



CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DO AR EM SÃO JOSÉ DOS CAMPOS-SP, UTILIZANDO TRADESCANTIA PALLIDA (TRAD-MCN)

R.L. Mariani^{1,*}, M.P.M. Jorge^{2,**}, S.S. Pereira^{2,***}

¹Dept° Geoquímica, Universidade Federal Fluminense

²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - DMA, INPE

E-mail: *rauda@cptec.inpe.br, **paulete@cptec.inpe.br; ***sergiop@cptec.inpe.br

Recebido em dezembro de 2007, aprovado para publicação em abril de 2008

ABSTRACT

The increasing levels of air pollution in large urban centers are responsible for several human health problems mainly in the respiratory system. São José dos Campos is considered an urban center of high pollution. However, it doesn't have a proper network of monitoring system yet. In this work the *Tradescantia pallida* was used as biomonitor the air quality and definition of the regions that present highest pollution indices. The use of the Trad-MCN assay revealed adequate to the first characterization of the city, disclosing the existence of a gradient in the northward direction, compatible with the predominant direction of the winds. Further, two areas of higher concentration were noted: one in the center of the city and other in the Southeastern region, with typical industrial characteristics. This work was done with the partnership of Municipal and State Schools and other institutions of the community, which contributed for awareness and social mobilization, indeed generating knowledge to preserve the environment and the health of the population in favor of better quality of life.

RESUMO

Os crescentes níveis de poluição do ar nos grandes centros urbanos são responsáveis pelo aumento de diversos problemas na saúde humana, atingindo principalmente o sistema respiratório. São José dos Campos configura-se como centro urbano de alto potencial poluidor, porém ainda não conta com rede de monitoramento adequada. Nesse trabalho a *Tradescantia pallida* foi utilizada como biomonitor para caracterização da qualidade do ar e definição das regiões que apresentam maiores índices de poluição. A utilização do ensaio Trad-MCN mostrou-se adequado aos propósitos de primeira caracterização da cidade, revelando a existência de um gradiente de concentração em direção ao Norte, compatível com a direção predominante dos ventos e duas áreas de maior concentração: uma no centro da cidade e outra na região Sudeste, com características tipicamente industriais. Esse trabalho contou com a parceria de Escolas Municipais e Estaduais e outras instituições da comunidade, o que contribuiu para conscientização e mobilização social no sentido de gerar conhecimento para preservar o ambiente em prol de melhor qualidade de vida e preservação da saúde da população.

INTRODUÇÃO

O ambiente dos grandes centros urbanos, devido à elevada concentração de indústrias

e intenso tráfego veicular, apresenta uma atmosfera complexa formada de inúmeras substâncias orgânicas e inorgânicas, incluindo

substâncias com características mutagênicas e carcinogênicas, como benzeno, metais pesados, hidrocarbonetos e outros (Skov *et al.*, 2001; Colvile *et al.*, 2001). O potencial de risco decorrente dessa exposição ainda não é completamente conhecido, mas diversos estudos epidemiológicos mostram correlações significativas entre diferentes níveis de poluição do ar e efeitos agudos e crônicos na saúde humana. (WHO, 2000; Saldiva *et al.*, 1995 e Wilson *et al.*, 2004). A Organização Mundial de Saúde, considerando as novas evidências dos efeitos dos poluentes na saúde da população, mantém comitês para revisão sistemática dos Padrões de Qualidade do Ar dos poluentes regulamentados (WHO 2006).

São José dos Campos pode ser considerado um centro urbano de elevado potencial de poluição atmosférica por 4 razões: possui uma frota veicular licenciada, em torno de 202 mil veículos; é cortado no sentido transversal pela Rodovia Presidente Dutra onde circulam 80 mil veículos/dia; situa-se entre os dois maiores pólos urbanos do país (SP e RJ) abrigando extenso e variado parque industrial, com mais de 900 indústrias; e está numa região topográfica de vale que favorece a ocorrência de inversão térmica e conseqüente baixa dispersão atmosférica. A Figura 1 mostra uma imagem de satélite localizando São José dos Campos no Brasil. A Cetesb possui em São José uma estação fixa de monitoramento da qualidade do ar, que integra a rede automática do Estado de São Paulo, sendo atualmente a única referência da qualidade do ar em todo Vale do Paraíba, uma área de aproximadamente 16 mil km² com uma população em torno de 2 milhões de habitantes (Atlas SJC, 2004). O monitoramento convencional completo contempla medidas em tempo real da concentração de ozônio (O₃), material particulado com diâmetros menores que 10 µm (PM10), dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO) e óxidos de nitrogênio (NOx) e compostos

orgânicos voláteis (COV's). A estação de São José dos Campos monitora apenas o ozônio (O₃), material particulado (MP 10) e dióxido de enxofre (SO₂), cujos dados são disponibilizados em médias horárias, via internet através de boletins diários no endereço eletrônico www.cetesb.gov.br. O acompanhamento contínuo da qualidade do ar de uma região fornece subsídios para ativar ações de controle durante períodos críticos de poluição que representam riscos à saúde pública, bem como para verificar a efetividade dos programas de controle de emissões e auxiliar no planejamento de ações futuras. A instalação e manutenção de uma rede de monitoramento exigem elevados investimentos e necessitam mão de obra especializada, além da necessidade de constante adequação aos novos métodos sugeridos pelos órgãos internacionais. Os sistemas de monitoramento atuais, geralmente deficitários em termos quantitativos, não contemplam todas as substâncias poluentes e não fornecem um quadro dos efeitos sincrônicos da complexa mistura dos componentes atmosféricos.

O biomonitoramento é uma técnica que permite avaliar a qualidade do ar em áreas extensas, utilizando organismos vivos que respondem à poluição ambiental alterando suas funções ou acumulando toxinas. As respostas das plantas podem ser observadas tanto em nível macroscópico, através da apresentação de cloroses, necroses, quedas de folhas ou diminuição no seu crescimento, como podem ocorrer em nível genético, como é o caso da *Tradescantia pallida*. (quem identificou essa espécie e quando foi que isso ocorreu? Essa espécie pode indicar o grau de concentração de poluentes oxidantes, através da contagem dos micronúcleos (mutações genéticas) que são separados (“refugados”) pelas células mães de grãos de pólen, caso a planta esteja sob efeitos de poluentes. Ou seja, o número de micronúcleos separados na célula é proporcional à concentração de

poluentes. Trata-se de uma metodologia com padronizações nacionais e internacionais (Klumpff *et al.*, 2004; Carreras *et al.*, 2006; Sant'Anna 2003) já bastante utilizada principalmente em áreas extensas porque permite um maior número de amostragens com baixo custo operacional, o que é ideal para avaliação prévia dos pontos mais susceptíveis ou de maior concentração.

Nesse trabalho são apresentados os resultados da primeira campanha de Biomonitoramento em São José dos Campos, realizada em 2006, com o objetivo principal de identificar as áreas mais susceptíveis à poluição atmosférica. Essa abordagem contou com a parceria de Escolas Municipais e Estaduais e outras instituições da comunidade, o que contribuiu para conscientização e mobilização social no sentido de gerar conhecimento para preservar o ambiente em prol de melhor qualidade de vida e preservação da saúde da população.

METODOLOGIA

O município de São José dos Campos (23° 10'47" S, 45° 53'14 O) possui área total de 1099,60 km², altitude média de 600m e clima mesotérmico úmido, com estação seca no inverno e chuvosa no verão. As espécies foram expostas entre 11 de maio a 02 de outubro de 2006 (período seco) em 29 pontos, distribuídos sistematicamente de modo a cobrir todo o perímetro urbano do município e o distrito de São Francisco Xavier (uma APA na Serra da Mantiqueira). Após seleção dos pontos, foi proposto às Escolas Municipais, Estaduais e também as Unidades Básicas de Saúde mais próximas, parceria para a execução do projeto. Participaram 7 Escolas Municipais, 6 Escolas Estaduais e 8 Unidades Básicas de Saúde (UBS's), e outras 8 Instituições (2 Universidades, Estação Cetesb, 3 escolas particulares e 2 centros de Pesquisas). O envolvimento das Escolas foi importante para viabilizar e dar

continuidade ao projeto através de Programas de Educação Ambiental e a parceria com a Secretaria de Saúde, para sensibilização dos profissionais da necessidade de um banco de dados com indicativos dos efeitos da poluição atmosférica na saúde da população. Em cada um dos pontos foram instaladas duas floreiras com a espécie *Tradescantia pallida*, que receberam o mesmo substrato e foram posicionadas no local de melhor ventilação possível. A manutenção das espécies foi feita através de rega 3 vezes durante a semana, com a mesma água para todos os pontos. As espécies utilizadas no projeto foram cedidas pelo Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental da Faculdade de Medicina da USP, sob supervisão do prof Paulo Saldiva. As mudas foram produzidas em estufas no município de Caucaíia do Alto em São Paulo, num local isento de poluição.

Para a quantificação dos micronúcleos, foram coletadas semanalmente todas as inflorescências apresentadas, mantendo-as em solução de ácido acético e álcool (1:3) até o momento da análise. O termo inflorescência refere-se a fase pré floração da espécie (botão). A contagem dos micronúcleos (MCN) é feita através de observação em microscópio (100X). As lâminas são preparadas através da maceração dos bulbos com estilete, retirada dos debris e adição de uma gota de Carmim, ligeiro aquecimento e colocação de lamínula. Os micronúcleos são fragmentos de cromossomos que se apresentam como pequenas estruturas arredondadas que são produzidas durante a meiose das células-mãe do grão de pólen. Com a exposição a agentes mutagênicos, a frequência de MCN aumenta permitindo avaliação do grau de contaminação do ambiente. A quantidade de inflorescências coletadas em cada ponto foi variável, pois o intervalo de 1 semana entre coletas, muitas vezes ocasionou perdas devido á rápida floração. Uma vez ocorrida a floração a identificação dos micronúcleos é mais difícil, pois a fase correta para observação dos MCN

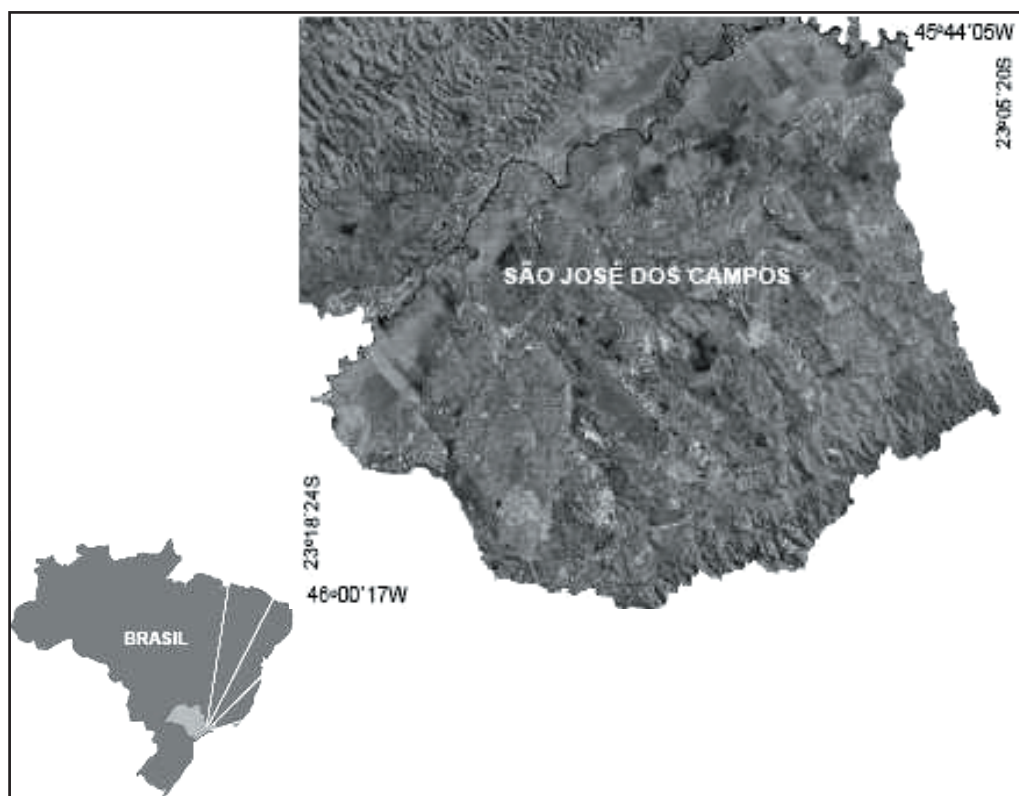


Figura 1: Localização Geográfica de São José dos Campos.

é a fase onde ainda se encontram as tétrades. O protocolo para análise da Trad-MCN (Sant'Anna, 2003) recomenda contagem de número de micronúcleos presentes em 300 tétrades por cada lâmina preparada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A frequência de MCN foi calculada dividindo o número total de micronúcleos pelo total de tétrades e expresso em %. Os resultados apresentam variabilidade entre os 29 pontos e também em relação ao período de coleta. Numa primeira abordagem, os pontos foram agrupados segundo Regiões Administrativas do Município e os resultados apresentados na Tabela 1. As maiores médias correspondem às Regiões Norte e Centro, áreas com intenso trânsito de veículos. Esses valores são compatíveis com os citados em Carreras *et al.* (2006) onde a frequência de MCN em 3 pontos da Cidade de Córdoba, Argentina, mostra valores entre $2,4 \pm 2,08$ (área mais afastada do centro) e $4,2 \pm 2,6$ (região central da cidade). Em São Paulo,

a frequência de micronúcleos reportada em Sant'Anna (2003), apresenta valores médios entre $5,6 \pm 0,7$ e $7,1 \pm 1,0$, em dois bairros considerados altamente poluídos, Cerqueira César e Congonhas. Apesar da apresentação de médias compatíveis com a literatura, foram identificadas inflorescências com contagem de MCN acima de 10 em 40% dos pontos, e, num dos pontos mais afastado do perímetro urbano, o Distrito de São Francisco Xavier, foi encontrado até 7,3 % de MCN. Não foi observado nenhum padrão de comportamento típico dos pontos, com os valores máximos e mínimos distribuídos aleatoriamente entre os meses pesquisados. Isso sugere fortes influências locais, que deverão ser estudadas.

A Figura 2 mostra o valor médio de MCNs sobre o mapa de São José dos Campos, utilizando o processo de interpolação de média ponderada do software Spring 4.3.2, desenvolvido pelo INPE e disponível em <http://www.dpi.inpe.br/spring>. A região em branco no mapa corresponde à área rural, onde

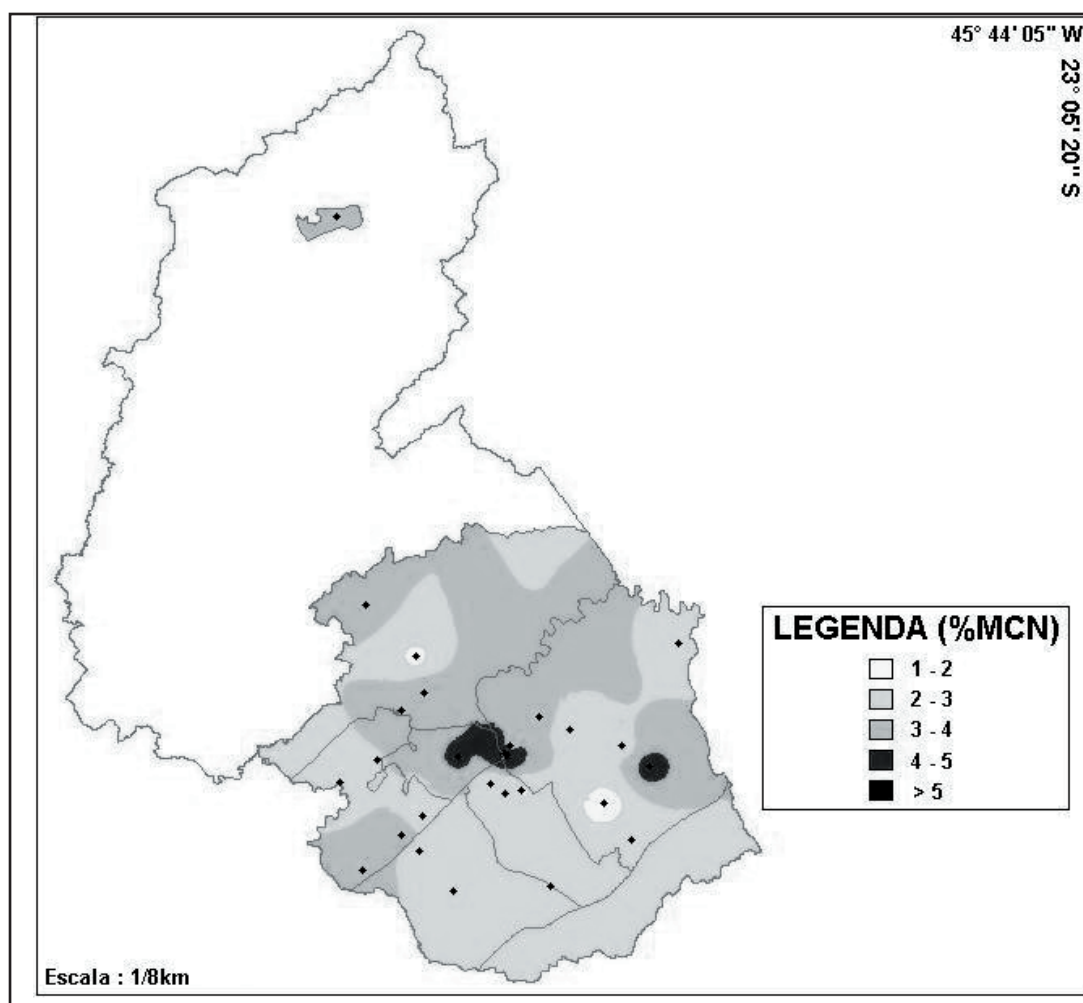
Tabela 1: Resultados referentes à utilização da *Tradescantia pallida* - Campanha de Biomonitoramento 2006, em São José dos Campos – SP.

Região Administrativa	Pontos com Exposição da <i>T. pallida</i> (N)	Inflorescências Analisadas	Média de MCN	Máximo	Mínimo
			(\pm SD) (%)	(Valor)	(Valor)
Sudeste	2	27	2,34 \pm 0,37	7,3	0,3
Sul	3	29	2,60 \pm 0,40	8,3	0,3
Oeste	7	108	2,74 \pm 0,26	15,0	0,3
Leste	8	169	2,84 \pm 0,29	41,0	0,3
Norte	5	76	3,24 \pm 0,26	9,0	0,3
Centro	4	65	3,96 \pm 0,87	42,0	0,3

não houve exposição da *Tradescantia* sp.. O mapa apresenta uma nítida separação entre as áreas norte e sul da cidade coincidente com a localização da Rodovia Presidente Dutra. Existem duas regiões de maior concentração, sendo a maior delas localizada na região central da cidade, associada ao tráfego veicular, e outra na região leste próximo à

Refinaria Henrique Laje da Petrobrás. Esses resultados confirmam o que já seria esperado e ressaltam a eficiência da metodologia utilizada.

O Distrito de São Francisco Xavier, o ponto mais ao norte, está localizado a cerca de 50 km da área urbana, em área de

**Figura 2:** Distribuição da frequência de MCN(%) na área urbana do Município de São José dos Campos-SP. Resultados referentes à Campanha de Biomonitoramento em 2006, utilizando a *Tradescantia pallida*.

proteção ambiental, numa altitude de 1700 m e características naturais típicas de locais considerados isento de poluição do ar. Os resultados encontrados apresentam valor médio de $3,6 \pm 0,6$, que está acima do valor considerado de controle ou de fundo, entre 2,0 e 2,3% de MCN (Sant'Anna, 2003). Apesar de não existirem medidas na área rural, a Figura 2 sugere um gradiente ascendente em direção ao Distrito de São Francisco Xavier, onde a Serra da Mantiqueira poderia funcionar como anteparo da poluição exportada da área urbana de São José dos Campos. A direção predominante dos ventos, no período entre maio e setembro é ao longo do Vale do Paraíba, com predominância de ventos de Nordeste (Ambrósio, 2000), porém a penetração da brisa marítima, no período da tarde, pode ser responsável pelo transporte de poluentes em direção a São Francisco Xavier.

Apesar das fortes características de São José dos Campos, como centro urbano com altos índices de industrialização, a

avaliação da qualidade do ar é feita por uma única estação de monitoramento não considerada representativa do município. Essa estação disponibiliza, dados contínuos de concentração de dióxido de enxofre (SO₂), material particulado (PM10) e ozônio (O₃). Os dados revelam constantes ultrapassagens dos padrões de qualidade do ar estabelecidos para o ozônio e níveis crônicos de exposição desse poluente (elevada frequência de dias com concentrações de ozônio superiores a 120 µg.m⁻³), que é sabidamente prejudicial à saúde humana e ao ambiente. Não existe no município um estudo que relacione os diferentes efeitos da poluição na saúde, principalmente os efeitos da exposição prolongada a níveis consideráveis de poluição. A utilização do ensaio Trad-MCN mostrou-se adequado aos propósitos de primeira varredura em uma extensa área, podendo ser utilizado como monitoramento alternativo da qualidade do ar em São José dos Campos, revelando ainda a existência de um gradiente de concentração típico de dispersão de poluentes que precisa ser mais bem investigado.

REFERÊNCIAS

- AMBROSIO, N.D. (2000). Avaliação da Poluição Industrial Atmosférica e o Planejamento Urbano. Dissertação de mestrado, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Vale do Paraíba, 150p.
- Atlas das Condições de Vida em São José dos Campos (2004). Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente – Prefeitura Municipal de São José dos Campos, 51p, 2004.
- CARRERAS H.A., PIGNATA, M.L. & SALDIVA, P.H.N. (2006). In situ monitoring of urban air in Córdoba, Argentina using the *Tradescantia-micronucleus* (Trad-MCN) bioassay. *Atmospheric Environment*, 40: 7824-7830.
- CETESB (2006). Relatório da Qualidade do Ar no Estado de São Paulo–2005. Série Relatórios/ Secretaria de Estado do Meio Ambiente CETESB-São Paulo. 140p.
- COLVILE, R.N., HUTCHINSON, E.J., MINDELL, J.S., WARREN, R.F. (2001). The transport sector as a source of air pollution. *Atmospheric Environment*, 35: 1537-1565.
- KLUMPP, A., ANSEL, W., KLUMPP, G. (2004). European Network for the Assessment of Air Quality by the Use of Bioindicator Plants. Final Report. University of Hohenheim, Germany, 168 pp. <http://www.eurobionet.com>.

- SALDIVA, P.H.N., POPE, C.A. III, SCHWARTZ, J., DOCKERY, D., LICHTENFELS, A.J.F.C., SALGE, J.M., BARONE, I.A. & BOHN, G.M. (1995). Air pollution and mortality in elderly people: a time series in São Paulo. *Archives of Environmental Health*, 50:159-163.
- SANTANA, E.T.G. (2003). Poluição Atmosférica Urbana na Cidade de São Paulo e Mutagênese: Avaliação de Riscos Utilizando-se Bioindicadores Vegetais do Gênero *Tradescantia*. 117 p. Tese de Doutorado - Universidade de São Paulo.
- SKOV, H., HANSEN, A.B., LORENZEN, G., ANDERSEN, H.V., LOFSTROM, P., CHRISTENSEN, C.S. (2001). Benzene exposure and the effect of traffic pollution in Copenhagen, Denmark. *Atmospheric Environment*, 35: 2463-2471.
- WHO (2000). Evaluation and use of epidemiological evidence for environmental health risk assessment – Guideline document. WHO Regional Office for Europe. 32p. Copenhagen.
- WHO (2006). Air Quality Guidelines. Global update 2005. World Health Organization 2006. 496 p. Copenhagen.
- WILSON, A.M., SALLOWAY J. C., WAKE C. P. and KELLY T. (2004). Air pollution and the demand for hospital services: a review. *Environment International*, 30: 1109- 1118.

(Footnotes)

¹To whom the correspondence should be sent: rauda@cptec.inpe.br