção de ozônio se inicia por volta das 10 horas, quando a radiação já é suficiente para a fotólise de  $\text{NO}_2$ , produzindo ozônio. Observou-se que os máximos de ozônio ocorreram na primavera e os mínimos no inverno (Fig. 1). O número de ultrapassagens do PQAR diminuiu até 2006. Comparando essa informação com as mudanças ocorridas nos combustíveis da frota veicular no período, o total de álcool utilizado aumentou em mais de 21% no total, indicando que as condições meteorológicas para formação e transporte do ozônio têm uma importância maior que apenas a disponibilidade de seus precursores emitidos na queima do álcool.

As variações diurnas nas concentrações de ozônio são controladas por diversos fatores, entre eles a importância dos transportes vertical e horizontal de massas de ar, produção fotoquímica local e taxas de perda, tempo para entranhamento do ar proveniente da camada limite residual noturna e variabilidade diurna da altura da camada de mistura.

Destaca-se na figura, a estação de inverno, com um pico noturno de  $\text{NO}$  extremamente alto em relação aos demais trimestres. Uma explicação para o aumento de concentração durante a noite, principalmente inverno é a diminuição da altura da camada limite planetária (CLP) no período noturno, além das emissões que também ocorrem nesse horário. A presença de atmosfera mais estável e com ventos fracos, também auxilia o acúmulo dessa espécie. Camadas de inversão térmica devido à estabilidade atmosférica dificultam ainda mais a dispersão desse poluente durante a noite. A média de inversões até 200m no período foi de 29 por ano no inverno contra 12 no outono (segunda maior média).

O aumento da concentração de  $\text{NO}_2$  no período noturno, a partir das 17-18h, também pode estar relacionado à ausência da radiação solar e, portanto, término da atividade fotoquímica. Porém, a diminuição da concentração do  $\text{NO}_2$ , a partir das 20h, diferentemente do  $\text{NO}$ , pode ser relacionada a reações químicas, por exemplo, reação com radi-

cais produzindo ácido nítrico que pode sofrer processos de remoção por deposição seca ou úmida ao longo da noite (Finlayson-Pitts e Pitts, 2000).

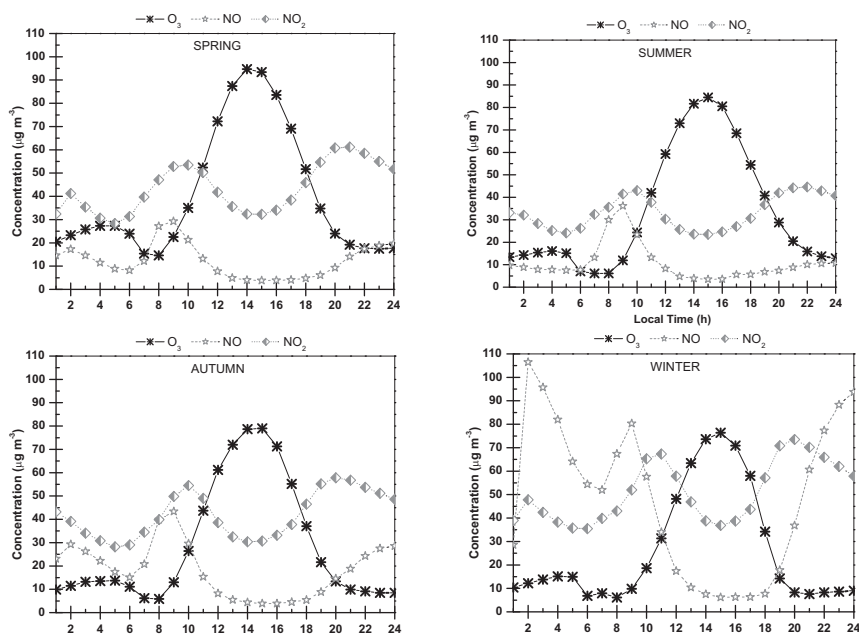


Figura 1. Perfil de concentração média horária de NO, NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub> para a estação Ibirapuera, entre jan/02 e dez/07.]

### Conclusões

No período analisado, as concentrações de ozônio ultrapassaram com frequência o PQAR, principalmente, nos meses de primavera e verão. O ozônio ultrapassa o limite do PQAR para valores de temperatura, preferencialmente, acima de 25°C, radiação solar intensa e baixa umidade relativa. A análise dos NO<sub>x</sub> revelou um máximo noturno de concentração de NO durante o inverno, relacionado com a diminuição da altura da CLP e com o número de inversões térmicas que ocorre nessa estação indicando condições desfavoráveis à dispersão desse poluente durante a noite. Não se observou aumento nas concentrações de ozônio, apesar do uso de etanol ter sofrido aumento de 21%, atingido 55% de contribuição do etanol no total da frota veicular da RMSP no período.

## **Bibliografia**

CETESB (2007) - Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo - 2008, Secretaria do Meio Ambiente, Série Relatórios - ISSN 0103-4103, São Paulo.

EPA, United States Environmental Protection Agency, 2008, Air Quality Criteria for Ozone and Related Photochemical Oxidants, Vol. I, EPA 600/R-05/004aF, pgs, 3-17 a 3-39.

Finlayson-Pitts, B.J., Pitts Jr., J.N., Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere: Theory, Experiments, and Applications, 2000, Academic Press, pgs, 265-266.

WHO- World Health Organization, Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulphur dioxide, Summary of risk assessment, Global update, 2005.