

# AVALIAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE MATERIAL PARTICULADO TOTAL EM SUSPENSÃO EM AMBIENTES DE UMA UNIVERSIDADE PÚBLICA DA CIDADE DE SÃO CARLOS-SP

T. T. COMIN<sup>1</sup> e M. L. AGUIAR<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química  
E-mail para contato: tati\_comin@yahoo.com.br

**RESUMO** – Pesquisas sobre a qualidade do ar interno tornaram-se frequentes nas últimas décadas e os ambientes escolares são locais de grande interesse para a avaliação de material particulado total (MPT) em suspensão. Assim, este estudo objetivou avaliar as concentrações de MPT dentro de uma sala de aula na Universidade Federal de São Carlos e em ambiente aberto próximo a ela, fornecendo dados para a comparação entre estes locais e com as legislações específicas. Foi utilizado um Monitor e Amostrador de Qualidade do Ar da marca Quest, modelo EVM-7, para obter as concentrações nas seis amostragens realizadas entre setembro e novembro de 2013. Os resultados apontaram que em ambos ambientes as concentrações de MPT foram inferiores a 60 µg/m<sup>3</sup>, limite estabelecido pela Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (ABRAVA) para interiores, estando também abaixo do proposto pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) para ambientes abertos (150 µg/m<sup>3</sup>). Verificou-se também que dentro da sala de aula as concentrações foram superiores às externas (índices I/E maiores que 1,0) e que em dias chuvosos houve redução nos níveis de MPT.

## 1. INTRODUÇÃO

A qualidade do ar em interiores (QAI) é uma ciência nova surgida na década de 1970, resultante do aumento de edifícios “selados” como forma de racionalizar energia em países desenvolvidos (Gioda e Aquino Neto, 2003). Estudos sobre QAI em ambientes escolares é um tema relativamente recente na literatura e o interesse foi motivado pela susceptibilidade de crianças e jovens a potenciais substâncias tóxicas.

Devido à sua nocividade, o material particulado é um parâmetro muito importante no monitoramento ambiental. O material particulado total, designado pela sigla MPT, compreende os sólidos suspensos nos aerossóis atmosféricos e o limite brasileiro para concentração no ar de interiores é de 60 µg/m<sup>3</sup> pela ABRAVA (Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento, 2003) e de 80 µg/m<sup>3</sup> pela ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2003) e para exteriores é de 150 µg/m<sup>3</sup> estipulado pelo CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente - Brasil, 1990).

Reconhecida a importância do monitoramento de MPT em interiores, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar as concentrações de MPT em uma sala de aula da Universidade Federal de São Carlos (São Carlos/SP) e em ambiente aberto (pátio) próximo a ela, entre setembro e novembro de 2013, fornecendo dados para a comparação entre estes locais e com as legislações específicas.

## 2. LOCAL DE ESTUDO

A cidade de São Carlos situa-se no centro geográfico do Estado de São Paulo e para este estudo selecionou-se a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Esta escolha relevou o intenso fluxo diário de pessoas, sua localização na Rodovia Washington Luís (Km 235, SP-310), de intenso tráfego veicular, e a proximidade com duas indústrias químicas uma do setor de produção de tintas e solventes e a outra do setor de papel e embalagens, cujas emissões de MPT e gases podem interferir significativamente na qualidade do ar da região.

Na UFSCar, um dos principais pontos de tráfego urbano e veicular é nos arredores da Biblioteca Comunitária, que recebe em torno de 2.000 pessoas diariamente. Assim, relevando a proximidade com a Biblioteca, o monitoramento foi realizado em uma sala de aula com climatização artificial do Departamento de Engenharia Química (DEQ), onde diariamente circulam inúmeros estudantes de graduação, pós-graduação (mestrado e doutorado) e professores, compreendendo uma ampla faixa etária. Na Figura 1 são apresentados os pontos amostrais no interior da sala de aula do DEQ/UFSCar e em pátio externo próximo a ela.



Figura 1 – Locais monitorados na UFSCar.

## 3. METODOLOGIA

Para a amostragem de material particulado adotou-se como base a Norma Técnica 004: “Qualidade do Ar Ambiental Interior. Método de Amostragem e Análise de Concentração de Aerodispersóides em Ambientes Interiores” da RE 09/2003 da ANVISA.

Utilizou-se um Monitor e Amostrador de Qualidade Interna do Ar com coletor de partículas modelo EVM-7 (mostrado na Figura 2), da marca Quest, que é um instrumento portátil indicado para monitoramento de ambientes fechados, armazenando os dados de concentração de MPT em memória interna durante cada coleta, cuja duração foi de aproximadamente 2 horas, e posteriormente foram descarregados em computador.



Figura 2 – Monitor de MPT, modelo EVM-7.

Para coletar material particulado o EVM-7 opera com um laser fotômetro, utilizando espalhamento de luz a 90° para determinar a concentração em massa (na unidade de  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) da fração amostrada. Os componentes deste equipamento utilizados nas medições de particulados são: a entrada de ar, o impactador (que permite selecionar o tamanho das partículas desejado: 2,5; 4; 10 ou 100  $\mu\text{m}$  de diâmetro), o coletor de partículas, o amostrador gravimétrico e a bomba interna. Operando com vazão fixa de 1,67 L/min, possibilita que o ar entre através do impactador e as partículas de diâmetro maior que o selecionado migrem para placas untadas dentro do amostrador. Enquanto a bomba interna mantém o fluxo de ar constante, as partículas menores passam pelo sensor óptico, podendo opcionalmente ser recolhidas em filtros de membranas (por gravimetria). O ar filtrado passa pelo sensor de fluxo e então escoar pela saída de ar.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O equipamento EVM-7 foi programado para monitorar as concentrações de MPT e na Tabela 1 estão apresentadas as médias aritméticas, as medianas, os desvios padrão e os índices I/E (razão entre valores internos e externos) dos dados obtidos em cada coleta.

Através da Tabela 1 é possível verificar que a concentração média de MPT interna esteve na faixa entre 7,44 e 37,42  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e a externa entre 5,31 e 32,00  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pode-se também observar que há algumas discrepâncias entre as médias e as medianas indicando uma distribuição assimétrica dos dados, assim, optou-se por utilizar gráfico do tipo box-plot para visualizar a distribuição das concentrações, conforme ilustra a Figura 3.

Tabela 1 – Médias, medianas, desvios e índices I/E das concentrações de MPT amostradas

Data	Concentração Interna			Concentração Externa			Índice I/E
	Média (µg/m <sup>3</sup> )	Mediana (µg/m <sup>3</sup> )	Desvio padrão	Média (µg/m <sup>3</sup> )	Mediana (µg/m <sup>3</sup> )	Desvio padrão	
12/09/2013	11,68	11,00	2,45	5,31	5,00	4,25	2,20
19/09/2013	37,42	37,00	4,81	32,00	32,50	5,32	1,17
26/09/2013	21,15	21,00	3,56	14,16	14,00	2,59	1,49
31/10/2013	23,19	22,00	5,34	24,67	23,00	6,84	0,94
07/11/2013	7,44	7,00	1,71	6,60	6,00	2,61	1,13
21/11/2013	11,49	11,00	1,43	10,01	9,00	3,73	1,15

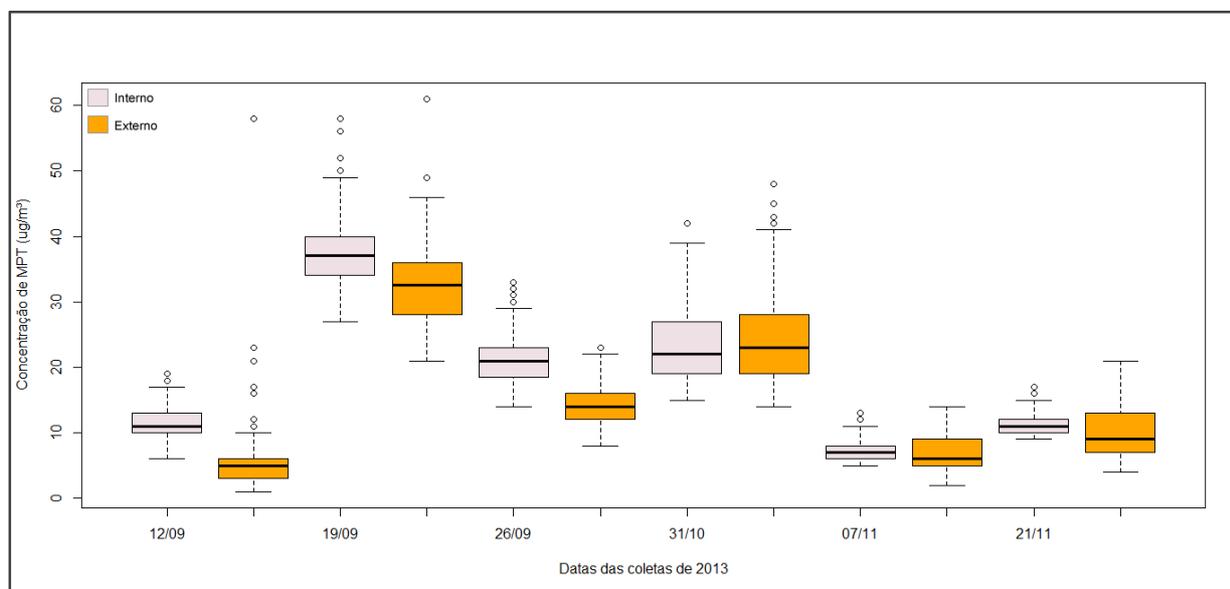


Figura 3 – Box-plot comparativo das concentrações interna e externa de MPT.

Para a concentração de MPT em ambientes internos a RE 09/2003 da ANVISA estipula o limite de 80 µg/m<sup>3</sup>, enquanto a RN 02/2003 da ABRAVA estipula 60 µg/m<sup>3</sup>, valores que não foram ultrapassados nas amostragens realizadas. No ambiente externo, os valores também mantiveram-se abaixo do proposto pelo CONAMA (150 µg/m<sup>3</sup>).

Pela Tabela 1 observa-se que em cinco das seis amostragens as concentrações internas foram superiores às externas, com índices I/E maiores que 1,0. Verifica-se também significativas variações nas concentrações médias obtidas que podem estar relacionadas à oscilação no índice de precipitação pluviométrica na cidade de São Carlos. Segundo Pozza (2005) esta região possui características peculiares, sendo possível separar as estações do ano em duas: estação seca (abril a setembro), a qual apresenta menor incidência de chuvas, e estação chuvosa (outubro a março). Para verificar esse fato, obtiveram-se dados de precipitação pluviométrica da estação meteorológica da EMBRAPA (Empresa

Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2014), para os meses de setembro a novembro de 2013, os quais foram plotados na Figura 4.

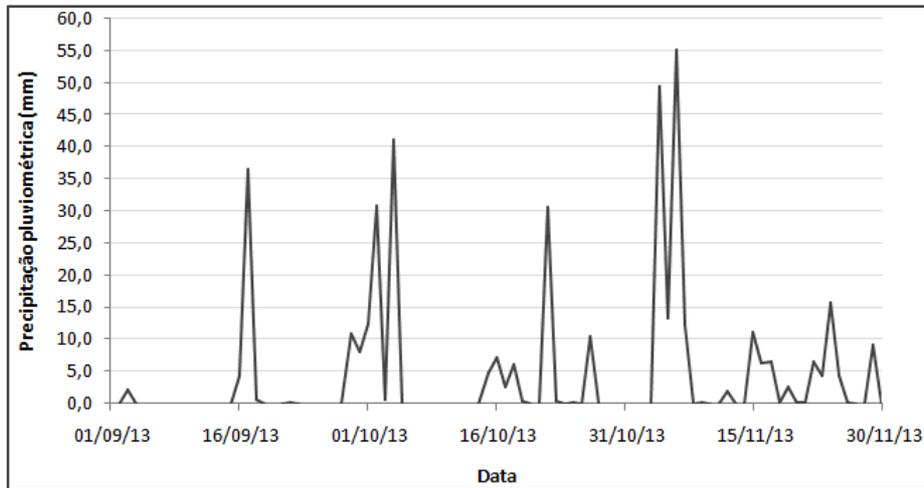


Figura 4 – Precipitação pluviométrica em São Carlos entre setembro e novembro de 2013.

Para melhor visualizar esta relação entre as concentrações de MPT e o índice de chuvas, pode-se plotar ambas variáveis em um mesmo gráfico. A Figura 5 apresenta este gráfico, onde é possível visualizar que no dia chuvoso a concentração de MPT diminuiu, pois as chuvas ajudaram na dispersão dos poluentes atmosféricos e na decantação de particulados, culminando na redução das concentrações tanto em ambiente externo como em ambiente interno.

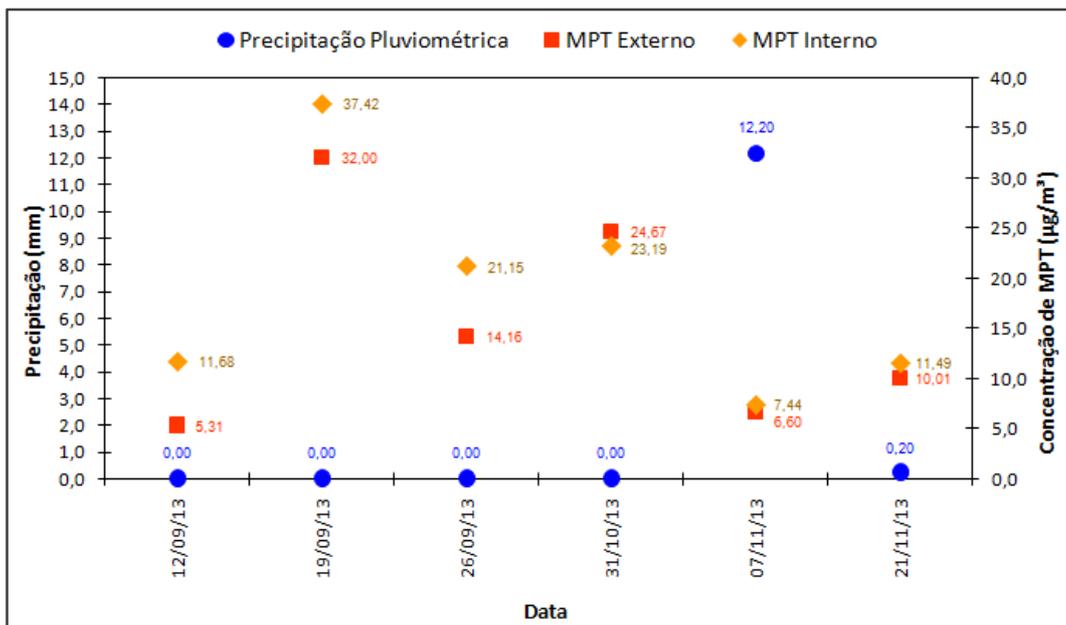


Figura 5 – Precipitação pluviométrica X Concentrações médias de MPT.

Pode-se calcular também o coeficiente de correlação cruzada (correlação de Pearson) entre os índices de precipitação e de concentração de MPT utilizando a Equação 1, onde  $x$  e  $y$  representam as variáveis correlacionadas, sendo  $x_i$  e  $y_i$  os valores individuais enquanto  $\bar{x}$  e  $\bar{y}$  são as médias aritméticas. Cabe ressaltar, que por esta equação são obtidos valores na faixa entre -1,0 e 1,0 e com os dados correlacionados obtiveram-se os valores abaixo:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

precipitação pluviométrica X MPT interno  $\rightarrow r = -0,51$

precipitação pluviométrica X MPT externo  $\rightarrow r = -0,41$

A obtenção de correlação negativa indica que as duas variáveis movem-se em direções contrárias, ou seja, em dias de alto índice pluviométrico há a ocorrência de baixas concentrações de particulados, e vice-versa. Esta relação fica mais forte quanto mais o coeficiente  $r$  aproxima-se de -1, assim para os dados analisados é levemente maior a influência para as concentrações internas.

## 5. CONCLUSÕES

Neste trabalho, todas as concentrações de MPT amostradas foram inferiores a  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  tanto no ambiente interno como no externo, respeitando os limites previstos pela ABRAVA, ANVISA e CONAMA.

Verificou-se que as concentrações internas foram maiores que as externas em cinco das seis amostragens, que apresentaram índice I/E superiores à 1,0, indicando a presença de fontes de poluição química na sala de aula.

Concluiu-se também que os níveis de precipitação pluviométrica influenciam na redução da concentração de MPT, tendo sido obtidos coeficientes de correlação cruzada negativos, indicando que o aumento de um dos parâmetros acompanha a redução dos índices do outro.

## 6. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). *RE 9*: qualidade do ar ambiental interior. Brasília, 2003. 10 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE REFRIGERAÇÃO, AR CONDICIONADO, VENTILAÇÃO E AQUECIMENTO (ABRAVA). *RN 02*: sistemas de condicionamento de ar e ventilação para conforto, qualidade do ar interior. São Paulo, 2003. 18 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). *RE 003*. Brasília, 1990. 5 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *Dados meteorológicos*. Disponível em: <<http://www.cppse.embrapa.br/dados-meteorologicos>>. Acesso em: 19 mar. 2014.

GIODA, A.; AQUINO NETO, F. R. Poluição química relacionada ao ar de interiores no Brasil. *Química Nova*, v. 26, n. 3, p. 359-365, 2003.

POZZA, S. A. *Identificação das fontes de poluição atmosférica na cidade de São Carlos-SP*. 2005. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.