

## AVALIAÇÃO DA FORMAÇÃO DE OZÔNIO TROPOSFÉRICO NO CAMPUS DO CENTRO UNIVERSITÁRIO HERMÍNIO OMETTO – UNIARARAS UTILIZANDO AMOSTRAGEM PASSIVA

Karen Silvia Braga (\*), Aurora Mariana Garcia de Franca Souza

\* Centro Universitário Hermínio Ometto

### RESUMO

Monitorar os poluentes atmosféricos se torna cada vez mais necessário, visto a crescente concentração com a qual esses vêm sendo emitidos de diferentes fontes fixas e móveis. A presença de poluentes na atmosfera ocasiona impactos à saúde humana e ao meio ambiente. A amostragem passiva de poluentes é uma forma eficaz e simples de monitoramento da qualidade do ar. A simplicidade do emprego desta amostragem está na facilidade para a construção dos amostradores, no seu transporte, manuseio, e no baixo custo para sua operação. O ozônio formado na troposfera a partir de precursores como os óxidos de nitrogênio e os compostos orgânicos voláteis (COV), em contraste com aquele formado em camadas mais altas, constitui-se um poluente nocivo à vida em geral e a diversos materiais. Por esse motivo, o ozônio troposférico é considerado um poluente crítico cuja concentração deve ser monitorada. O presente trabalho teve como objetivo determinar as concentrações do ozônio troposférico em dois pontos do campus da FHO - Fundação Hermínio Ometto, Araras (SP), empregando amostragem passiva. Para tal, foi utilizado um amostrador passivo construído a partir de tubos Falcon, utilizados para centrifugação. Filtros de celulose impregnados com corante índigo azul serviram como superfície de absorção do gás poluente. O corante remanescente nos filtros foi determinado por absorvância e para o cálculo da concentração de O<sub>3</sub> utilizou-se a equação de Fick. As amostragens foram realizadas no mês de Junho de 2019. Ao final do período de amostragem, encontrou-se a concentração média do gás na portaria do campus, local com influência das emissões dos gases de combustão de veículos, como sendo de 75,9 µg.m<sup>-3</sup> e para o Bosque, local que não sofre a influência desses gases, como sendo de 50,0 µg.m<sup>-3</sup>.

**PALAVRAS-CHAVE:** poluição atmosférica, lei de Fick, qualidade do ar.

### INTRODUÇÃO

No decorrer dos anos, com o aumento populacional e das atividades antrópicas, a emissão de poluentes atmosféricos foi também se intensificando. Substâncias nocivas ou que se tornam nocivas quando somadas aos poluentes naturais devido ao aumento da concentração, desencadeiam interações que contribuem para a poluição (BRITO, 2005).

Destaque pode ser dado ao tráfego de veículos e ao crescente processo de industrialização que contribuem significativamente para a emissão de gases poluentes. Nas grandes cidades, os automóveis se destacam como a principal fonte de emissão desses poluentes, cerca de 90% das emissões gasosas de NO<sub>x</sub>, CO<sub>x</sub>, VOCs, enquanto que, as indústrias afetam regiões mais específicas (CETESB, 2017).

Os poluentes atmosféricos são substâncias gasosas, sólidas ou líquidas presentes na atmosfera, com potencial de causar poluição. Entre os poluentes atmosféricos está o ozônio troposférico, que ocorre de forma natural no estado gasoso, com fórmula molecular tri atômica de oxigênio (O<sub>3</sub>), podendo ser encontrado em toda a atmosfera terrestre (BRITO, 2005).

Ao nível do solo, na troposfera, o ozônio perde a sua função de protetor e se transforma em um gás poluente e oxidante, danificando diversos materiais como a borracha e pigmentos, além de ser tóxico ao homem, plantas e animais. Por ser um poluente secundário, a sua formação na troposfera ocorre através de reações fotoquímicas, entre seus precursores, como os compostos orgânicos voláteis e os óxidos de nitrogênio, catalisadas pelo sol, (ROCHA et al., 2004).

Embora sejam conhecidas as consequências de sua presença, poucas informações se têm sobre sua concentração em diversas partes do Planeta. Como se pode observar pelos relatórios de qualidade do ar da CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo), a concentração desse poluente tem aumentado anualmente (CETESB, 2017), o que indica a importância em realizar um acompanhamento de sua concentração na atmosfera.

Os poluentes podem ser quantificados pelo monitoramento da qualidade do ar. Para esse monitoramento podem ser empregados amostradores passivos. Souza et al. (2017) explicam que um amostrador passivo é, um objeto cilíndrico do qual se conhecem de dimensões geométricas. Esse objeto tem uma abertura para permitir a entrada do ar atmosférico com o poluente de interesse, assim em seu interior é criada uma região onde o ar permanece em estado próximo ao estacionário e por onde ocorre a difusão do gás para a superfície de coleta.

De acordo com Bucco (2010), a amostragem de poluentes através de amostradores passivos, principalmente por serem de manuseio não complicado e sem demanda energética no processo da coleta, se apresenta como uma forma simples e confiável para avaliar poluentes atmosféricos. Segundo o autor, no caso de amostradores passivos, a coleta da amostra é feita utilizando-se um substrato químico que permite a fixação do composto de interesse no estado gasoso ou de vapor que está presente na atmosfera. Assim sendo, amostradores passivos têm sido utilizados para a determinação das concentrações de O<sub>3</sub> troposférico em regiões industrial ou urbana e em locais externo ou interno (GARCIA, 2009; BORDIN et al., 2016).

## OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a concentração de ozônio troposférico em pontos pré-estabelecidos no campus do Centro Universitário da Fundação Hermínio Ometto/UNIARARAS, utilizando amostragem passiva.

## METODOLOGIA

As coletas das amostras ocorreram durante três semanas, tendo sido realizada uma amostragem por semana, num período de 8 horas de exposição dos amostradores, em ambiente aberto. As amostragens foram realizadas sempre no período de 08:00 às 17:00, horário no qual a radiação solar propicia a formação do ozônio troposférico. Os pontos de amostragem foram a portaria principal de entrada e saída do campus e no bosque situado ao lado do prédio didático dos cursos de engenharia.

Os amostradores passivos utilizados na pesquisa foram confeccionados seguindo procedimento proposto por Souza et al. (2017) e são mostrados na *figura 01*.



**Figura 01: Amostrador passivo confeccionado para pesquisa**  
**Fonte: Autora do trabalho**

Os amostradores, em número de quatro, sendo três para a amostragem em triplicata e um branco, foram fixados no interior de um suporte de vasos ornamentais. Esses suportes foram revestidos com folha de EVA e papel alumínio, com a finalidade de se diminuir a incidência de raios solares nos amostradores. Os aparatos de amostragem foram fixados a cerca de 2,0 metros do solo.

O procedimento para a determinação da concentração do ozônio troposférico seguiu o proposto por Polli (2011) e para o cálculo da concentração do gás na atmosfera do campus, utilizou-se a Equação 1. Segundo a autora, a difusão de um gás A, dentro de um cilindro contendo um gás estagnado B, é governada pela primeira Lei de Fick, que permite encontrar a concentração média de O<sub>3</sub> amostrado no tempo t. As soluções obtidas com a remoção do corante restante no filtro do branco e das amostras, foram submetidas a medidas de absorbância no espectro visível, em 600 nm.

$$Q = [D \cdot (C_A - C_0) \cdot \pi \cdot r^2 \cdot t] \cdot Z^{-1} \quad \text{Equação (1)}$$

Para essa equação, o Q é a quantidade de ozônio (mol) coletada durante o tempo t de amostragem (segundos),  $\pi r^2$  é a área transversal do tubo do amostrador (cm<sup>2</sup>), D é o coeficiente de difusão molecular do gás (cm<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>), z é o comprimento do caminho de difusão do gás (cm), espaço compreendido entre a membrana porosa colocada no amostrador e a superfície absorvente, C<sub>0</sub> é a concentração de ozônio na interface da superfície absorvente (mol.cm<sup>-3</sup>) e C<sub>A</sub> é a concentração de gás no ambiente (mol.cm<sup>-3</sup>). Ainda para o cálculo da concentração do ozônio troposférico, uma

curva analítica que correlaciona concentrações conhecidas do corante índigo azul com medidas de absorvância no espectro visível em 600 nm foi confeccionada.

## RESULTADOS

A *figura 02* insere o posicionamento dos amostradores no campus da FHO-UNIARARAS que está localizado no município de Araras-SP. No ponto Bosque, o aparato de amostragem foi instalado em local fora da influência de quaisquer fontes de emissões atmosférica, enquanto, no ponto Portaria, a composição do ar atmosférico local sofre a influência dos gases de combustão dos veículos que entram e saem do campus, desde que essa é a portaria principal.



**Figura 02: Pontos da amostragem no Campus**  
Fonte: Adaptação própria, 2019 (apud Google Maps, 2019)

Uma curva analítica foi construída com soluções de concentração conhecida de índigo. A Equação 2 obtida da curva, que foi utilizada para o cálculo da concentração do ozônio troposférico em cada ponto de amostragem, é apresentada. Para essa curva, o coeficiente de correlação,  $r$ , igual a 0,9972.

$$A = (6567,6 * [O_3]) + 0,0171 \quad \text{Equação (2)}$$

Para a respectiva equação,  $A$  é a absorvância e  $[O_3]$  é concentração de ozônio, em mol.L<sup>-1</sup>.

Do valor médio das três absorvâncias obtidas em cada ponto de amostragem do O<sub>3</sub> troposférico, foi descontada a absorvância do branco de campo e com o valor final obtido foi calculada a concentração de gás, referente aos período e ponto de amostragem, utilizando-se a Equação 1. Segundo Bordin et al. (2016), o valor de C<sub>0</sub> pode ser considerado igual a zero, pois o ozônio só reage após a abertura do amostrador. Também foi utilizado o mesmo valor do coeficiente de difusão molecular indicado pelos autores, ( $D = 0,144 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ).

Os valores obtidos a partir da média da concentração de ozônio obtidas nos três amostradores, em cada data e ponto de amostragem, estão inseridos na Tabela 01. A Tabela 02 traz as médias dos valores da concentração de ozônio para o período total de amostragem, em cada ponto, quais sejam, portaria e bosque, com seu respectivo desvio padrão.

**Tabela 01: Concentração de O<sub>3</sub> troposférico para cada ponto e dada amostragem.**  
Fonte: Autora do trabalho

Data da amostragem	Concentração de O <sub>3</sub> (µg m <sup>-3</sup> )	
	Portaria	Bosque
04/06/2019	76,8	50,4
18/06/2019	73,5	44,9
24/06/2019	77,3	54,7

**Tabela 02: Concentração média de ozônio com seu respectivo desvio padrão para o período total de amostragem.**

**Fonte: Autora do trabalho**

Local	Média ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )	Desvio padrão
Portaria	75,9	2,1
Bosque	50,0	4,9

Pela análise dos resultados fornecidos nas Tabelas 01 e 02 pode-se inferir que as emissões atmosféricas dos veículos que circulam pelo campus causam um aumento na concentração do ozônio troposférico. Tal efeito já era esperado pois, esse gás é um poluente secundário que se forma na atmosfera a partir de precursores como o NO<sub>x</sub> e compostos orgânicos voláteis (ROCHA, et al. 2004), sendo esses compostos emitidos pelo escapamento dos veículos. Assim, nesta pesquisa, as maiores concentrações de ozônio troposférico coincidiram com os locais cuja concentração de gases de combustão oriundos de veículos e de geradores eram mais elevadas e reputou o fato à elevada concentração de compostos orgânicos voláteis (COV) e NO<sub>2</sub> presentes nessas emissões. Acrescenta-se ainda que a Resolução CONAMA n° 491, que dispõe sobre a qualidade do ar no Brasil, fixa o padrão final para o ozônio troposférico como sendo de 100 mg m<sup>-3</sup>, para amostragem de 8 horas, (BRASIL, 2018). Ao se comparar as médias obtidas para os dois pontos de amostragem no campus, é possível se afirmar que os valores estão significativamente abaixo dos que são fixados pela legislação ambiental vigente. Resultados abaixo da legislação vigente para ozônio troposférico avaliado no interior de campus universitários, usando amostragem passiva, também foram encontrados por Polli (2009) e Vieira (2012).

## CONCLUSÃO

A pesquisa atendeu seu objetivo ao utilizar da amostragem passiva, empregando amostrado confeccionado especificamente para tal, na avaliação da formação de ozônio troposférico no interior de um campus universitário.

A concentração do ozônio troposférico foi maior no local com circulação de veículos quando comparada com local sem a interferência dessa circulação, isso porque, esse gás é um poluente secundário cuja formação é influenciada pelos precursores (NO<sub>2</sub> e COV) presentes nos gases de combustão de veículos automotivos.

Os valores para a concentração de ozônio troposférico encontrados no campus são significativamente inferiores ao fixado como padrão final para esse gás pela legislação brasileira.

A pesquisa terá continuidade com a avaliação da concentração do poluente em outros pontos do campus e sob a influência de outras fontes dos precursores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução n° 491, 19 de novembro de 2018.** Dispõe sobre os padrões de qualidade do ar. *Diário Oficial da União – Brasília/DF*, n° 223, de 21/11/2018. Seção 01, p.155-156.
- BRITO, H.P. **Análise das emissões atmosféricas geradas por veículos automotores em Natal-RN, 2005.** Dissertação (Mestrado em Eng. Mecânica - Universidade Federal de RN).
- BUCCO, Magali V. S. **Construção e Testes de Validação de Amostradores Passivos para Dióxido de Nitrogênio e Ozônio.** 2010. 114 f. Dissertação de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial – Setor de Tecnologia, apresentado à Universidade Federal do Paraná (em parceria com o SENAI-PR e a Universität Stuttgart, Alemanha), Curitiba. 113 p. 2010.
- CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de Qualidade do ar no Estado de São Paulo 2016,** São Paulo: CETESB, 2017. Disponível em: <http://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/>. Acesso: 27 de junho de 2019.
- BORDIN, I. O.; COSTA, M. A. M.; KIM, J.; SOUZA, M. **Estudo da concentração de ozônio no ar em ambientes internos e externos de escolas.** In: ANAIS DO CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 2016. Disponível em: <<https://proceedings.science/cobeq/cobeq-2016/papers/estudo-da-concentracao-de-ozonio-no-ar--em-ambientes-internos-e-externos-de-escolas>>. Acesso em: 06 jul. 2019.
- GARCIA, G. **Construção e calibração de amostrador passivo para determinação de ozônio troposférico.** Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Química da Universidade Estadual Paulista. 78 p. 2009.
- POLLI, D. G. **Medições de ozônio troposférico no campus central da UTFPR, Curitiba, PR.** 2011. 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.
- VIEIRA, L. C. **Uso de amostradores passivos para monitoramento do ar.** Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo - RS. 61p. 2012.

9. ROCHA, J. C.; Rosa, A. H. e Cardoso, A. A. **Introdução à Química Ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2ª edição. 154 p. 2004.
10. SOUZA, P. A. F., FRANCISCO, K. C. A., CARDOSO, A. A. **Desenvolvimento de Amostrador Passivo Sensível para Monitoramento de Poluição Atmosférica por Dióxido de Nitrogênio**. Quím. Nova, v. 40, n. 10, p. 1233-1237. 2017.