

# Caracterização e Avaliação da Toxicidade de $MP_{10}$ Presentes na Área Urbana de Catalão – GO Associados a Parâmetros Climatológicos

Marcos E. G. do Carmo, Fernanda C. da C. Kunizaki, Nara L. da S. Sousa & Lincoln L. Romualdo

Este trabalho apresenta valores da variação de concentração, caracterização elementar e avaliação da toxicidade in vitro no material particulado  $10 \mu m$  ( $MP_{10}$ ) coletado em dois sítios na área urbana de Catalão-GO. O período amostrado foi entre 05/08/17 a 28/03/18. Os valores de concentração de  $MP_{10}$  estavam em conformidade com a legislação do CONAMA. A espectrometria de fluorescência de raios X identificou a presença majoritária de ferro e menores quantidades de fósforo e enxofre, caracterizando o  $MP_{10}$  como resultado da ressuspensão de solo, emissão veicular e emissões do setor industrial. No estudo de toxicidade verificou-se que o  $MP_{10}$  não inibiu o desenvolvimento de culturas bacterianas.

**Palavras-chave:** *Poluição atmosférica;  $MP_{10}$ ; EFX-ED; Toxicidade de  $MP_{10}$*

This work presents concentration variation, characterization and evaluation of in vitro toxicity of  $PM_{10} \mu m$  particulate material ( $PM_{10}$ ) collected at two sites in the urban area of Catalão-GO. Sampling was carried out during the period from 08/05/17 to 03/28/18.  $PM_{10}$  concentration measurement were in accordance with CONAMA legislation. X-ray fluorescence spectrometry identifies the mainly presence of iron and small amount phosphorus and sulfur, characteristic the  $PM_{10}$  as a result of soil re-suspension, vehicular emission and emissions from industrial sources. The toxicity study using  $PM_{10}$  as hazards particles did not show the inhibit bacterial growth.

**Keywords:** *air pollution;  $MP_{10}$ ; XRF-EDX;  $MP_{10}$  Toxicity*

## Introdução

Com o crescimento industrial, evolução tecnológica e o aumento populacional, estudos visando à avaliação da contribuição para a degradação do meio ambiente, riscos à saúde e a qualidade de vida das pessoas, causados pela poluição do ar tem tido um grande aumento<sup>1-3</sup>. Os principais poluentes do ar são os materiais particulados (MP), metais, O<sub>3</sub>, CO, SO<sub>x</sub>, H<sub>2</sub>S, gases ácidos (HF, HCl), NO<sub>x</sub>, compostos orgânicos voláteis, solventes, pesticidas, metano, bioaerossóis e radionuclídeos<sup>4-5</sup>.

O MP diz respeito às partículas sólidas ou líquidas em suspensão, na forma de neblina, aerossol, fuligem, entre outros, onde partículas que possuem diâmetro aerodinâmico igual ou menor que 10 µm são denominados MP<sub>10</sub> ou partículas inaláveis grossas. Sua morfologia (tamanho/forma), composição química e origens se apresentam das formas mais variáveis. No entanto, trata-se de uma mistura complexa de substâncias orgânicas e inorgânicas, tais como: SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e H<sup>+</sup>, fuligem, cinzas, partículas do solo, pólen e uma variedade de metais sob a forma de metais traço como, por exemplo, Pb, Hg, V, Cd, Cr e etc., e elementos da crosta, tais como Fe, Ca, Si e Al<sup>6-8</sup>. Sendo importante ressaltar que sua composição varia de acordo com a localização e o clima. Contudo, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) regulamentou, em 28 de junho de 1990, um limite de concentração média em 24 horas de 150 µg.m<sup>-3</sup>, regulamentação esta que foi revogada em novembro de 2018 e modificada para 120 µg.m<sup>-3</sup>.

Estudos epidemiológicos indicam que o MP suspenso na atmosfera está associado a riscos à saúde pública, como o aumento da incidência de doenças respiratórias, cardiovasculares, neurológicas e câncer, especialmente em crianças e idosos<sup>9-13</sup>. Partículas suspensas no ar atmosférico, principalmente as de menor tamanho, podem ser inaladas até os alvéolos das vias inferiores dos pulmões, causando uma série de problemas, uma vez que essas partículas contêm metais que podem ser responsáveis por inúmeros efeitos à saúde e ao meio ambiente<sup>14</sup>. Estas partículas podem ser provenientes de diferentes fontes, como emissões

veiculares, atividades industriais, processos de combustão, poeira mineral e etc.<sup>15-17</sup>.

Além dos perigos que a fração inorgânica do MP pode causar a saúde, deve-se atentar também para a fração orgânica destas partículas, onde podem estar presentes microrganismos<sup>18-19</sup>. Esses bioaerossóis, que são fungos, vírus, bactérias, esporos e pólen, tendem a se unir na fração mais grossa do MP, podendo também ser encontrados na fração fina devido ao mecanismo de reação entre os agentes biológicos e o MP, uma vez que as partículas de origem biológica podem corresponder de 22% a 30% do particulado total e 5 a 10% do material ressuspenso<sup>20-21</sup>.

Diante da problemática descrita, é evidente a importância do monitoramento do MP inalável. Portanto, esta comunicação, objetiva o estudo da concentração, caracterização e toxicidade do MP<sub>10</sub>, bem como a investigação de possíveis fontes emissoras, na cidade de Catalão – GO, localizada no sudeste de Goiás, divisa com o estado de Minas Gerais.

## Materiais e Métodos

### LOCAL DE AMOSTRAGEM

As amostragens foram realizadas no município de Catalão – GO, localizado na região sudeste do estado. Das 60 amostras estudadas, 30 foram amostradas no *campus* I da Universidade Federal de Catalão (UFCat/UFG) e as outras 30 amostragens foram realizadas no centro da cidade, localizado a 2,3 Km do *campus* universitário.

### AMOSTRAGEM

As amostragens foram realizadas de seis em seis dias, em filtros de fibra de vidro da marca Whatman, no período compreendido entre os dias 05/08/2017 a 28/03/2018 com exposição do amostrador de grande volume por 24 horas em cada amostragem, seguindo a metodologia estabelecida pela Norma ABNT-NBR (ABNT, 1997). A partir do volume de ar amostrado, e da massa amostrada, suas concentrações foram determinadas.

## ANÁLISE ELEMENTAR

A análise da composição inorgânica do  $MP_{10}$  foi realizada utilizando um Espectrômetro de Fluorescência de Raio – X por Energia Dispersiva (EFX-ED 7000, Shimadzu).

Este equipamento identifica elementos com número atômico maior ou igual a 11 e menor ou igual a 92, ou seja, sua faixa de identificação compreende os elementos entre o sódio (Na) e o urânio (U). As amostras de filtro com  $MP_{10}$  depositado foram analisadas diretamente, sem a necessidade de tratamento prévio da amostra. O método programado utilizou os canais Na-Sc, para identificação de elementos leves, e Al-U para os mais pesados, vácuo (para ajudar na identificação de elementos mais leves e em menores quantidades), colimador de 5 mm e um tempo total de 7 minutos para cada análise.

## TESTES DE TOXICIDADE

O estudo citotóxico do  $MP_{10}$  foi realizado através do teste de antibiograma adaptado para amostras de filtros. Com um perfurador, foram confeccionados discos de 6 mm dos filtros de  $MP_{10}$  (amostras e branco) que, em seguida, foram colocados em frascos. Diluiu-se 7,6 g de Ágar (Mueller Hinton) em 200 mL de água destilada para o preparo do meio de cultura. Foram levados para autoclave os frascos contendo os filtros, o meio de cultura e as placas de Petri, durante 15 minutos e a 127 °C com a finalidade de esterilizar. Após esterilização foram colocados cerca de 20 mL de Ágar em cada placa de Petri e assim que o meio de cultura adquiriu consistência, realizou-se a inoculação das bactérias. Os discos foram colocados sob a superfície do meio de cultura e levados a estufa por 24 horas a 37°C. As bactérias escolhidas foram *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Pseudomonas aeruginosa*.

Foram realizados testes com os filtros sem a esterilização e inoculação das bactérias, a fim de avaliar a presença de microrganismos no  $MP_{10}$ .

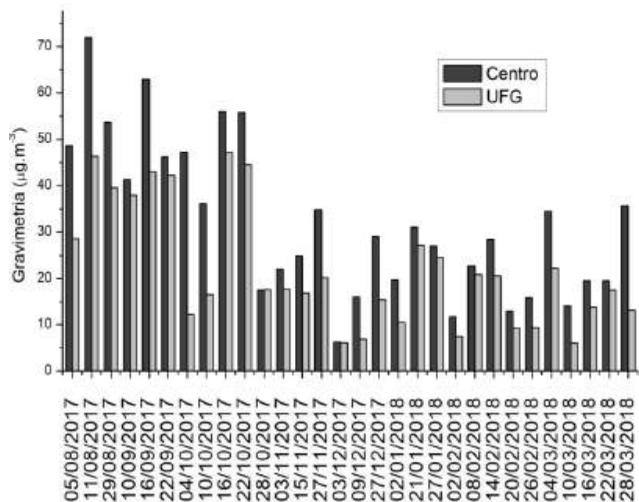
Além disto, foram realizados estudos com microdiluição em caldo, onde foram pesados 0,1 g dos filtros coletados no Centro, UFCat/UFG e dos filtros em branco, e colocados em tubo de plástico. Em seguida, foram adicionados 10 mL

de água deionizada nos tubos e estes levados em ultrassom (ELMASONIC E 30H) por 10 minutos. Logo após retirou-se o filtro, sobrando assim, a solução de filtro. O meio de cultura foi preparado com 21 g de caldo (Mueller Hinton) em 1 L de água. Em uma placa Elisa foram colocados 20  $\mu$ L de inóculo (*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Pseudomonas aeruginosa*), em seguida, foram adicionados 100  $\mu$ L da amostra (solução dos filtros) e 100  $\mu$ L de meio de cultura. Para o controle positivo utilizou-se 200  $\mu$ L de meio de cultura com 20  $\mu$ L de inóculo e, para o controle negativo, foram utilizados 220  $\mu$ L de meio de cultura. Nas amostras sem a presença do inóculo foram colocados 120  $\mu$ L de meio de cultura com 100  $\mu$ L da solução do filtro.

## Resultados e Discussão

### ANÁLISE GRAVIMÉTRICA - CONCENTRAÇÕES DE $MP_{10}$

Diante dos resultados obtidos nos dois sítios amostrados (Figura 1), observa-se que não houve extrapolção do limite regulamentado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de 150  $\mu$ g.m<sup>-3</sup>, em vigência naquele período.



**Figura 1.** Concentrações de  $MP_{10}$  nos dois pontos de coleta da cidade de Catalão no período de agosto de 2017 a março de 2018.

Na análise gravimétrica comparativa é observado que as concentrações das amostras coletadas no centro da cidade se mantêm maiores que aquelas amostradas nas dependências da UFCat/UFG. Assim foi confeccionado um diagrama de caixa (boxplot da Figura 2), onde evidencia-se, de forma mais clara, a obtenção de concentrações de  $MP_{10}$  maiores no centro.

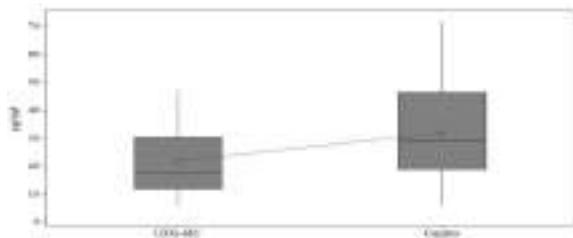


Figura 2. Boxplot das concentrações de  $MP_{10}$  da UFCat/UFG e Centro

O amostrador do centro está localizado ao lado de um semáforo em uma das avenidas com maior fluxo veicular da cidade, enquanto o amostrador da UFCat/UFG está em uma região com menor fluxo veicular. Portanto a maior quantidade de  $MP_{10}$  no centro é atribuível a emissões veiculares<sup>22-23</sup>, o que pode ser notado também pela coloração mais escura do filtro amostrado (Figura 3) indicando a maior presença de fumaça (FMC), não analisada neste estudo. São notadas no diagrama que as concentrações também variaram mais nas amostras coletadas no centro do que aquelas coletadas na UFCat/UFG. Tal fato está ligado às amostragens em domingos e/ou feriados, onde é mais perceptível uma diminuição da concentração de  $MP_{10}$ , decorrente da queda de fluxo veicular, no centro da cidade.

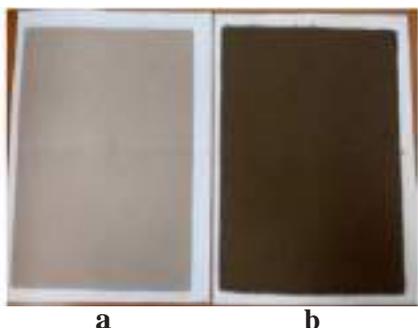


Figura 3. Filtros amostrados na UFCat/UFG (a) e centro (b).

Na Figura 4 são apresentadas as concentrações de  $MP_{10}$  em função da pluviosidade nos dias de amostragem. Parâmetro este que colabora com a diminuição da concentração de  $MP_{10}$ , já que a pluviosidade favorece a depuração da atmosfera promovendo a remoção das partículas suspensas por deposição úmida<sup>24</sup>. Observa-se que conforme se inicia o período chuvoso, a concentração de  $MP_{10}$  decresce, permanecendo baixa por todo o período, sendo observado inclusive que nos dias com precipitações mais elevadas, tais como o dia 28/10/2017, a diminuição da concentração de material particulado torna-se ainda mais acentuada.

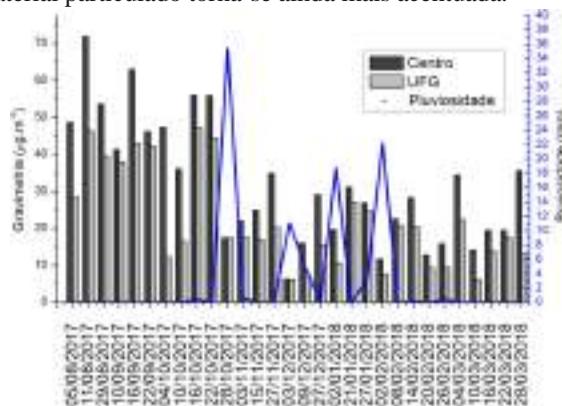


Figura 4. Concentrações de  $MP_{10}$  nos dois pontos de coleta da cidade de Catalão no período de agosto de 2017 a março de 2018 em função da pluviosidade.

No que se diz respeito à avaliação de fontes emissoras de poluentes, um fator importante para a determinação das mesmas, é a direção dos ventos. A Tabela 1 apresenta as direções dos ventos observadas nos dias amostrados, onde é visto que em 40% das amostragens, os ventos se apresentaram majoritariamente na direção nordeste (NE), sendo que neste sentido foram obtidos os maiores valores de concentração de  $MP_{10}$  no período amostrado, uma média de  $42,14 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  no centro e  $30,20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  na UFCat/UFG, enquanto a média de concentração nas demais direções, dos respectivos pontos, foi de  $24,70 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  e  $16,43 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Tal observação permite associar que maiores concentrações de  $MP_{10}$  na cidade de Catalão – GO estão associadas a emissões fugitivas advindas da região nordeste da cidade, onde se localiza um dos complexos industriais do município.

**Tabela 1.** Rosa dos ventos nos dias de amostragem para cada mês.

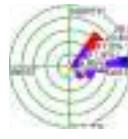
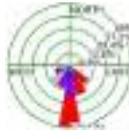
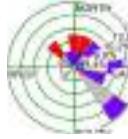
Agosto/2017				Velocidade do vento (m/s)		
Rosa dos Ventos				<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: cyan; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> &gt;= 11,10</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: green; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 8,80 - 11,10</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: blue; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 5,70 - 8,80</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: red; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 3,60 - 5,70</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: purple; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 2,10 - 3,60</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: lightgrey; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 0,50 - 2,10</li> </ul>		
Data de Amostragem	05/08/17	11/08/17	29/08/17			
Concentração Centro	48,62 µg/m <sup>3</sup>	71,87 µg/m <sup>3</sup>	53,66 µg/m <sup>3</sup>			
Concentração UFCat/UFG	28,51 µg/m <sup>3</sup>	46,29 µg/m <sup>3</sup>	36,59 µg/m <sup>3</sup>			
Setembro/2017				Velocidade do vento (m/s)		
Rosa dos Ventos				<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: cyan; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> &gt;= 11,10</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: green; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 8,80 - 11,10</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: blue; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 5,70 - 8,80</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: red; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 3,60 - 5,70</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: purple; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 2,10 - 3,60</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: lightgrey; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 0,50 - 2,10</li> </ul>		
Data de Amostragem	10/09/17	16/09/17	22/09/17			
Concentração Centro	41,31 µg/m <sup>3</sup>	62,93 µg/m <sup>3</sup>	46,22 µg/m <sup>3</sup>			
Concentração UFCat/UFG	37,89 µg/m <sup>3</sup>	43,06 µg/m <sup>3</sup>	42,21 µg/m <sup>3</sup>			
Outubro/2017					Velocidade do vento (m/s)	
Rosa dos Ventos						<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: cyan; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> &gt;= 11,10</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: green; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 8,80 - 11,10</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: blue; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 5,70 - 8,80</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: red; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 3,60 - 5,70</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: purple; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 2,10 - 3,60</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: lightgrey; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 0,50 - 2,10</li> </ul>
Data de Amostragem	04/10/17	10/10/17	16/10/17	22/10/17	28/10/17	
Concentração Centro	47,25 µg/m <sup>3</sup>	36,12 µg/m <sup>3</sup>	56,03 µg/m <sup>3</sup>	55,85 µg/m <sup>3</sup>	17,44 µg/m <sup>3</sup>	
Concentração UFCat/UFG	12,27 µg/m <sup>3</sup>	16,58 µg/m <sup>3</sup>	47,17 µg/m <sup>3</sup>	44,55 µg/m <sup>3</sup>	17,52 µg/m <sup>3</sup>	
Novembro/2017				Velocidade do vento (m/s)		
Rosa dos Ventos				<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: cyan; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> &gt;= 11,10</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: green; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 8,80 - 11,10</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: blue; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 5,70 - 8,80</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: red; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 3,60 - 5,70</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: purple; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 2,10 - 3,60</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: lightgrey; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 0,50 - 2,10</li> </ul>		
Data de Amostragem	03/11/17	15/11/17	27/11/17			
Concentração Centro	22,00 µg/m <sup>3</sup>	24,88 µg/m <sup>3</sup>	34,84 µg/m <sup>3</sup>			
Concentração UFCat/UFG	17,65 µg/m <sup>3</sup>	16,82 µg/m <sup>3</sup>	20,19 µg/m <sup>3</sup>			

Tabela 1. Rosa dos ventos nos dias de amostragem para cada mês. — Continuação

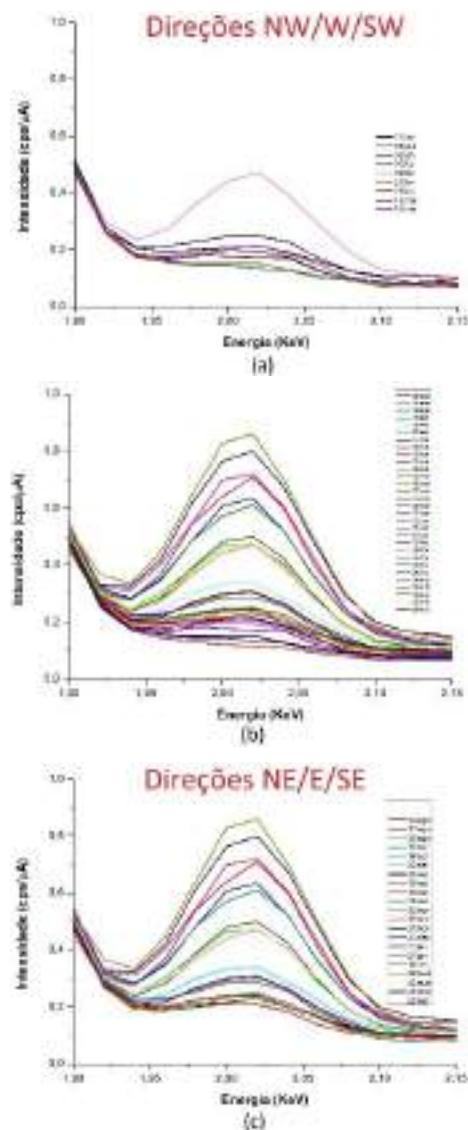
Dezembro/2017					Velocidade do vento (m/s)	
Rosa dos Ventos					<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: cyan; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> <math>\geq 11,10</math></li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: green; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 8,80 - 11,10</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: blue; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 5,70 - 8,80</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: red; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 3,60 - 5,70</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: purple; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 2,10 - 3,60</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: lightgreen; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 0,50 - 2,10</li> </ul>	
Data de Amostragem	03/12/17	09/12/17	27/12/17			
Concentração Centro	6,29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	16,01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	29,11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
Concentração UFCat/UFG	6,12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	6,94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	15,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
Janeiro/2018					Velocidade do vento (m/s)	
Rosa dos Ventos					<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: cyan; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> <math>\geq 11,10</math></li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: green; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 8,80 - 11,10</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: blue; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 5,70 - 8,80</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: red; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 3,60 - 5,70</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: purple; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 2,10 - 3,60</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: lightgreen; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 0,50 - 2,10</li> </ul>	
Data de Amostragem	02/01/18	21/01/18	27/01/18			
Concentração Centro	19,69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	31,06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	26,91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
Concentração UFCat/UFG	10,49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	27,13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24,57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
Fevereiro/ 2018					Velocidade do vento (m/s)	
Rosa dos Ventos						<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: cyan; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> <math>\geq 11,10</math></li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: green; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 8,80 - 11,10</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: blue; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 5,70 - 8,80</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: red; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 3,60 - 5,70</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: purple; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 2,10 - 3,60</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: lightgreen; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 0,50 - 2,10</li> </ul>
Data de Amostragem	02/02/18	08/02/18	14/02/18	20/02/18	26/02/18	
Concentração Centro	11,71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	22,62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	28,33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	12,84 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	15,85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Concentração UFCat/UFG	7,46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20,85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20,56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	9,26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	9,41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Março/ 2018					Velocidade do vento (m/s)	
Rosa dos Ventos						<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: cyan; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> <math>\geq 11,10</math></li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: green; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 8,80 - 11,10</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: blue; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 5,70 - 8,80</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: red; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 3,60 - 5,70</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: purple; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 2,10 - 3,60</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: lightgreen; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 0,50 - 2,10</li> </ul>
Data de Amostragem	04/03/18	10/03/18	16/03/18	22/03/18	28/03/18	
Concentração Centro	22,35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	14,10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	19,49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	19,52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	35,48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Concentração UFCat/UFG	22,23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	6,07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	13,76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	17,49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	13,07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	

## ANÁLISE EMENTAR DO MP<sub>10</sub>

Os resultados da análise elementar por espectrometria de fluorescência de raios X por energia dispersiva (EFX-ED) evidenciam a presença de elementos comuns de ressuspensão de solo, como ferro (Fe), silício (Si), cálcio (Ca) e outros. Além disso, ressalta-se que a técnica foi eficiente também na identificação daqueles elementos com menor intensidade de energia, consequentemente presentes em menor quantidade nas amostras analisadas. A região estudada, apresenta um complexo de extração e beneficiamento de rocha fosfática para obtenção de fertilizantes fosfatados. Assim, o complexo industrial dispõe de grande infraestrutura tanto para operações unitárias quanto para processos químicos, gerando emissões fugitivas. Estas podem ser estudadas pela dispersão através dos ventos, direções e velocidades. O elemento fósforo (P) foi identificado em todos os filtros amostrados. Associado a direção dos ventos foi possível indicar a possível fonte emissora através do fósforo presente no MP<sub>10</sub>. A interpretação dos resultados se voltou à presença deste elemento nas amostragens realizadas no *campus* da UFCat/UFG. No local há uma estação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), onde há o monitoramento diário de parâmetros climatológicos, como direção e velocidade dos ventos, humidade, pressão atmosférica, etc.

Foi notado que as intensidades do fósforo em cada amostra se comportam de maneira independente à concentração de MP<sub>10</sub> no filtro, ou seja, não é evidenciada uma relação entre a concentração do MP<sub>10</sub> e a intensidade de fósforo na amostra. Utilizando as energias de identificação para o fósforo (P) através do EFX-ED, associadas com a direção dos ventos conforme disposto na Figura 5, observa-se que conforme a orientação da direção dos ventos, proveniente das direções nordeste, leste e sudeste (NE/E/SE) (c) em relação ao sítio de amostragem, há um aumento significativo das intensidades, diferentemente quando os ventos são proveniente das direções opostas, ou seja, noroeste, oeste e sudoeste (NO/O/SO) (a) do município.

Portanto este resultado aponta uma maior contribuição de emissões fugitivas agregadas ao MP<sub>10</sub> de origem do distrito industrial localizado a leste da cidade.



**Figura 5.** Desmembramento das intensidades (cps/μA) de fósforo (EFX-EDX). (b) Todo o período amostrado. (a) amostras com ventos provenientes NW/W/SW. (b) amostras com ventos provenientes NE/E/SE.

## TOXICIDADE DO MP<sub>10</sub>

Foi realizado o estudo com bactérias indicadoras de contaminação ambiental<sup>25</sup>, sendo assim, a *Staphylococcus aureus* possui contaminação aerógena e seu mecanismo

de transmissão está nos aerossóis e na poeira e como risco para o ser humano possui o mecanismo de penetração no hospedeiro da inalação podendo ser patógeno de pneumonia, furúnculo dentre outras<sup>25</sup>. A *Escherichia coli* é um microrganismo patogênico que atua em infecções do trato urinário e pode ser usado como organismo indicador de contaminação em água, seu principal mecanismo de penetração no hospedeiro é através da ingestão, já a *Pseudomonas aeruginosa* causa infecção respiratória, seu mecanismo de transmissão é o solo contaminado e o mecanismo de penetração no hospedeiro é através da pele.

Os filtros foram esterilizados com a finalidade de entender se os metais presentes nestes, influenciam no crescimento dos microrganismos inoculados. As Figuras 6 e 7 ilustram o resultado após o tempo de incubação para amostras coletadas em ambos os locais de amostragem, e, como observado, não houve inibição do crescimento bacteriano

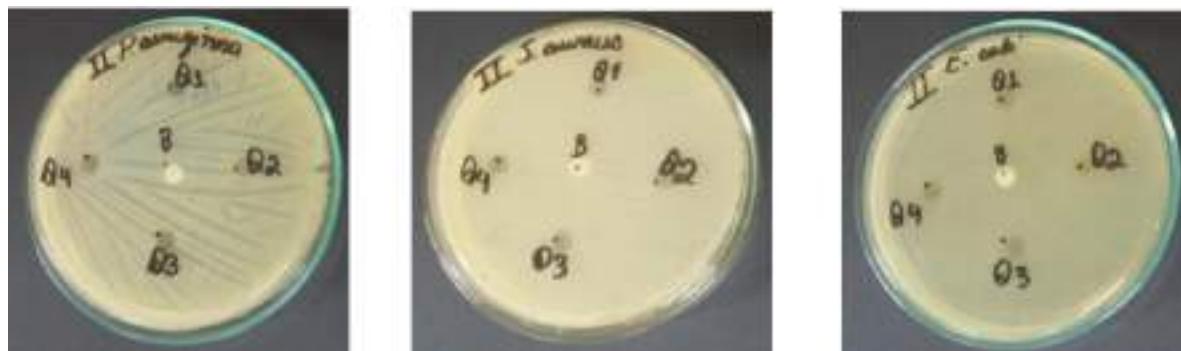
por parte dos elementos inorgânicos presentes nos filtros, conforme apresentado na análise de composição elementar.

O material presente nos filtros não foi maléfico às bactérias, ou seja, não foi tóxico, tendo em vista que não houve a interferência no halo de inibição do crescimento bacteriano formado ao redor do filtro, conforme Tabela 2. Sendo assim, os microrganismos não foram sensíveis ao material presente no filtro, ou a quantidade e/ou concentração de material presente no filtro foi pequena para trazer malefícios aos microrganismos. No filtro que não foi levado para esterilização houve o crescimento de microrganismos, notado na Figura 8, concluindo-se que estes estão presentes no ar atmosférico para ambos os locais de amostragem.

Foi realizado também o estudo da solução extraída do filtro. De acordo com a Figura 9, houve o crescimento em todos os poços, em exceção daquele que possui somente o controle negativo (meio de cultura).



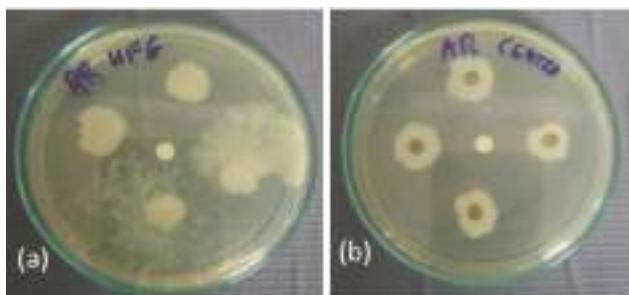
**Figura 6.** Placas de Petri após crescimento das bactérias (UFCat/UFG). Onde a letra B é referente ao filtro em branco e os números 1, 2, 3 e 4 referem-se aos quadrantes do filtro



**Figura 7.** Placas de Petri após crescimento das bactérias (Centro). Onde a letra B é referente ao filtro em branco e os números 1, 2, 3 e 4 referem-se aos quadrantes do filtro

**Tabela 2.** Descreve e classifica o teste de toxicidade da amostra.

Índice de Zona	Descrição	Classificação
0	Nenhuma zona sob ao redor da amostra	Nenhuma
1	Zona entre 0,1 - 0,2 cm ao redor da amostra	Fraca
2	Zona entre 0,3 - 0,4 cm ao redor da amostra	Leve
3	Zona entre 0,5 - 1,0 cm ao redor da amostra	Moderada
4	Zona maior 1,0 cm ao redor da amostra	Severa



**Figura 8.** Placa de petri sem esterilização dos filtros. (a) UFCat/UF G e (b) Centro.



**Figura 9.** Teste na placa de Elisa com o resultado após inoculação.

Nos filtros amostrados na UFCat/UF G e Centro não houve inibição do crescimento dos microrganismos, contudo, a fração solúvel do filtro, ou seja, possíveis metais solúveis em água, também não foram prejudiciais aos

microrganismos ali presentes, pois não houve a inibição de seu crescimento. Nos poços onde havia somente a solução do filtro e o meio de cultura houve o crescimento, indicando que nos filtros há a presença de microrganismos. De acordo com os resultados observa-se que os microrganismos podem se associar ao MP, porém, nos testes realizados eles não foram prejudiciais (tóxicos) aos microrganismos em estudo (*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Pseudomonas aeruginosa*). Entretanto, a presença de microrganismos nos filtros pode ser prejudicial aos seres humanos, pois podem ser inalados juntamente com o MP<sub>10</sub> pelo fato de estarem associados<sup>26</sup>.

## Conclusão

No estudo da variação da concentração do MP<sub>10</sub> na cidade de Catalão associado à variação da direção dos ventos nos dias de amostragens, foi perceptível a influência que a região leste/nordeste/sudeste da cidade promove nos níveis de concentração e composição no MP<sub>10</sub> coletados nos filtros.

A partir da análise comparativa entre o crescimento bacteriano nos filtros, pode-se afirmar que os microrganismos estão presentes no MP<sub>10</sub>. Além disso, tendo sido observado o crescimento bacteriano nos filtros não esterilizados conclui-se que os elementos inorgânicos presentes no MP<sub>10</sub> não oferecem toxicidade às bactérias avaliadas.

De modo geral o estudo proporcionou demonstrar uma metodologia sem necessidade de preparo de amostra e/ou equipamentos científicos modernos, evidenciando respostas em curto período de tempo para análises pontuais. Sendo assim, um bom exemplo para auxiliar na identificação de fontes de emissão fugitivas e no desenvolvimento de estratégias ao combate da poluição ambiental.

## Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Catalão (SEMMAC), Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente (CONDEMA), Ministério Público do Estado de Goiás (MPGO), Prefeitura Municipal de Catalão e o Prof. Dr. Geraldo Sadoyama Leal

(Unidade Acadêmica de Biotecnologia UFCat/UFG) pela supervisão na condução dos experimentos de toxicidade durante o desenvolvimento da Dissertação de Mestrado da Srta Nara Line da Silva Sousa.

## Referências

1. Queiroz, P. G. M.; Jacomino, V. M. F.; Menezes, M. A. B.; Composição elementar do material particulado presente no aerossol atmosférico do município de Sete Lagoas, Minas Gerais. *Química Nova*, 2007, 30, 1233.
2. Kim, K. H.; Jahan, S. A.; Kabir, E. A review on human health perspective of air pollution with respect to allergies and asthma. *Environment International*, 2013, 59, 41.
3. Padula, A.; Yang, W.; Lurmann, F.; Balmes, J.; Hammond, S.; Shaw, G.; Prenatal exposure to air pollution, maternal diabetes and preterm birth, *Environmental Research*, 2019, 170, 160.
4. Binaku, K.; O'Brien, T.; Schmeling, M.; Fosco, T.; Statistical analysis of aerosol species, trace gasses, and meteorology in Chicago, *Environmental Monitoring and Assessment*, 2013, 185, 7295.
5. Almeida-Silva, M.; Canha, N.; Freitas, M. C.; Dung, H. M.; Dionísio, I.; Air pollution at an urban traffic tunnel in Lisbon, Portugal-an INNA study. *Applied Radiation and Isotopes*, 2011, 69, 1586.
6. Marloes, E.; Gerard, H.; Olena, G. Molter, A.; Agius, Raymond.; Beelen, R.; Brunekreef, B.; Custovic, A.; Cyrys, J.; Fuertes, E.; Heinrich, J. Hoffmann, B.; Hoogh, K.; Jedynska, A.; Keuken, M.; Klumper, C.; Kooter, I.; Kramer, U.; Korek, M.; Koppelman, G. H.; Kuhlbusch, T. A. J.; Simpson, A.; Smit, H.A.; Tsai, M.; Wang, M.; Wolf, K.; Pershagen, G.; Gehring, U.; Elemental Composition of Particulate Matter and the Association with Lung Function. *Empidemiology*, 2014, 25, 648.
7. Baird, C.; *Química Ambiental*, Bookman: Porto Alegre, 2002.
8. Ruckerl, R.; Schneider, A.; Breitner, S.; et. al. Health effects of particulate air pollution: A review of epidemiological evidence. *Inhal Toxicol*, 2011, 23, 555.
9. Gavnier S, Nascimento L. Particulate matter and hospital admissions due to ischemic heart disease in Sorocaba, SP. *Rev. Ambient. Água*. 2014, 8, 228.
10. Nascimento, L. Air pollution and cardiovascular hospital admissions in a medium-sized city in São Paulo State, Brazil. *Braz J Med Biol Res*. 2011, 44, 720.
11. Machin, A.; Nascimento L. Effects of exposure to air pollutants on children's health in Cuiabá, Mato Grosso State, Brazil. *Cad Saúde Pública* [online], 2018, 34.
12. Liu, H.; Dunea, D.; Iordache, S.; Pohoata, A. A Review of Airborne Particulate Matter Effects on Young Children's Respiratory Symptoms and Diseases. *Atmosphere*, 2018, 9, 150.
13. Grineski, S.; Collins, T.; Morales, D.; Asian Americans and disproportionate exposure to carcinogenic hazardous air pollutants: A national study, *Social Science e Medicine*, 2017, 185, 71.
14. Mutlu, E.; Comba, I.; Cho, T.; Engen, P.; Yazici, C.; Soberanes, S.; Hamanaka, R.; Nigdelioglu, R.; Meliton, A.; Ghio, A.; Budinger, S.; Mutlu, G.; Inhalational exposure to particulate matter air pollution alters the composition of the gut microbiome, *Environmental Pollution*, 2018, 240, 817.
15. Shah, M.; Shaheen-Nazir, R. Assessment of the trace elements level in urban atmospheric particulate matter and source apportionment Islamabad, Pakistan. *Atmospheric Pollution Research*, 2012, 3, 39.
16. Vellingiri, K.; Kim, K.; Ma, C.; Kang, C.; Lee, J.; Kim, I.; Brown, R.; Ambient particulate matter in a central urban area of Seoul, Korea. *Chemosphere*, 2015, 119, 812.
17. Hassan, H.; Kumar, P.; Kakosimos, K.; Flux estimation of fugitive particulate matter emissions from loose Calcsols at construction sites, *Atmospheric Environment*, 2016, 141, 96.
18. Caixeta, D.; Silva T.; Santana, F.; Almeida, W.; Quality monitoring indoor air of a school of public network located in the city of Cuiabá-MT. *Engineering and Science*, 2016, 1, 20.
19. Smets, W.; Moretti, S.; Denys, S. Airborne bacteria in the atmosphere: Presence, purpose, and potential. *Atmospheric Environment*, 2016, 139, 214.
20. Maki, T.; Hara, K.; Kobayashi, F. et al. Vertical distribution of airborne bacterial communities in an Asian-dust downwind area, Noto Peninsula. *Atmospheric Environment*, 2015, 119, 282.
21. Maki, T.; Kakikawa, M.; Kobayashi, F.; Yamada, M.; Atsushi, M.; Hasegawa, H.; Iwasaka, Y.; Assessment of composition and origin of airborne bacteria in the free troposphere over Japan. *Atmospheric Environment*, 2013, 74, 73.
22. Pereira, P.; Lopes, W.; Carvalho, L.; Rocha, G.; Bahia, N.; Loyola, J.; Quiterio, S.; Escaleira, V.; Arbillá, G.; Andrade, J.; Atmospheric concentrations and dry deposition fluxes of particulate trace metals in Salvador, Bahia, Brazil, *Atmospheric Environment*, 2007, 41, 7837.
23. Romualdo, L.; Santos, R.; Lima, F.; Andrade, L.; Ferreira, I.; Pozza, S.; Environmental Impact Monitoring of a Minerero-Chemical Complex in Catalão Urban Area of PTS, PM10 and PM2.5 by EDX Characterization, *Chemical Engineering transactions*, 2015, 43, 1909.
24. Sousa, N.; Análise físico-química e toxicidade do material particulado (MP10) no ar atmosférico em Catalão – GO, *Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Universidade Federal de Goiás, Catalão*, 2018, 87.
25. SILVA, A. C. N.; BERNARDES, R. S.; MORAES, L. R. S.; DOS REIS, J. D. P. "Critérios adotados para seleção de indicadores de contaminação ambiental relacionados aos resíduos sólidos de serviços de saúde: uma proposta de avaliação". *Cad. Saúde Pública*, 18:1401-1409, 2002.

26. Morris, A.; Beck, J.; Schloss, P.; Campbell, T.; Crothers, K.; Curtis, J.; Flores, S.; Fontenot, A.; Ghedin, E.; Huang, L.; Jabloski, K.; Klerup, E.; Lynch, S.; Sodergreen, E.; Twigg, H.; Young, V.; Bassis, C.; Venkataraman, A.; Schmidt, T.; Weinstock, G.; Comparison of the respiratory microbiome in healthy nonsmokers and smokers, *American Journal Respiratory and Critical Care Medicine*, 2013, 15, 1067.
- 

## **Marcos E. G. do Carmo, Fernanda C. da C. Kunizaki, Nara L. da S. Sousa & Lincoln L. Romualdo\***

Programas de Pós Graduação em Ciências Exatas e Tecnológica e Mestrado em Química da Universidade Federal Catalão/ Universidade Federal de Goiás – UFCat/UFG

\*E-mail: lincolnromualdo@ufg.br

