

Exposição ocupacional ao dióxido de nitrogênio (NO₂) em policiais de trânsito na cidade do Rio de Janeiro

Nitrogen dioxide (NO₂) occupational exposure assessment on Rio de Janeiro's city traffic wards

Gisele Sayuri Kuriyama ¹
Josino Costa Moreira ¹
Célia Regina Sousa da Silva ¹

¹ Centro de Estudos da Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana, Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rua Leopoldo Bulhões 1480, Rio de Janeiro, RJ 21041-210, Brasil.

Abstract *In order to assess level of human exposure to nitrogen dioxide, 22 traffic police from the city of Rio de Janeiro were monitored during their working hours for 3 consecutive days. Samples were taken by using a passive sampler (badge) and analyzed spectrophotometrically after reacting with sulphanic acid followed by coupling with N-naphtylethylenediamine dihydrochloride. Results ranged from 13.3 to 193.6 mg/m³. According to the literature, these levels are not associated with any acute damage to human health but care should be taken to avoid long-term problems.*

Key words *Nitrogen Dioxide; Environmental Exposure; Occupational Exposure; Passive Sampling*

Resumo *A fim de se avaliarem os níveis de exposição ocupacional ao NO₂, policiais de trânsito que trabalham em 11 cruzamentos de importantes vias de tráfego na zona urbana da cidade do Rio de Janeiro foram monitorados durante sua jornada de trabalho, por três dias consecutivos, no período entre 16 a 18/08/94. As amostras de ar foram coletadas por meio do uso de amostradores passivos tipo badge e analisados espectrofotometricamente a 545 nm, após diazotação (ácido sulfanílico) e acoplamento com dicloridrato de N-naftiletilenodiamina. Os resultados obtidos situaram-se na faixa de 13,3 a 193,6 µg/m³ (média 107,3 – desvio padrão 40,1). Esses resultados sugerem que, embora os níveis de concentração de NO₂ encontrados não sejam muito elevados, a exposição aos mesmos, a longo prazo, pode induzir o surgimento de alterações em parâmetros bioquímicos e estruturais, que poderão levar a doenças pulmonares crônicas, mesmo que atualmente não tenham sido observados sintomas clínicos relevantes.*

Palavras-chave *Dióxido de Nitrogênio; Exposição Ambiental; Exposição Ocupacional; Amostradores Passivos*

Introdução

Como resultado de vários processos industriais, da aglomeração populacional e dos meios de transporte, a poluição atmosférica vem se tornando um problema cada vez mais sério e frequente nos grandes centros urbanos. Sob esse ponto de vista, o tráfego de veículos automotores é extremamente importante, uma vez que contribui significativamente com a emissão de uma série de compostos poluentes.

Os óxidos de nitrogênio são normalmente encontrados nos gases de exaustão de processos envolvendo a queima de combustíveis fósseis e, dentre eles, o NO e o NO₂ são considerados os de maior importância ambiental/toxicológica na baixa troposfera. Ambos estão presentes em concentrações significativas em atmosferas poluídas, são bastante reativos nesse meio e apresentam propriedades toxicológicas importantes, sendo que o NO₂ é muito mais tóxico que o NO. Em nível ambiental, esses compostos participam da formação do *smog* fotoquímico, contribuem para o aumento da concentração do ozônio troposférico e para a diminuição dessa concentração em nível estratosférico, interferindo assim no aquecimento da superfície terrestre.

Os níveis atmosféricos de NO₂ observados em ambientes externos urbanos variam com a hora do dia, com a estação do ano, com a proximidade e natureza das fontes locais de poluição e com fatores meteorológicos. Em geral, as concentrações máximas ocorrem duas vezes por dia, em horários matinais e vespertinos, e são atribuídas às emissões provenientes do tráfego de veículos (WHO, 1987).

O NO₂ é um gás oxidante, solúvel nos tecidos e, devido a esse grau de solubilidade tissular, reage não só com o epitélio alveolar, como também com o interstício e o endotélio dos capilares pulmonares. Essa lesão oxidativa tem sido enunciada como o principal mecanismo formador de lesão pulmonar. A maior parte do NO₂ inalado é retida nos pulmões e depositada primariamente nos brônquios, bronquíolos respiratórios e terminais, com pequena deposição nos alvéolos. O NO₂ é capaz de lesar o pulmão diretamente através de suas propriedades oxidantes ou indiretamente por aumentar a suscetibilidade às infecções respiratórias (Samet, 1991). Apesar de os sintomas clínicos não aparecerem de imediato, a exposição continuada aos níveis de concentração de NO₂ normalmente encontrados no meio ambiente urbano pode provocar mudanças morfológicas pulmonares e nos parâmetros bioquímicos (Chaney et al., 1981; Schelsinger et al., 1990;

McKee & Rodrigues, 1993), além de alterações no sistema imunológico (Rubstein et al., 1991; Fujimaki et al., 1993).

A preocupação em monitorar os níveis de NO₂ em áreas urbanas tem sido demonstrada em vários trabalhos, principalmente em cidades européias preocupadas em seguir as diretrizes estabelecidas pela Comunidade Econômica Européia para qualidade do ar. Hewitt (1991) estudou a distribuição espacial do NO₂ sobre a cidade de Lancaster, Inglaterra, utilizando amostradores passivos. Nos pontos de amostragem situados nas ruas principais de maior intensidade de tráfego, a concentração anual média de NO₂ foi de 63 µg/m³ (12-222 µg/m³); nas ruas adjacentes às principais, a média encontrada foi de 58 µg/m³ (5-107 µg/m³). Uma variabilidade menor foi encontrada nas ruas principais e residenciais do subúrbio (38 e 30 µg/m³, respectivamente). Outro estudo bastante elaborado foi o conduzido por Bower et al. (1991), que apresentou pela primeira vez uma visão geral dos níveis urbanos de NO₂ em todo o Reino Unido. O monitoramento foi feito com amostradores passivos em estações já existentes de monitoramento de SO₂ e fumaça. Os pontos de amostragem foram divididos em três grupos: nos pontos próximos às ruas principais, obteve-se uma média mensal de 22 ppb (41 µg/m³), nos locais intermediários, a menos de 50 m das ruas principais, obteve-se uma média de 19 ppb (36 µg/m³) e nos locais afastados, a mais de 50 m das ruas principais, 16 ppb (30 µg/m³). A média mensal obtida para todos os pontos foi de 19 ppb (36 µg/m³).

Cinco anos mais tarde, num estudo similar conduzido por Campbell et al. (1994) nos mesmos locais, observou-se que os níveis de concentração de NO₂ eram 34% maiores que os encontrados no estudo de 1987, e que esse aumento se deu por toda a região, e não só em determinadas áreas confinadas particulares. As concentrações urbanas médias do período de jul.-dez./91 ficaram na faixa de 10 ppb (19 µg/m³) nos pontos de amostragem afastados da rua principal e cerca de 50 ppb (94 µg/m³) em locais próximos às ruas principais em Londres.

Danish & Madany (1992) foram responsáveis pelo primeiro estudo de avaliação da qualidade do ar no Estado de Brahain, Arábia Saudita em relação ao NO₂. Foram utilizados amostradores passivos, e as médias semanais de NO₂ variaram de 76 µg/m³ ao norte a 13 µg/m³ ao sul.

De uma forma geral, esse trabalhos verificaram a existência de uma relação entre os níveis ambientais urbanos de NO₂ e o tráfego de

veículos como principal fonte emissora; os níveis de NO_2 tendem a ser mais elevados quanto maior for a proximidade das ruas principais, de maior fluxo de veículos. Tais níveis também estão associados não só a ruas confinadas e estreitas, como também a proximidade a sinais de trânsito e retornos, enfatizando a importância da geometria da rua na dispersão atmosférica.

É de grande importância ressaltar que a exposição ao NO_2 é considerada um evento sentinela em saúde ocupacional. Estão associados à exposição ao NO_2 o aparecimento de bronquites agudas, pneumonites e edemas pulmonares (Mullan & Murthy, 1995; Landrigan & Baker, 1991).

Devido a sua importância, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os níveis de exposição pessoal ao NO_2 em policiais de trânsito que trabalham em interseções de ruas de grande fluxo de veículos na cidade do Rio de Janeiro. Segundo Freitas (1991), nas interseções de ruas sinalizadas são constatadas inúmeras variações no modo de operação dos veículos, tais como desaceleração, uso de marcha lenta e aceleração, e as áreas mais próximas a essas fontes emissoras (veículos) estão localizadas bem próximo aos receptores estudados, o que faz com que os policiais de trânsito representem um grupo bastante suscetível aos efeitos negativos desse agente químico.

Materiais e métodos

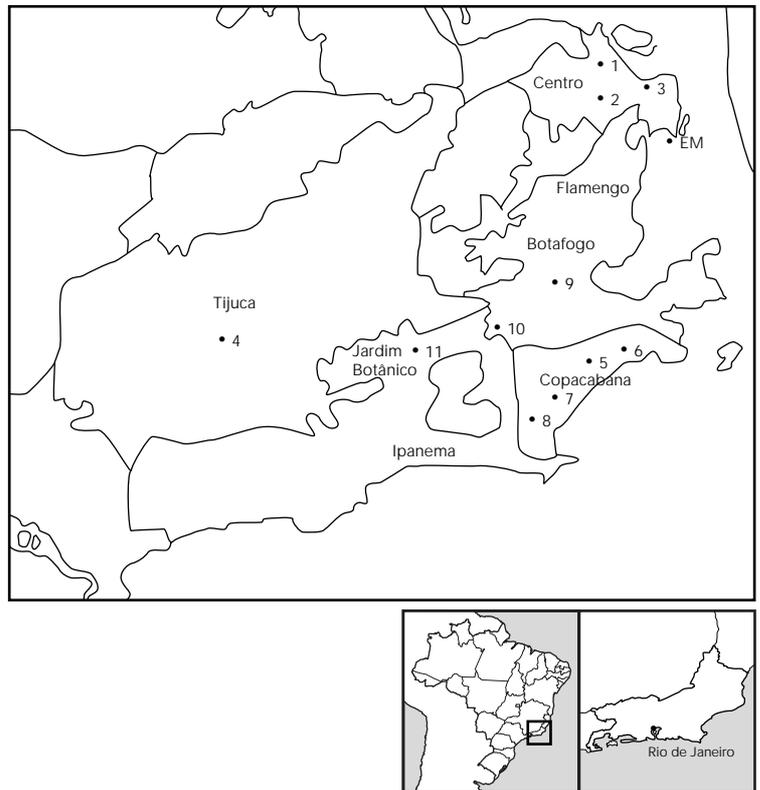
Amostras de ar foram coletadas no nível da zona respiratória de 22 policiais de trânsito lotados em interseções de 11 ruas na cidade do Rio de Janeiro, distribuídas entre as regiões do Centro, Copacabana, Botafogo, Humaitá, Jardim Botânico e Tijuca, conforme apresentado na Figura 1. Empregou-se o amostrador pessoal passivo tipo *badge*, desenvolvido por Yanagisawa & Nishimura (1982).

Esse amostrador, conforme está representado na Figura 2, é constituído por três partes: uma caixa suporte para o filtro de polipropileno; um meio absorvente feito de papel de filtro de fibra de celulose contendo solução a 20% de trietanolamina (TEA) em água destilada e uma matriz controladora da difusão, que consiste em uma pilha de cinco papéis de filtro hidrofóbico.

O funcionamento desses dispositivos baseia-se na difusão do NO_2 até o meio absorven-

Figura 1

Pontos de monitoramento da exposição ocupacional ao NO_2 na cidade do Rio de Janeiro.



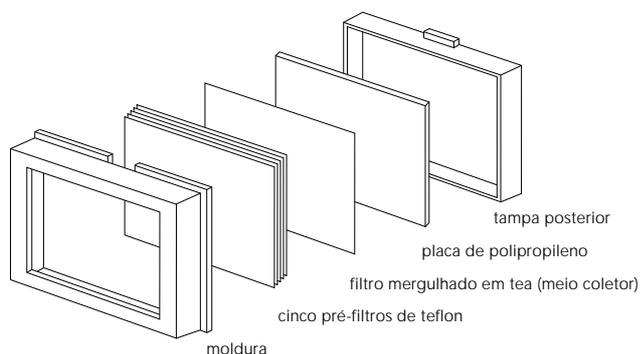
- EM – Estação Meteorológica
 1 – Av. Pres. Vargas x Av. Rio Branco
 2 – Av. Rio Branco x R. da Assembléia
 3 – R. 1º de Março x R. do Ouvidor
 4 – Av. Édson Passos x Pç. Afonso Viseu
 5 – R. Barata Ribeiro x R. Figueiredo de Magalhães
 6 – R. Barata Ribeiro x R. Siqueira Campos
 7 – Av. N. S. de Copacabana x R. Santa Clara
 8 – Av. N. S. de Copacabana x R. Constante Ramos
 9 – R. Voluntários da Pátria x R. Real Grandeza
 10 – R. Humaitá x R. Macedo Sobrinho
 11 – R. Jardim Botânico x R. Saturnino de Brito
 Fonte: Adaptação do mapa AP/RA da IplanRIO.

te específico (TEA), onde é retido sob a forma de nitrito. Após o período de exposição, o meio absorvente é analisado e a quantidade integrada do produto de reação é usada para calcular a concentração média do gás (NO_2) presente durante o período de amostragem. Como o transporte das moléculas até a superfície reativa é controlado por difusão, a concentração média do composto no ambiente pode ser relacionada diretamente à razão entre a quantidade coletada e o tempo de exposição do amostrador (Sickles, 1992).

O monitoramento foi conduzido durante os períodos normais de trabalho dos policiais,

Figura 2

Estrutura do amostrador pessoal passivo tipo *badge* utilizado nesse trabalho.



ou seja, de 7h às 13h e de 14h às 20h, durante três dias consecutivos (de 16 a 18/08/94), considerados típicos em nível de tráfego de veículos, para os quais eram disponíveis dados sobre contagem de tráfego. Coletou-se um total de 66 amostras e quaisquer atividades desempenhadas pelos policiais durante o período de monitoramento foram registradas em uma ficha apropriada.

O monitoramento foi conduzido no inverno, pois nessa estação a ocorrência de chuvas é menor; além disso, devido às condições meteorológicas tornarem-se mais desfavoráveis à dispersão atmosférica, a concentração dos poluentes tende a ser maior.

O material coletado foi analisado empregando-se um espectrofotômetro UV-VIS da marca Hewlett Packard, modelo 8451A – Diode Array, com célula de quartzo de 1cm de espessura; a absorvância das soluções foram medidas a 525 nm, após reação do sal de diazônio formado na reação do nitrito com ácido sulfanílico e acoplamento com o dicloridrato de N-naftiletilenodiamina. Utilizou-se para isso uma curva de calibração preparada a partir de soluções-padrão de NaNO_2 de acordo com a metodologia recomendada pelo projeto Heal (Human Exposure Assessment Location) da Organização Mundial da Saúde (OMS) (WHO/Unep, 1989).

A garantia da qualidade dos dados obtidos foi feita através de calibração interlaboratorial entre o Laboratório de Toxicologia do Centro de Estudos de Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana da Fundação Oswaldo Cruz (Ces-*te*h/Fiocruz) e o Centro de Coordenação Técnica do Projeto Heal no Harvard School of Public Health (USA).

Resultados e discussão

Os valores médios de NO_2 encontrados nas amostras analisadas são apresentados na Tabela 1.

Os resultados obtidos foram agrupados em função das características geográficas dos pontos de coleta em quatro grupos (Centro: compreendendo os pontos 1-3; Copacabana: pontos 5-8; Botafogo: pontos 9-11 e Tijuca – Alto da Boa Vista: ponto 4), comparados estatisticamente através do teste de Mann-Whitney. Verificou-se que a concentração de NO_2 obtida nas regiões do Centro, Copacabana e Botafogo são estatisticamente semelhantes e em todos os casos maiores que os valores obtidos no Alto da Boa Vista (ponto 4). Essa diferença era esperada, uma vez que o ponto 4 apresenta características geográficas e de densidade de tráfego bastante diferentes daquelas das demais regiões, pois se localiza na entrada do Parque Nacional da Tijuca, uma reserva florestal situada a 357 m de altitude; contribui, também, o fato de o tráfego no local ser menor.

A influência dos parâmetros meteorológicos foi nítida durante o período de coleta das amostras. Situações muito relevantes, como a ocorrência de uma camada de inversão térmica a baixos níveis de altitude e a entrada de uma frente fria no período da tarde, no primeiro dia de coleta, refletiram-se nos níveis de NO_2 encontrados. Até mesmo no ponto 4, o nível de concentração de NO_2 foi bastante elevado no período da manhã, decrescendo substancialmente à tarde em virtude da entrada de uma frente fria, que aumentou a velocidade do vento, facilitando a dispersão atmosférica.

Observou-se também que o valor de concentração de NO_2 mais elevado encontrado neste estudo foi registrado no cruzamento das ruas 1ª de Março com Ouvidor, apesar de esta última ser exclusivamente de pedestres. Isso sugere que a contribuição do tráfego da rua 1ª de Março é altamente significativa, pelo fato de este ser intenso, por circular por essa via um grande número de linhas de ônibus, e por esta confinar-se entre prédios altos que restringem a circulação de ar no local no nível dos pontos de amostragem.

Deve-se ressaltar que os valores de concentração de NO_2 obtidos pelo amostrador são integrativos das seis horas de trabalho. Isto é, englobam os horários de pico da manhã e da tarde, quando o volume de tráfego representa 8% a 10% do fluxo diário total ou 2 a 2,5 vezes o volume médio horário, e também os dois picos de concentração de NO_2 mais elevados, que correspondem às emissões advindas do

tráfego de veículos nas horas de *rush* (WHO, 1987).

A escolha dos pontos de amostragem e do número de pontos foi limitada pelo número de amostradores disponíveis para utilização e baseada nos dados existentes de contagem de veículos feita pela Companhia de Engenharia de Tráfego do Rio de Janeiro (CET-RIO) e pela Companhia do Metropolitano do Rio de Janeiro (Metrô).

Procurou-se também evidenciar a existência de correlação entre os valores de concentração de NO_2 encontrados e o volume de tráfego em cada ponto de amostragem. Esses resultados são apresentados na Figura 3. Como

pode ser observado, nenhuma correlação pôde ser identificada nesse trabalho, embora alguns estudos já anteriormente citados, conduzidos em áreas urbanas, tenham-na demonstrado (Bower, 1991; Campbell, 1994; Danish & Madany, 1992; Qin & Chan, 1993; Qin & Kot, 1993). Essa possível divergência pode ser atribuída às diversas outras variáveis, além do volume de tráfego, como o grau de congestionamento, as condições meteorológicas reinantes, a proximidade de outras fontes etc., que têm importante papel na variação dos níveis atmosféricos de NO_2 .

No caso particular deste estudo, além da influência das condições meteorológicas predo-

Tabela 1

Valores médios de concentração de NO_2 em vários pontos da cidade do Rio de Janeiro ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Cruzamentos	Média (desvio padrão)	
	Manhã	Tarde
Av. Pres. Vargas x Av. Rio Branco	122,9 (13,3)	128,4 (19,1)
Av. Rio Branco x R. da Assembléia	120,2 (46,7)	120,8 (28,1)
R. 1ª de Março x R. do Ouvidor	130,6 (6,9)	157,3 (35,0)
Av. Édson Passos x Pç. Afonso Viseu	38,5 (33,2)	39,2 (22,4)
R. Barata Ribeiro x R. Figueiredo de Magalhães	109,3 (50,7)	116,3 (8,2)
R. Barata Ribeiro x R. Siqueira Campos	124,7 (41,1)	88,5 (33,7)
Av. N. S. Copacabana x R. Santa Clara	116,5 (37,8)	102,5 (18,3)
Av. N. S. Copacabana x R. Constante Ramos	135,4 (37,3)	85,4 (25,1)
R. Voluntários da Pátria x R. Real Grandeza	138,7 (37,1)	66,3 (38,1)
R. Humaitá x R. Macedo Sobrinho	-	-
R. Jardim Botânico x R. Saturnino de Brito	123,8 (39,2)	98,6 (18,2)

M: manhã (7h às 13h)
T: tarde (14h às 20h)
- : dados insuficientes

Figura 3

Valores médios de concentração de NO_2 e volume de tráfego nos pontos de amostragem.

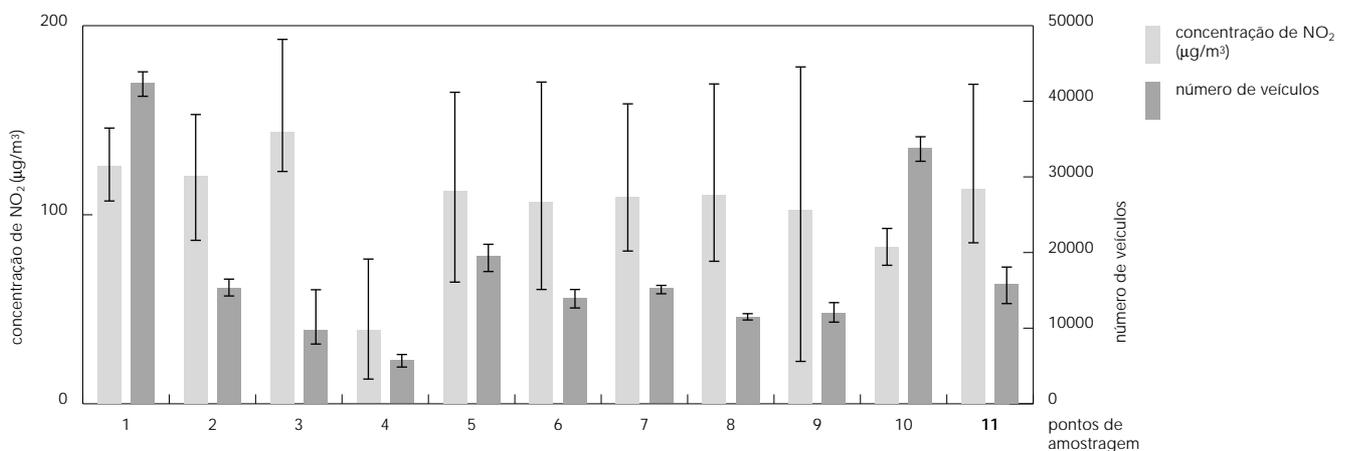


Tabela 2

Níveis de exposição pessoal ao NO₂ nas cidades participantes da fase piloto do projeto Heal e na cidade do Rio de Janeiro (µg/m³).

Concentração de NO ₂ (µg/m ³)	Yokohama	Beijing	Cidades Estocolmo	Zagreb	Rio de Janeiro
Média	76,20	34,37	21,51	32,75	107,3
Desvio padrão	45,46	11,73	08,80	13,48	40,1
Mínima	29,68	10,64	02,82	04,70	13,3
Máxima	208,15	71,03	51,32	57,53	193,3
n	70	105	112	105	60

minantes durante o período de monitoramento, as condições topográficas das diferentes regiões da cidade podem ter contribuído para uma diferente dispersão dos poluentes nos diferentes pontos de monitoramento.

Comparando os resultados encontrados neste trabalho com aqueles obtidos num programa de monitoramento ambiental conduzido pela OMS e Unep (WHO/Unep, 1989) em diversos outros países, utilizando a mesma metodologia de coleta e de análise aqui empregada, pode-se verificar que os níveis observados no Rio de Janeiro são mais elevados (Tabela 2).

Entretanto, deve-se levar em conta que, nos outros países, o tempo de monitoramento foi de 24 horas, e as pessoas monitoradas eram supostamente não ocupacionalmente expostas.

As sugestões feitas aqui no sentido de explicar o comportamento do NO₂ são bastante particulares, uma vez que foi considerável a influência dos diversos fatores limitantes durante o trabalho experimental. Entretanto, os resultados obtidos neste estudo preliminar representam um dado inicial, até então inexistente, sobre a exposição de um grupo ocupacionalmente mais suscetível aos efeitos prejudiciais do NO_x, aos quais estão expostos diariamente em seu ambiente de trabalho.

De acordo com diversos estudos relativos aos efeitos prejudiciais do NO₂ ao homem, pode-se sugerir que, embora os níveis de exposição sejam considerados baixos para provocar algum tipo de sintoma clínico significativo de imediato, a longo prazo podem induzir alterações em parâmetros bioquímicos e estruturais pulmonares, que podem levar a algum tipo de doença pulmonar crônica.

Considerações finais

Os amostradores passivos têm sido bastante utilizados desde a década passada em estudos de exposição humana, e seu uso em ambientes abertos representa um grande avanço, uma vez que uma avaliação precisa da exposição pessoal é um dado indispensável aos estudos epidemiológicos e clínicos sobre os efeitos negativos dos poluentes atmosféricos na saúde humana.

Dados obtidos por esse meio têm sido comparáveis àqueles obtidos com o uso de amostradores ativos. Entretanto, a facilidade de utilização, a não-necessidade de qualquer fonte de energia e o baixo custo apresentado pelos amostradores passivos constituem pontos importantes a serem considerados em estudos epidemiológicos envolvendo grande número de pessoas.

Sintomas clínicos relevantes não foram observados, e nem era de se esperar que fossem, nos níveis de concentração normalmente encontrados em áreas urbanas, embora em tais níveis possam ser detectadas mudanças estruturais pulmonares e em parâmetros bioquímicos. De acordo com evidências bibliográficas, pode-se sugerir que ao longo do tempo tais alterações possam ser detectadas nesses profissionais, uma vez que vários estudos demonstram uma associação entre o aumento da incidência de doenças respiratórias e exposições a longo prazo ao NO₂.

Referências

- BOWER, J. S.; LAMPERT, J. E.; STEVENSON, K. J.; ATKINS, D. H. F. & LAW, D. V., 1991. A diffusion tube survey of NO₂ levels in urban areas of the U. K. *Atmospheric Environment*, 25:255-265.
- CAMPBELL, G. W.; STEDMAN, J. R. & STEVENSON, K., 1994. A survey of nitrogen dioxide concentrations in the United Kingdom using diffusion tubes, July-December 1991. *Atmospheric Environment*, 28: 477-486.
- CHANEY, S.; BLOMQUIST, W.; DEWITT, P. & MULLER, K., 1981. Biochemical changes in humans upon exposure to nitrogen dioxide while at rest. *Archives of Environmental Health*, 36:53-58.
- DANISH, S. & MADANY, I. M., 1992. Concentrations of nitrogen dioxide throughout the state of Bahrain. *Environmental Pollution*, 77:71-78.
- FREITAS, I. M. D. P., 1991. *Metodologia para Determinação da Capacidade Ambiental de Vias Urbanas: O Caso das Interseções Semaforizadas*. Dissertação de Mestrado, Rio de Janeiro: Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- FUJIMAKI, H.; OZAW, A. M.; BISSONNETTE, E. & BEFUS, A. D., 1993. Further studies on the effect of nitrogen dioxide on mast cells: the effect of the metabolite, nitrite. *Environmental Research*, 61: 223-231.
- HEWITT, C. N., 1991. Spatial variations in nitrogen dioxide concentrations in urban area. *Atmospheric Environment*, 25B:429-434.
- LANDRIGAN, P. J. & BAKER, D. B., 1991. The recognition and control of occupational disease. *The Journal of the American Medical Association*, 266: 676-680.
- McKEE, D. J. & RODRIGUEZ, R. M., 1993. Health effects associated with ozone and nitrogen dioxide exposure. *Water Air and Soil Pollution*, 67:11-35.
- MULLAN, R. J. & MURTHY, L. I., 1995. *Eventos Centinela en Salud Ocupacional*. México: Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, Organización Panamericana de la Salud.
- QIN, Y. & CHAN, L. Y., 1993. Traffic source emission and street level air pollution in urban areas of Guangzhou, South China (P. R. C.). *Atmospheric Environment*, 27B:275-282.
- QIN, Y. & KOT, S. C., 1993. Dispersion of vehicular emission in street canyons, Guangzhou City, South China (P. R. C.). *Atmospheric Environment*, 27B:283-291.
- RUBSTEIN, I.; REISS, T. F.; BIGBY, B. G.; STITES, D. P. & BOUSHEY, H. A., 1991. Effects of 0,60 ppm nitrogen dioxide on circulating and bronchoalveolar lavage lymphocyte phenotypes in health subjects. *Environmental Research*, 55:18-30.
- SAMET, J. M., 1991. Nitrogen dioxide. In: *Indoor Air Pollution: A Health Perspective* (J. M. Samet & J. D. Spengler, eds.), pp.170-186, Maryland: The John Hopkins Press.
- SCHELSINGER, R. B.; DRISCOLL, K. E.; GUNNISON, A. F. & ZELIKOFF, J. T., 1990. Pulmonary arachidonic acid metabolism following acute exposure to ozone and nitrogen dioxide. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 31:275-290.
- SICKLES, J. E., 1992. Sampling and analysis for ambient oxides of nitrogen and related species. *II Advanced Environmental Science Technology*, 24:51-128.
- WHO (WORLD HEALTH ORGANIZATION), 1987. *Air Quality Guidelines for Europe* (European Series n. 23). Copenhagen:WHO.
- WHO/UNEP (WORLD HEALTH ORGANIZATION/ UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME), 1989. *Exposure and Environmental Monitoring of NO₂*. Tokyo: National Institute of Public Health.
- YANAGISAWA, Y. & NISHIMURA, H., 1982. A badge-type personal sampler for measurement of personal exposure to NO₂ and NO in ambient air. *Environmental International*, 8:235-242.