

## X-063 – AVALIAÇÃO DA EVOLUÇÃO TEMPORAL DOS NÍVEIS DE CONCENTRAÇÃO DE MP<sub>10</sub> NA CIDADE DE SÃO CARLOS - SP

**Elaine Schornobay-Lui<sup>(1)</sup>**

Engenheira Ambiental pela Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná. Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Docente da Faculdade Assis Gurgacz. Doutoranda em Hidráulica e Saneamento na EESC/USP.

**Eduardo Carlos Alexandrina**

Engenheiro de Minas pela Universidade Federal de Minas Gerais. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Doutorando em Engenharia Química pela UFSCar.

**Werner Siegfried Hanisch**

Engenheiro Químico pela Universidade Federal de São Carlos. Mestre e Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Docente da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP).

**Mônica Lopes Aguiar**

Engenheira Química pela Universidade Federal de Uberlândia. Mestre e Doutora em Engenharia Química pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Docente da UFSCar.

**Nivaldo Aparecido Corrêa**

Engenheiro Químico pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Mestre e Doutor em Engenharia Química pela UFSCar. Docente da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Avenida das Torres, 500 – Bairro FAG – Cascavel - PR - CEP: 85806-095 - Brasil - Tel: (45) 9848-4796 - e-mail: [eschor@gmail.com](mailto:eschor@gmail.com)

### RESUMO

A poluição do ar em áreas urbanas passou a ser um assunto de destaque. O número de estudos relacionando o aumento dos níveis de material particulado a doenças, especialmente cardiovasculares, aumentos nos últimos anos. Altos níveis de concentração de material particulado não são apenas encontrados em grandes regiões metropolitanas, mas também em cidades de médio porte. Esse fato se deve especialmente ao tipo de atividades industriais de cada região e o aumento do número de veículos em circulação. O objetivo deste trabalho foi analisar dados de concentração de material particulado (MP<sub>10</sub>) da cidade de São Carlos, interior do estado de São Paulo. Os dados foram coletados com um amostrador de grandes volumes (AGV) durante os anos de 1997 a 2005, e uma nova campanha de coleta de dados foi iniciada no ano de 2014. São Carlos possui dois períodos bem definidos no ano, período seco e período chuvoso, e os dados analisados neste trabalho se referem ao período seco (abril a setembro). Nesses meses do ano, devido aos menores índices de precipitação, os níveis de concentração de MP são superiores aos demais meses do ano. Os resultados obtidos mostram que a concentração média no ano de 2014 foi de 55,50 µg/m<sup>3</sup>, enquanto que para os anos anteriores a maior média do período foi de 49,17 µg/m<sup>3</sup>, no ano de 1999. Justamente esses dois anos apresentaram para o período o menor número de dias em que ocorreu precipitação, 21 dias em ambos os anos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Material particulado, monitoramento do ar, poluição atmosférica.

### INTRODUÇÃO

O crescimento populacional nas últimas décadas trouxe prejuízos ao meio ambiente. Questões como poluição do solo e da água afetam de maneira direta a saúde e qualidade da vida da população, especialmente em áreas urbanas, onde a poluição é intensificada pelo aglomerado de pessoas e em decorrência da falta de estratégias públicas.

Além disso, o desenvolvimento industrial e o aumento da frota de veículos passou a ser determinante na qualidade do ar que as pessoas respiram diariamente. O material particulado presente no ar passou a ser um dos objetos de estudo de grande importância, pois além do aumento da incidência de alergias e irritações respiratórias, essas partículas podem ter em sua composição agentes químicos, que causam diferentes formas de interferência na saúde humana. Vários estudos tem relacionado o aumento da poluição atmosférica a

doenças cardiovasculares, por exemplo. Wang *et al.* (2013) coletaram amostras de material particulado em 113 cidades da China, juntamente com a média de mortalidade específica. Como resultado, encontraram a diminuição da perda de expectativa de vida de 2,13 anos em 2003 para 1,3 anos em 2010 devido ao  $MP_{10}$ , sendo que as concentrações passaram de  $125,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para  $88,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente em 2003 e 2010.

A quantificação dos poluentes em áreas urbanas é realizada nos receptores, ou seja, a coleta realizada nos equipamentos se refere a soma de todas as fontes de poluição locais e regionais após a dispersão e as reações químicas e físicas no ambiente de estudo. Esse tipo de caracterização é de relevante interesse pois pode-se realizar avaliações com as interferências do clima, como a maior ou menor dispersão de poluentes em determinada época do ano, influência da precipitação, etc.

Em 1997, baseada em evidências de que quanto menor o diâmetro da partícula maior o seu potencial patogênico, devido a maior facilidade de superar as barreiras respiratórias, a USEPA (Agência de Proteção Ambiental dos estados Unidos), propôs a inclusão de novos padrões. Assim, o material particulado foi separando em duas frações:  $MP_{2,5}$  (partículas com diâmetro aerodinâmico menor que  $2,5\mu\text{m}$ ) e  $MP_{10}$  (partículas com diâmetro aerodinâmico menor que  $10 \mu\text{m}$ ) (USEPA, 1997).

No Brasil, não existe legislação federal que trate do  $MP_{2,5}$ . Apenas em 2011 a CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo) propôs o limite para  $MP_{2,5}$ , de  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e ao final de três etapas, estabelecer como limite o valor de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , padrão defendido pela OMS (Organização Mundial da Saúde).

A cidade de São Carlos possui dados de concentração de material particulado dos anos de 1997 a 2005, coletados pelo grupo de Pesquisa de Controle Ambiental, do Programa de Pós graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de São Carlos. Analisando os dados os pesquisadores encontraram uma variação significativa nas concentrações de material particulado entre o período seco (meses de abril a setembro) e o período chuvoso (meses de outubro a março). O período seco apresenta índices elevados de concentração de material particulado em comparação com o período chuvoso, superando em alguns dias de coleta os valores limite estabelecidos pela legislação Federal e Estadual. A precipitação é um importante agente na diminuição dos níveis de material particulado, pois a chuva remove as partículas do ar.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a evolução temporal para o período seco do material particulado ( $MP_{10}$ ) na cidade de São Carlos, no interior do estado de São Paulo. Foram comparadas as concentrações de material particulado ( $MP_{10}$ ) coletadas entre os anos de 1997 e 2005 com dados novos coletados entre os meses de abril a setembro de 2014.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados utilizados para realização deste trabalho são compostos por dados históricos de concentração de material particulado ( $MP_{10}$ ), coletados entre os anos de 1997 e 2005 e de dados diários de concentração de material particulado ( $MP_{10}$ ), incluindo finais de semana, coletados no período de abril a outubro de 2014, ambos na cidade de São Carlos.

As coletas do  $MP_{10}$  foram realizadas no centro da cidade de São Carlos, na Praça Voluntários da Pátria. Esta área foi definida como ponto de coleta, que teve início no ano de 1997, devido a grande circulação de pessoas, veículos e frota de ônibus urbano da cidade. Assim, as coletas foram realizadas inicialmente entre os anos de 1997 e 2005, ocorrendo em diferentes dias da semana. Por exemplo, na primeira semana as coletas foram realizadas segunda e quarta, na segunda semana terça e quinta, após os primeiros anos de coleta essa ordem deixou de ser seguida e as coletas passaram a ser realizadas de maneira aleatória, uma ou duas vezes por semana. Após o ano de 2005 as coletas foram suspensas e o ponto de coleta desativado.

Para os dados atuais, ou seja, coletados no ano de 2014 também foi utilizado o AGV, o mesmo equipamento utilizado para a coleta dos dados históricos. O equipamento recebeu manutenção e o ponto de coleta foi restaurado, sendo localizado na Praça Voluntários da Pátria, no centro da cidade de São Carlos – SP. As coletas foram realizadas diariamente, sendo possível, dessa forma, estudar variações dos níveis de material particulado ao longo da semana. Os dados coletados em 2014 representam o período seco da região, o qual segundo estudos anteriores, apresenta as concentrações de material particulado mais elevadas, devido à falta de

chuva e também porque a região é produtora de cana de açúcar, e nesse período ocorre a queima da cana de açúcar.

Os valores de concentração de material particulado foram obtidos por gravimetria, os filtros eram pesados antes e depois de 24 horas de coleta.

Os dados de concentração de material particulado foram comparados para avaliar a evolução temporal entre as coletas realizadas (1997-2005 e 2014). Além disso, foram avaliados os dados de precipitação para os períodos em estudo.

## RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os dados comparativos dos períodos secos (abril a setembro), sendo que o número de amostragens foi diferente a cada ano. No período de 1997 a 2005 o objetivo foi caracterizar o material particulado, assim a coleta era realizada de maneira aleatória, alternando-se os dias da semana. No ano de 2014 a coleta foi realizada diariamente, por conta disso o maior número de amostras.

**Tabela 1. Comparativo dos dados de concentração de MP<sub>10</sub> para o período seco.**

Ano	Número de amostras	Concentração média* (µg/m³)	Valor máximo	Valor mínimo	Dias com precipitação
1998	51	42,15	95.54	11.24	39
1999	50	49,17	120.95	17.8	21
2000	50	41,84	74	17.99	28
2001	44	40,90	81.77	12.09	27
2002	42	43,01	80.69	19.93	28
2003	38	38,49	94.71	9.58	23
2004	34	38,10	125.43	13.89	35
2005	32	27,55	59.79	4.75	35
2014	176	55,50	158.84	11.11	21

\*Concentração média do período seco

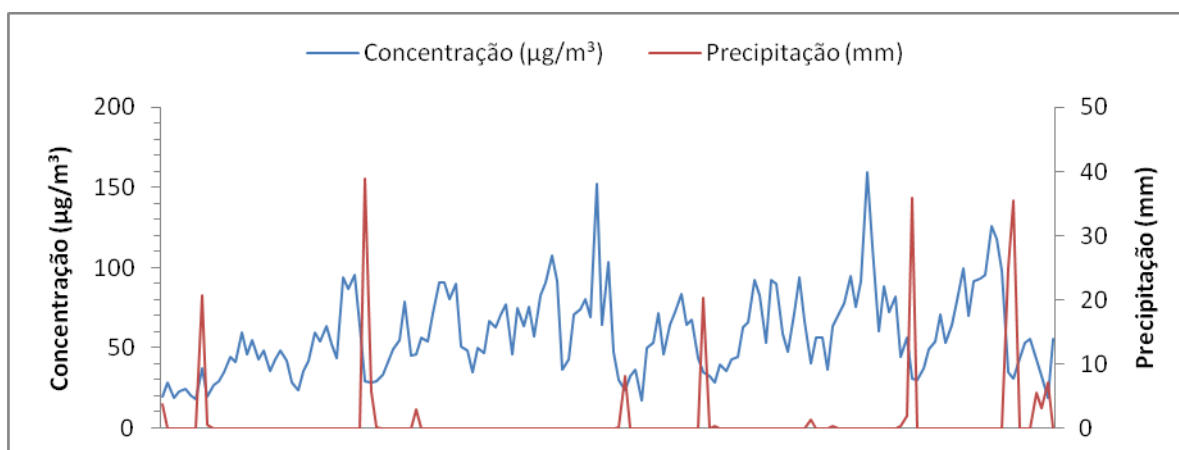
É possível observar que a concentração média do período seco para o ano de 2014 é superior a todos os anos anteriores. A OMS sugere como padrões para o MP<sub>10</sub> 20µg/m³ para a média anual e 50µg/m³ para a média de 24 horas. Em relação à média diária, observando os valores máximos de concentração na Tabela 1, em pelo menos um dia o limite de 50µg/m³ foi ultrapassado em todos os anos amostrados. O ano de 2014 apresenta o pior caso, onde a maior concentração medida é maior que três vezes o valor sugerido pela OMS. Para a média anual não é possível estabelecer uma relação com o ano de 2014, pois apenas o período seco foi amostrado. A Resolução CONAMA n° 03/1990 estabelece média anual de 50µg/m³ e média diária de 150µg/m³. O Estado de São Paulo, Decreto 59.113/2013, estabelece como padrões 120µg/m³ para a média de 24 horas e 40µg/m³ para a média anual.

O número de dias em que ocorreu precipitação durante os meses de abril a setembro também foi apresentado. Quando chove o material particulado é lavado da atmosfera, diminuindo os níveis de concentração. Obviamente, a concentração do material particulado depende também de outros fatores climáticos e antropogênicos, mas é possível verificar que justamente os anos de 1999 e 2014 apresentam as maiores médias para o período e o menor número de dias com precipitação. No entanto, não é possível estabelecer uma relação linear entre o número de dias com precipitação e a média de concentração do material particulado para o período estudado. No ano de 2005, por exemplo, a média de concentração encontrada é a menor em relação

aos outros anos e o número de dias com precipitação é o segundo maior, apesar disso, o número de amostras de 2005 é o menor de todo o período analisado, apenas 32.

A Figura 1 apresenta o gráfico com os valores de concentração e precipitação para o período seco do ano de 2014. Nos dias em que ocorre precipitação a concentração de material particulado apresenta valores mais baixos, mostrando que essas variáveis são inversamente proporcionais. No caso do ano de 2014 as coletas foram realizadas inclusive nos finais de semana. Devido à diminuição do tráfego de veículos e atividades que causam ressuspensão, nesses dias, mesmo não ocorrendo precipitação valores menores de concentração foram observados.

**Figura 1. Gráfico dos valores de concentração e precipitação do período seco de 2014**



## CONCLUSÕES

Os valores de concentração medidos no ano de 2014 apresentam uma tendência de elevação dos níveis de material particulado em relação aos encontrados entre os anos de 1999 e 2005. No entanto, é necessária a continuidade desse estudo para estabelecer de maneira sólida esta afirmação. Apesar disso, os valores apresentados despertam atenção, uma vez que são superiores ao que é considerado ideal pela Organização Mundial da Saúde e também porque São Carlos é uma cidade de médio porte, demonstrando que os problemas de qualidade do ar não são observados apenas em grandes centros urbanos.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (Processo 2012/14928-2).  
À Prefeitura Municipal de São Carlos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BASCOM, R. Health effects of outdoor air pollution. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, v. 153, n. 1, p. 3-50, 1996.
2. BRUNO, R.L. et al. Atmospheric particulate matter in the city of São Carlos/SP, Brazil. International Journal of Environment and Pollution, v. 22, n. 4, p. 476-489, 2004.
3. CELLI, C.E. et al. Concentração de material particulado suspenso na atmosfera em São Carlos-SP. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 8, n.1, p. 6-12, 2003.
4. MARQUES, K.A. et al. Assessment of atmospheric particulate matter in São Carlos-SP, Brazil. Environmental Management and Health, v. 12, n. 1, p. 17-25, 2001.
5. SALDIVA, P. et al. Respiratory alterations due to urban air pollution: an experimental study in rats. Environmental Research, Elsevier, v. 57, n. 1 p. 19-33, 1992.
6. SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 59.113, de 23 de abril de 2013. Estabelece novos padrões de qualidade do ar e dá providências correlatas. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo, 2013.

7. USEPA. PM2,5 NAAQS Implementation. [S.l.], 1997.
8. WANG, C et al. Estimation of the effects of ambient air pollution on life expectancy of urban residents in China. Atmospheric Environment, v. 80, p. 347-351, 2013.