

## Validação de método e determinação de óxidos de nitrogênio (NOx) e material particulado na atmosfera de Curitiba

### RESUMO

**Bruno Lacerda Alves**  
[Bruno\\_alves@hotmail.com](mailto:bruno_alves@hotmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

**Erika Pereira Felix**  
[erikafelix@utfpr.edu.br](mailto:erikafelix@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

Os óxidos de nitrogênio (NOx) e o material particulado, dependendo da concentração na atmosfera, são prejudiciais à saúde humana, podendo provocar irritação da mucosa do nariz, danos aos pulmões, ao aparelho respiratório, danificar os alvéolos pulmonares, podendo causar câncer. Assim, é importante determinar sua concentração na atmosfera. Neste trabalho, para o Material Particulado (MP<sub>2,5</sub>), os filtros foram coletados no Centro e no bairro Sítio Cercado, usando o amostrador Harvard, pesando-os antes e após a coleta (24h). As concentrações do MP<sub>2,5</sub> estavam na faixa de 1-30 µg.m<sup>-3</sup>. Para NOx (NO<sub>2</sub> + NO) foram selecionados 11 pontos de coleta em diferentes bairros de Curitiba, onde foram montados em cada ponto dois amostradores Ogawa, possuindo em cada lado um filtro para coletar NO e um para NOx. Os filtros foram expostos por duas semanas e analisados por espectrofotometria de absorção molecular, em 545 nm. Dentre os bairros avaliados, o Centro apresentou maior valor de concentração (121 µg.m<sup>-3</sup>), os outros ficaram na faixa de 38-84 µg.m<sup>-3</sup>. A validação do método foi feita em uma estação automática do Instituto Ambiental do Paraná, fazendo coletas simultâneas e comparando com o método padrão de quimiluminescência. Os resultados foram concordantes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Atmosfera. Material particulado. Óxidos de nitrogênio.

## 1 INTRODUÇÃO

Quando uma pessoa é exposta à poluição do ar pode ter vários problemas à saúde, principalmente em relação à efeitos respiratórios e cardiovasculares que podem ser atribuídos à exposição de curto ou longo prazo (WHO, 2005). Os óxidos de nitrogênio são poluentes provenientes de combustão, processos industriais, queima de resíduo sólido, veículos, fontes naturais, entre várias fontes (IAP, 2013). A resolução CONAMA N° 003/1990 diz que o recomendado para a concentração média de uma hora é de  $190 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  de ar (CONAMA, 1990) e a Organização Mundial da saúde (OMS) recomenda que o valor seja de  $200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  na média de 1 hora (WHO, 2005). O NOx quando inalado, ele pode chegar aos pulmões e causar efeitos tóxicos devido a ser um agente oxidante (BRAGA, 2001). Além disso, o NOx é causador de chuva ácida, smog fotoquímico, aumenta a concentração de ozônio na troposfera e diminui na estratosfera (MANAHAN, 2012).

O Material Particulado (MP) é um poluente que tem como fontes a combustão, processos industriais, queima de resíduos sólidos, veículos e poeiras (IAP, 2013). O MP pode ser dividido em Partículas totais em suspensão (PTS) que têm diâmetro médio abaixo de  $50 \mu\text{g}$ , Partículas Inaláveis abaixo de  $10 \mu\text{g}$  ( $\text{MP}_{10}$ ) e Partículas Inaláveis abaixo de  $2,5 \mu\text{g}$  ( $\text{MP}_{2,5}$ ), onde o mais danoso à saúde é o  $\text{MP}_{2,5}$  que por causa do seu tamanho ele pode atingir lugares mais profundos do sistema respiratórios (BRAGA, 2001) e também pode adsorver substâncias prejudiciais à saúde, podendo causar câncer (WHO, 2005). A OMS recomenda que o valor de  $\text{MP}_{2,5}$  seja menor que  $25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  na média de 24 horas.

Por esses motivos referente à saúde humana e referente ao meio ambiente é importante estudar esses poluentes atmosféricos.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 ÓXIDOS DE NITROGÊNIO

#### 2.1.1 Validação do Método

Na validação do método, foram colocados 12 amostradores (24 filtros) na estação automática do Instituto Ambiental do Paraná (IAP) para comparar os valores de  $\text{NO}_2$  analisado com o valor do método de quimiluminescência da estação. Dentre os 12 amostradores, 6 foram expostos no dia 30/06/2016, 3 foram retirados dia 07/07/2016 (1 semana) e 3 dia 14/07/2016 (2 semanas). A outra metade foi exposta dia 27/06/2016, 3 foram coletados dia 04/07/2016 (1 semana) e 3 dia 11/07/2016 (2 semanas). Para cada amostrador foi colocado 1 branco de campo.

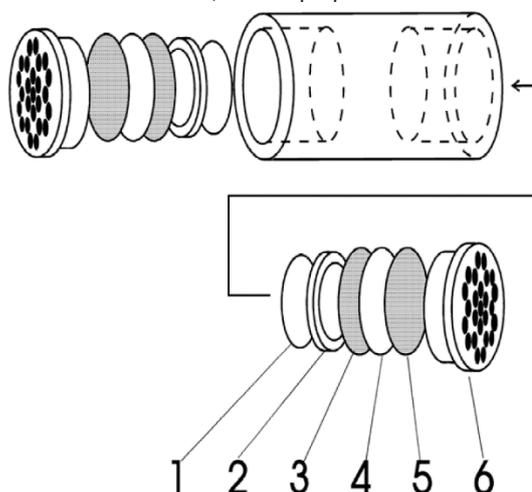
#### 2.1.2 Escolha dos pontos de coleta

A escolha dos pontos de coleta de NOx foi selecionado de modo a obter um local aberto, de preferência a alguns metros do nível do solo e de fácil acesso, dentre vários pontos, os que foram selecionados com suas respectivas abreviações foram Colombo (Clmb), Bairro Alto (BA), Cajuru (Cjr), Alto da XV (AXV), Alto da Glória (AG), Mercês (Mcs), Vicente de Machado (VM), Batel (Btl), Xaxim (Xxm) e Marechal Deodoro (MD). Sendo que no ponto Marechal Deodoro foram colocados dois amostradores, um na parte alta de um prédio (MDA) e outro na parte baixa (MDB).

### 2.1.3 Montagem, instalação do amostrador e análise do NOx

Para este trabalho, foi utilizado o amostrador Ogawa, representado na Figura 1 que é um amostrador passivo que possui 2 lados para colocar os filtros (um dos lados foi utilizado o filtro para amostragem de NOx e do outro lado o filtro para a amostragem de NO). Onde a metodologia utilizada para a montagem, instalação e análise do NOx foram seguidas a partir do Protocolo Ogawa (Ogawa & Co.; Yokohama, Japan, Report No. 128, March 1997). A amostragem foi do dia 29/07/2016 até dia 12/08/2016 e do dia 15/08/2016 até dia 29/08/2016, onde pra cada dia foram feitas duplicadas em cada ponto com duplicada de branco também.

Figura 1. Ilustração do Amostrador Ogawa. 1. Suporte; 2. Anel de retenção; 3. Tela de aço inoxidável; 4. Filtro de coleta impregnado com a solução adsorvente. 5. Tela de aço inoxidável; 6. Tampa perfurada.



Fonte: Ogawa & Co., USA, Inc. NO, NO<sub>2</sub>, NOx and SO<sub>2</sub> Sampling Protocol.

## 2.2 MATERIAL PARTICULADO

Para o material particulado, os pontos de coleta para o material particulado foram Marechal Deodoro (tanto na parte alta quanto na parte baixa de um prédio) com denominação MAlto e MBoixo e no Sitio Cercado (CO-CE e QM). Sendo que na Marechal Deodoro foi utilizado o amostrador Harvard e no Sitio Cercado foi utilizado o amostrador Ecotech modelo 1100 para o CO-CE e QM e foi coletado o material com diâmetro médio de 2,5  $\mu\text{m}$  (MP<sub>2.5</sub>). Seguindo o procedimento gravimétrico da Norma NIOSH (NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition; Method: 0500, Issue2).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 VALIDAÇÃO NOx

Para a validação do NO<sub>2</sub> a média da estação do IAP de 1 semana e 2 semanas com o início dia 27/06 foram, respectivamente, 26,20  $\pm$  13,83 e 19,07  $\pm$  12,99 ppb. Com o início dia 30/06 foram 20,09  $\pm$  13,81 e 16,49  $\pm$  11,52 ppb. Para o amostrador Ogawa, obteve-se, para o mesmo tempo de exposição do IAP 23,98  $\pm$  1,55; 22,55  $\pm$  0,70; 23,93  $\pm$  1,55 e 20,73  $\pm$  1,48 ppb.

Os testes estatísticos não deram certo devido a diferença de amostragem, pois como o método de quimioluminescência do IAP dá médias de hora em hora, ele conta com valores de concentração de NO<sub>2</sub> altos e baixos e por isso tem um desvio padrão alto. Já no amostrador Ogawa, o resultado saía em média de duas semanas e é por isso que o desvio padrão deu baixo. E devido a essas diferenças entre os desvios padrões e de tipo de amostragem, não pôde fazer os testes estatísticos.

### 3.2 AMOSTRAGEM NO<sub>x</sub>

Os resultados obtidos nas duas coletas de NO<sub>x</sub> estão na Tabela 1 e Tabela 2.

Tabela 1 – Resultados obtidos na primeira coleta de NO<sub>x</sub> (concentração em ppb)

	AG	MDB	MDA	Mcs	VM	Clmb	AXV	BA	Xxm	Btl	Cjr
NO <sub>x</sub>	58,4	104,8	42,7	65,8	54,9	60,6	49,7	53,4	51,4	38,4	45,4
NO <sub>2</sub>	30,7	42,6	27,8	29,6	31,1	22,3	34,4	22,2	22,5	26,1	22,6
NO	18,1	40,5	9,7	23,6	15,5	25,0	9,9	20,4	18,8	8,0	14,8

Fonte: Autoria própria (2016).

Tabela 2 – Resultados obtidos na segunda coleta de NO<sub>x</sub> (concentração em ppb)

	AG	MDB	MDA	Mcs	VM	Clmb	AXV	BA	Xxm	Btl	Cjr
NO <sub>x</sub>	72,4	121,6	55,2	73,6	83,6	55,4	57,1	52,8	56,1	55,3	48,5
NO <sub>2</sub>	35,8	47,9	31,4	33,7	36,3	24,5	30,9	25,8	29,9	30,4	25,8
NO	23,8	48,0	15,5	26,0	30,8	20,1	17,1	17,6	17,1	16,3	14,8

Fonte: Autoria própria (2016).

Com os resultados, vemos que o lugar onde a concentração deu maior foi na Marechal Deodoro Baixo nas duas coletas. Esse valor alto se deve ao motivo do efeito Cranyon, onde devido ao grande número de prédios naquela rua e ao grande tráfego de automóveis, o poluente não consegue se dispersar, fazendo os valores de NO<sub>x</sub> subir consideravelmente.

### 3.3 MATERIAL PARTICULADO

Para o MP<sub>2.5</sub>, os resultados obtidos com a média, mínimo e máximo diário foram, respectivamente, para M. Alto 5,7, 0,4 e 15,0 µg.m<sup>-3</sup>; para M. Baixo 6,0, 0,4 e 31,0 µg.m<sup>-3</sup>; para CO-CE 9,5, 2,0 e 28,2 µg.m<sup>-3</sup> e para QM 4,1, 0,5 e 14,7 µg.m<sup>-3</sup>.

Ao comparar os resultados com as recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS) que recomenda 25 µg.m<sup>-3</sup> para as médias diárias, tem-se que o ponto M. Baixo e CO-CE ultrapassaram essa média recomendada e isso ocorre devido ao efeito Canyon e ao grande número de carros que passam nesses locais.

## 4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos no estudo e comparando com o recomendado pela OMS constatou que a emissão de MP<sub>2.5</sub> está alta e de NO<sub>x</sub> está dentro do recomendado. Esse valor alto de MP<sub>2.5</sub> pode aumentar o número de problemas respiratórios em Curitiba. O adequado para diminuir esse valor seria a diminuição

---

do número de carro trafegando em Curitiba e isso poderia ocorrer com políticas de mobilidade urbana mais sustentável. Em Curitiba já possui ônibus híbrido e 100% elétrico, o aumento da frota desse tipo de ônibus pode ajudar a diminuir a emissão de particulados. O governo poderia colocar pontos de amostragem de poluentes nos pontos de maior tráfego em Curitiba para fazer um estudo mais aprofundado das emissões, já que isso é importante devido as consequências que eles podem causar à saúde e bem-estar do ser humano e do meio ambiente.

## Validation of method and determination of oxides of nitrogen (NO<sub>x</sub>) and particulate matter in the atmosphere of Curitiba

### ABSTRACT

Nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>) and particulate matter, depending on the concentration in the atmosphere, are harmful to human health, which can cause irritation of the mucous membranes of the nose, damage to the lungs, the respiratory system, damage of the lung alveoli and cancer. Thus, it is important to determine their concentration in the atmosphere. In this work, for the Particulate Material (MP2.5), the filters were collected in the Center and in the Sítio Cercado neighborhood, using the Harvard sampler, weighing them before and after collection (24h). The concentrations of MP2.5 were in the range of 1-30 µg.m<sup>-3</sup>. For NO<sub>x</sub> (NO<sub>2</sub> + NO), 11 collection points were selected in different districts of Curitiba, where two Ogawa samplers were mounted at each point, with a filter on each side, one to collect NO and one for NO<sub>x</sub>. The filters were exposed for two weeks and analyzed by molecular absorption spectrophotometry at 545 nm. Among the neighborhoods evaluated, the Center had a higher concentration value (121 µg.m<sup>-3</sup>), the others were in the range of 38-84 µg.m<sup>-3</sup>. The validation of the method was done in an automatic station of the Environmental Institute of Paraná, making simultaneous collections and comparing with the standard method of chemiluminescence. The results were concordant.

**KEYWORDS:** Atmosphere. Nitrogen oxides. Particulate matter.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Fundação Araucária pela bolsa de Iniciação Científica, ao Laboratório de Estudos em Matrizes Ambientais pelo apoio e estrutura para eu poder fazer a pesquisa e a minha orientadora Erika Pereira Felix pelos ensinamentos.

## REFERÊNCIAS

WHO (2005). Air quality guidelines for Europe, 3rd ed. Copenhagen, World Health Organization Regional Office for Europe, 2005. Disponível em [http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0005/78638/E90038.pdf](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf) acessado dia 24/08/2017 às 19:00.

Relatório Anual da Qualidade do Ar na Região Metropolitana de Curitiba Ano de 2013. Disponível em [http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Relatorios\\_qualidade\\_do\\_ar/RELATORIO\\_AR\\_2013\\_final.pdf](http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Relatorios_qualidade_do_ar/RELATORIO_AR_2013_final.pdf) acessado dia 24/08/2017 às 19:00.

BRASIL. Resolução CONAMA N° 03, de 28 de junho de 1990. Estabelece padrões de qualidade do ar e critérios para elaboração de planos de emergência nos casos de episódios críticos de poluição do ar. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 22 de setembro de 1990. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=100> acessado dia 24/08/2017 às 19:30.

BRAGA, A; PEREIRA, L.A.A; BOHM, G.M.; SALDIVA. Poluição atmosférica e saúde humana. REVISTA USP, São Paulo, n.51, p. 58-71, setembro/novembro 2001.

MANAHAN, S. Química ambiental. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

Ogawa & Co. USA, INC. NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> and SO<sub>2</sub> Sampling Protocol Using The Ogawa Sampler. 6th ed., 2006. Disponível em [http://ogawausa.com/wp-content/uploads/2017/04/prono-noxno2so206\\_206.pdf](http://ogawausa.com/wp-content/uploads/2017/04/prono-noxno2so206_206.pdf) acessado dia 24/08/2017 às 19:00.

NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM). PARTICULATES NOT OTHERWISE REGULATED, TOTAL: METHOD 0500. 4th ed. 1994. Disponível em <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/0500.pdf> acessado dia 24/08/2017 às 19:00.

**Recebido:** 31 ago. 2017.

**Aprovado:** 02 out. 2017.

**Como citar:**

ALVES, B. L. et al. Validação de método e determinação de óxidos de nitrogênio (NOx) e material particulado na atmosfera de Curitiba. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UTFPR, 22., 2017, Londrina. **Anais eletrônicos...** Londrina: UTFPR, 2017. Disponível em: <<https://eventos.utfpr.edu.br/sicite/sicite2017/index>>. Acesso em: XXX.

**Correspondência:**

Bruno Lacerda Alves

Avenida Francisco Kruger, número 5480, Bairro Cachoeira, Almirante Tamandaré, Paraná, Brasil.

**Direito autoral:**

Este resumo expandido está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.

