

Material particulado (MP_{2,5}) amostrado em Ponta Grossa/PR

Lucas Vinicius da Silva (Universidade Tecnológica Federal do Paraná) lucasvs@outlook.com.br

Leonardo Castro de Melo (Universidade Federal do Paraná) leeoo.pg@gmail.com

Ricardo Henrique Moreton Godoi (Universidade Federal do Paraná) rhmgodoi@ufpr.br

Thiago Antonini Alves (Universidade Tecnológica Federal do Paraná) thiagooalves@utfpr.edu.br

Yara de Souza Tadano (Universidade Tecnológica Federal do Paraná) yaratadano@utfpr.edu.br

Resumo:

Atualmente, a preocupação com a qualidade do ar tem aumentado, e um dos poluentes que mais gera danos à saúde humana é o material particulado de diâmetro aerodinâmico menor ou igual a 2,5µm (MP_{2,5}), devido ao seu tamanho microscópico, que pode levá-lo a penetrar os alvéolos pulmonares e posteriormente a corrente sanguínea, gerando assim doenças respiratórias e cardiovasculares, podendo até causar a morte. Devido à falta de recursos, o número de estações de monitoramento da qualidade do ar no Brasil é limitado. Desta forma, o objetivo desta pesquisa foi realizar o monitoramento da concentração de MP_{2,5} na quarta cidade mais populosa do estado do Paraná - Ponta Grossa. As amostragens foram realizadas de 01 de outubro de 2016 até 31 de março de 2018 na região central da cidade. A média da concentração de MP_{2,5} foi de 11µg/m³, portanto abaixo do limite estabelecido pela Organização Mundial da Saúde (OMS) de 25µg/m³. Comparando com a literatura, conclui-se que a poluição por material particulado na cidade de Ponta Grossa/PR é baixa. Analisando os dados de MP_{2,5} com variáveis meteorológicas (temperatura, umidade relativa, precipitação, velocidade e direção do vento, radiação solar e pressão) foi possível observar que dias com altas precipitações levam a baixas concentrações de MP_{2,5}, possivelmente devido à deposição úmida do material particulado. As amostragens ainda estão sendo realizadas, com o objetivo de obter um banco de dados maior e assim, ser possível realizar análises de impacto de MP na saúde populacional.

Palavras chave: Material particulado, Impactador *Harvard*, Amostragem

Particulate Matter (PM_{2,5}) sampled at Ponta Grossa/PR

Abstract

Nowadays, the worry about air quality has increased, and the particulate matter with aerodynamic diameter less or equal 2,5µm (PM_{2,5}) is the one of the most dangerous for human health, because of its small size, which can penetrate the pulmonary alveoli and posteriorly the bloodstream, causing respiratory and cardiovascular diseases, that may lead to death. Due to the lack of resources, the number of air quality monitoring stations in Brazil is limited. Then, this research aimed to perform PM_{2,5} concentration monitoring at the fourth more populous city of Paraná state – Ponta Grossa. The samplings were accomplished from October 1st, 2016 to March 31st, 2018 at city downtown. The PM_{2,5} concentration average was 11µg/m³, beneath World Health Organization (WHO) guideline of 25µg/m³. In comparison to other studies, we conclude that particulate matter pollution at Ponta Grossa/PR city is low. Analyzing PM_{2,5} data with meteorological variables (temperature, relative humidity, precipitation, wind speed and direction, solar radiation and pressure), it was possible to observe that days with high precipitation leads to low PM_{2,5} concentrations, probably due to wet deposition of particulate matter. The samplings are still being held, aiming to obtain a bigger dataset and then, making the assessment of PM impact on population health possible.

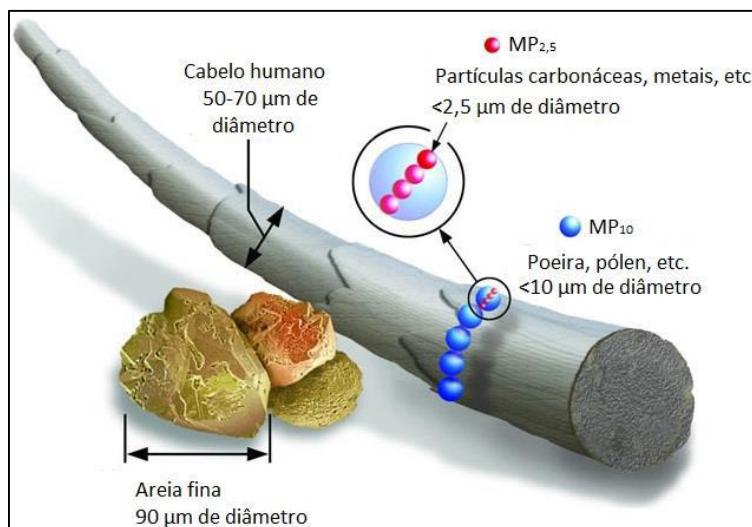
Key-words: Particulate matter, *Harvard* impactor, sampling

1. Introdução

A preocupação com a poluição atmosférica vem tomando força. A Organização Mundial da Saúde - OMS (2018) afirma que cerca de 4,2 milhões de pessoas morrem, anualmente, em consequência da exposição contínua aos poluentes, pois 91% da população mundial vive em locais em que a qualidade do ar excede os padrões estabelecidos pela OMS.

O material particulado, principalmente em sua faixa mais fina (diâmetro aerodinâmico menor ou igual a $2,5\mu\text{m}$ - $\text{MP}_{2,5}$), é um dos poluentes que mais geram danos à saúde humana. Este poluente é uma mistura de alguns componentes em diferentes fases que estão presentes no ar, cuja composição é bastante variada, pois depende da fonte de emissão (VALAVANDIS et al., 2008).

Por ser um componente muito pequeno, conforme mostrado na Figura 1 (muito menor que um fio de cabelo e um grão de areia), ele consegue chegar aos alvéolos pulmonares, órgão que realiza as trocas gasosas com a corrente sanguínea, conseguindo atingir assim, o sistema circulatório. Portanto, o material particulado $\text{MP}_{2,5}$ pode gerar doenças respiratórias e cardiovasculares e, caso a exposição ocorra em longo prazo, pode levar até à morte (GUARIEIRO E GUARIEIRO, 2013).



Fonte: Traduzido de U. S. EPA (2016)

Figura 1 – Comparação de tamanho do material particulado com um fio de cabelo e um grão de areia

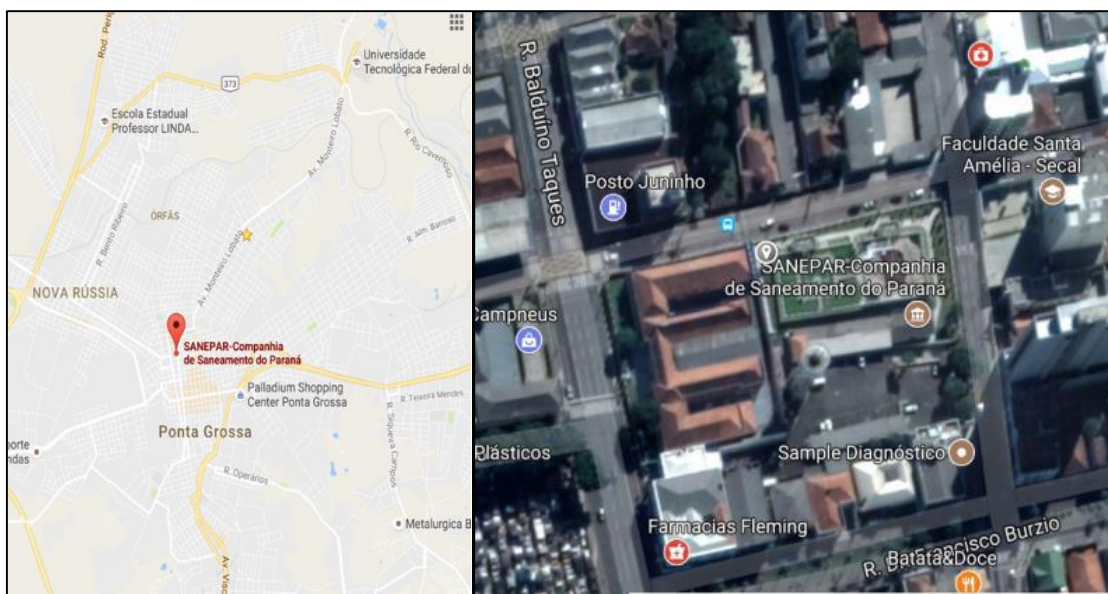
Diante dos graves impactos causados pelo $\text{MP}_{2,5}$ à saúde humana, é de suma importância monitorar sua concentração no ar. Entretanto, no Brasil, por não haver padrão de qualidade do ar para este poluente, seu monitoramento é escasso, sendo realizado pelo governo somente no estado de São Paulo.

Desta forma, o presente trabalho tem o objetivo de ampliar o conhecimento sobre material particulado $\text{MP}_{2,5}$, realizando o monitoramento de sua concentração na quarta cidade mais populosa do estado do Paraná - Ponta Grossa (IBGE, 2018). Pois, apesar de o Instituto Ambiental do Paraná (IAP) ter instalado uma estação de monitoramento da qualidade do ar em Ponta Grossa no ano de 2017, não há amostragem de $\text{MP}_{2,5}$ (NISHIDA, 2017).

2. Metodologia

A metodologia está dividida em: amostragem e o tratamento dos dados e comparação com os dados meteorológicos.

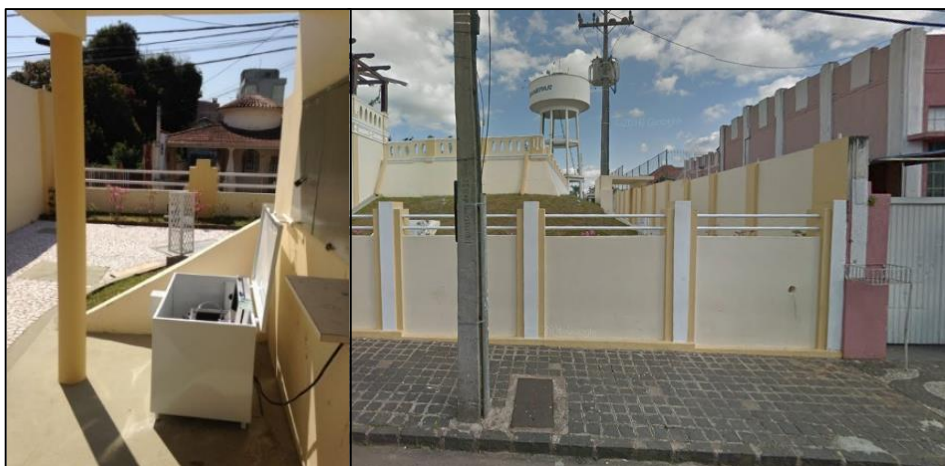
A amostragem foi realizada na Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), que se encontra na região central da cidade de Ponta Grossa. Na Figura 2 observa-se o local no entorno do local da amostragem.



Fonte: Google Maps (2017)

Figura 2 – Local da amostragem e seu entorno

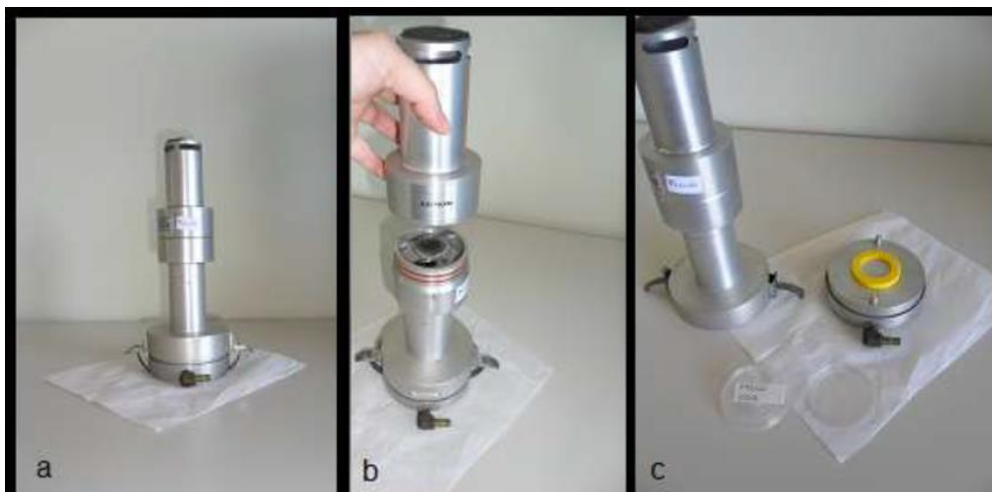
O local foi escolhido por sua proximidade a uma via bastante movimentada da cidade, a Avenida Balduino Taques e também pela disponibilidade de recursos, como energia elétrica, segurança e lugar para instalação do equipamento. O equipamento (Impactador *Harvard*) se encontra em uma gaiola de proteção e a bomba à vácuo foi instalada no interior de uma caixa metálica, para proteção, como observa-se na Figura 3, em que é possível observar que o Impactador está a uma altura de aproximadamente 2 metros em relação à rua.



Fonte: NISHIDA, 2017

Figura 3 – Local de instalação do amostrador.

A amostragem foi realizada diariamente no período de 01 de outubro de 2016 até 31 de março de 2018, durante 24 horas contínuas. O processo foi feito com auxílio do Impactador *Harvard* (Figura 4). O funcionamento deste equipamento ocorre de forma que o ar entra por cima do equipamento (Figura 4a), com auxílio da bomba à vácuo, sofre aceleração até chegar em um disco poroso (Figura 4b), no qual partículas maiores que $2,5\mu\text{m}$ ficam retidas devido à uma camada fina de óleo mineral. Logo depois, as partículas finas seguem e ficam retidas no fundo do equipamento no filtro (Figura 4c) (POLEZER, 2015).



Fonte: POLEZER, 2015

Figura 4 – Impactador *Harvard*

Os filtros utilizados na amostragem são de policarbonato da *GETM Healthcare*, e foram escolhidos por ser um material inerte e não interferir em nenhum aspecto na análise. Quando o filtro é trocado, realiza-se o preenchimento de uma ficha, que contém horário de início e de término da amostragem, identificação do filtro, número de horas de operação da bomba e observações, caso haja necessidade de reportar algum problema ocorrido na amostragem.

A análise gravimétrica é realizada com os resultados da pesagem dos filtros, antes e depois da amostragem, usando uma microbalança analítica com precisão de $0,1\mu\text{g}$ da marca Sartorius™ (Modelo: MSA2.7S-000-DF) (Figura 5), pertencente ao Laboratório de Análise e Qualidade do Ar (LabAir) localizado na Universidade Federal do Paraná na cidade de Curitiba.



Fonte: POLEZER, 2015

Figura 5 – Microbalança e caneta eliminadora de eletrostática

Para a pesagem é necessário a eliminação da eletrostática, que é feita com uma caneta específica. A balança é bastante sensível, portanto é necessário que a temperatura e a umidade relativa do ambiente de pesagem se mantenham constante em 20°C e 50%, respectivamente, com auxílio de umidificador ou desumidificador e condicionador de ar. A pesagem é realizada em triplicata e os filtros são mantidos em um dessecador nas mesmas condições da sala por pelo menos 24 horas antes da pesagem (NISHIDA, 2017).

Por fim, com os valores da massa depositada, vazão da bomba (10 L/min) e período de coleta, pode-se calcular a concentração de $\text{MP}_{2,5}$ conforme a Equação (1).

$$\text{MP}_{2,5} \left[\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} \right] = \frac{\text{Massa Depositada} [\mu\text{g}] \times 1000}{\text{Vazão} [10\text{L/min}] \times \text{Período de Coleta} [\text{min}]} \quad (1)$$

3. Resultados e discussão

Depois de obtida a concentração diária de $\text{MP}_{2,5}$, calculou-se a média mensal, o desvio padrão e o máximo e mínimo para cada mês, conforme observa-se na Tabela 1, sendo que N é o número de amostras. Observa-se que os dois primeiros meses de amostragem (outubro e novembro de 2016) tiveram as maiores médias, entretanto com um alto desvio padrão, isto ocorreu, provavelmente devido à adequação realizada para instalação do equipamento no intuito de garantir sua segurança contra roubo ou vandalismo, sendo necessário retirar toda a grama do local e replantá-la. Esse processo pode ter afetado a amostragem nos primeiros meses, já que o local próximo ao amostrador ficou sem nenhuma plantação e que, com a ação do vento, pode ter alterado as amostras. Entre os demais meses de amostragem, é possível observar que setembro de 2017 apresentou a maior média.

Mês	Média	Desvio Padrão	N	Máx.	Min.
out/16	18,86	12,52	31	64,09	8,44
nov/16	25,28	19,58	29	79,16	6,10
dez/16	13,53	5,72	27	24,83	1,32
jan/17	14,96	7,05	23	34,59	8,26
fev/17	12,56	4,18	28	27,54	5,89
mar/17	7,65	1,76	31	11,98	5,16
abr/17	7,05	2,42	29	15,35	3,29
mai/17	7,77	2,34	25	14,51	3,43
jun/17	6,72	3,23	27	13,43	1,36
jul/17	11,65	6,07	31	37,06	4,20
ago/17	11,16	6,28	31	27,13	3,59
set/17	17,68	9,13	29	46,86	1,23
out/17	6,91	4,84	31	27,45	1,94
nov/17	5,81	2,82	30	12,74	1,83
dez/17	5,83	2,82	30	12,98	2,14
jan/18	7,21	5,29	22	29,52	2,92
fev/18	5,81	3,86	27	17,26	0,93
mar/18	5,95	2,36	30	9,75	2,03

Fonte: Autoria Própria (2018).

Tabela 1 – Média, desvio padrão, máximo e mínimo mensais da amostragem

A média de todos os dias amostrados foi de $11\mu\text{g}/\text{m}^3$, abaixo do limite estabelecido pela OMS (2006) de $25\mu\text{g}/\text{m}^3$. Comparando o valor médio com outras cidades brasileiras, observou-se Curitiba/PR com $9,48\mu\text{g}/\text{m}^3$ (POLEZER, 2015); Manaus/AM com uma média de $8,8\mu\text{g}/\text{m}^3$ em estação chuvosa e $11,6\mu\text{g}/\text{m}^3$ na estação seca (BARBOSA, 2014). Comparando com outros países, observou-se $91,1\mu\text{g}/\text{m}^3$ em Agra na Índia (KULSHRESTHA et al., 2009) e $49\mu\text{g}/\text{m}^3$ em Nova Iorque nos Estados Unidos (QIN et al., 2006).

Na Tabela 2 pode-se observar os dias em que o padrão da OMS de $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ foi ultrapassado, os meses em que nenhum dia ultrapassou não foram incluídos na tabela. Diante disso, pôde-se concluir que, no geral, a qualidade do ar da cidade de Ponta Grossa/PR, referente à concentração de $\text{MP}_{2,5}$, esteve boa no período estudado, já que o número de meses que excederam o padrão da OMS foi menor do que os meses que não excederam. Além disso, somente quatro meses tiveram mais de um dia com concentração acima do padrão.

Mês/Ano	Dias que excederam
out/16	03, 19, 21, 22 e 27
nov/16	01, 02, 03, 05, 06, 07, 09, 21 e 30
jan/17	02, 03, 06 e 25
fev/17	08
ago/17	09
set/17	14, 16 e 22
out/17	18
jan/18	18

Fonte: Autoria Própria

Tabela 2 – Tabela dos dias que excederam o padrão estabelecido pela OMS

No intuito de tentar identificar uma relação entre a concentração de $MP_{2,5}$ e variáveis meteorológicas, foi construída a Tabela de correlações lineares (Tabela 3). Analisando as correlações, não foi possível encontrar uma alta correlação entre as variáveis, indicando que a concentração de $MP_{2,5}$ tem uma relação não-linear com os dados meteorológicos.

	$MP_{2,5}$	Dir. Vent.	Prec.	Rad.	T. Max.	T. Med.	T. Mín.	UR	Pressão	Vel. Vent.
$MP_{2,5}$	1,000									
Dir. Vent.	-0,058	1,000								
Prec.	-0,091	0,023	1,000							
Rad.	0,126	0,062	-0,183	1,000						
T. Max.	0,207	0,015	-0,054	0,649	1,000					
T. Med.	0,128	0,059	0,047	0,497	0,892	1,000				
T. Mín.	-0,005	0,101	0,195	0,264	0,599	0,859	1,000			
UR	-0,185	0,136	0,423	-0,416	-0,358	-0,073	0,332	1,000		
Pressão	0,046	-0,025	-0,249	-0,260	-0,411	-0,543	-0,516	-0,167	1,000	
Vel. Vent.	-0,023	-0,055	-0,034	0,025	-0,302	-0,259	-0,128	-0,020	0,198	1,000

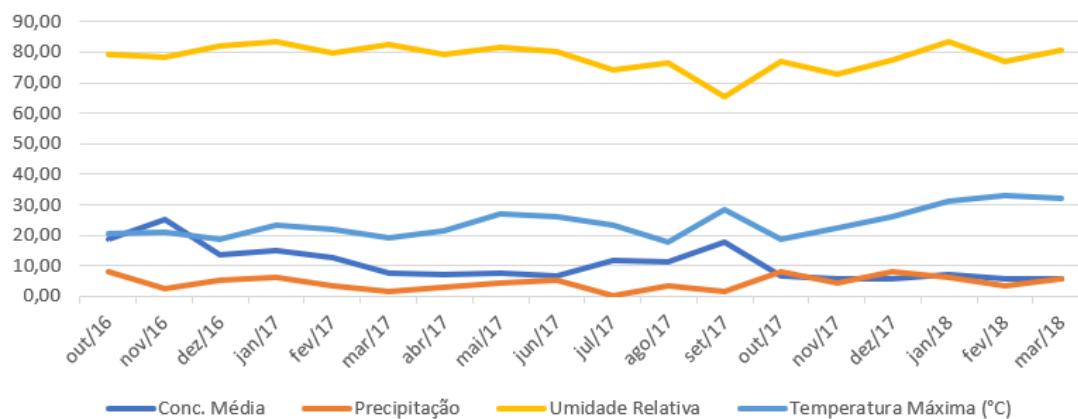
Fonte: Autoria Própria

Tabela 3 – Tabela de correlações lineares entre $MP_{2,5}$ e variáveis meteorológicas

Diante dos resultados inconclusivos de correlação linear, para tentar identificar uma relação entre $MP_{2,5}$ e variáveis meteorológicas que, frequentemente influenciam na concentração de poluentes, como por exemplo, temperatura, precipitação e umidade relativa do ar, foram construídos os gráficos das Figuras 6 e 7.

A Figura 6 apresenta o gráfico das médias mensais para variáveis meteorológicas (precipitação, temperatura máxima e umidade relativa do ar) e concentração de $MP_{2,5}$ e a Figura 7 apresenta o gráfico das médias diárias para as mesmas variáveis.

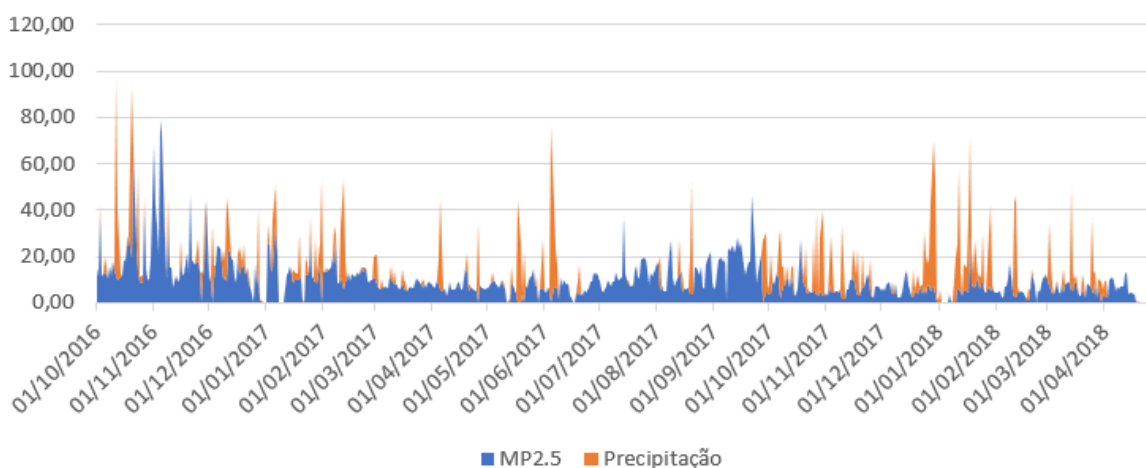
Pela Figura 6, pode-se observar que no mês de setembro de 2017 houve um aumento na concentração de $MP_{2,5}$ (maior média entre os meses amostrados – Tabela 1), que coincide com um aumento na temperatura máxima e uma diminuição da umidade relativa do ar, fatores que contribuem para uma maior emissão deste poluente.



Fonte: Autoria própria

Figura 6 – Gráfico de concentração média mensal de $MP_{2,5}$ e variáveis meteorológicas

Pelo gráfico de médias mensais (Figura 6), não é possível observar uma relação bem definida entre precipitação e concentração de $MP_{2,5}$. Porém, quando se observa o gráfico com médias diárias (Figura 7), é possível observar com mais clareza que, dias com precipitação muito alta contribuem para a deposição úmida de $MP_{2,5}$ e, consequentemente, a diminuição na concentração em dias subsequentes.



Fonte: Autoria própria.

Figura 7 – Gráfico diário da concentração de $MP_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) e precipitação (mm) para o período estudado.

4. Conclusão

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que a qualidade do ar em relação à $MP_{2,5}$ no período estudado em Ponta Grossa/PR é boa. Além disso, observou-se que variáveis meteorológicas, tais como umidade relativa do ar, precipitação e temperatura têm influência na concentração deste poluente. A amostragem, caracterização e mensuração do $MP_{2,5}$ na cidade de Ponta Grossa, Brasil ainda está em andamento para assim, obter-se um banco de dados maior, que permitirá uma análise mais completa e criteriosa e também, possibilitar a análise do impacto do $MP_{2,5}$ na saúde da população.

Referências

BARBOSA, C. G. G. *Monitoramento de material particulado fino na cidade de Manaus para avaliação de potenciais riscos à saúde da população e caracterização de material particulado em ambiente de florestas (Atto-Amazonian tall tower observatory) - Amazonas, Brasil*. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba/PR, 2014.

GOOGLE MAPS. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps>>. Acesso em: 15 maio 2017.

GUARIEIRO, L. L. N.; GUARIEIRO, A. L. N. *Vehicle Emissions: What Will Change with Use of Biofuel?*. *Biofuels - Economy, Environment And Sustainability*, [S.l.], p.357-378, 23 jan. 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 20 abril 2017.

KULSHRESTHA, A. et al. *Metal concentration of PM_{2.5} and PM₁₀ particles and seasonal variations in urban and rural environment of Agra, India*. *Science of the Total Environment*, v. 407, n. 24, p. 6196-6204, 2009.

NISHIDA, R. B. *Análise do material particulado emitido na cidade de Ponta Grossa*. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. *Air pollution*. 06 ma4. 2017. Disponível em: <http://www.who.int/topics/air_pollution/en/>. Acesso em: 26 set. 2018.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. *Air Quality Guidelines*, Global Update 2005. Alemanha, cap.10-217, p. 305, 2006.

POLEZER, G. *Avaliação integrada da poluição atmosférica, impactos na saúde e valoração nos custos devido a exposição ao material particulado em Curitiba*. 2015. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia e Ciências dos Materiais, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

QIN, Y.; KIM, E.; HOPKE, P. K. *The concentrations and sources of PM_{2.5} in metropolitan New York City*. *Atmospheric Environment*, v. 40, p. 312-332, 2006.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (U.S. EPA). *Health and Environmental Effects of Particulate Matter (PM)*. 2016. Disponível em: <<https://www.epa.gov/pm-pollution/health-and-environmental-effects-particulate-matter-pm>>. Acesso em: 17 maio 2017.

VALAVANIDIS, A.; FIOTAKIS, K.; VLACHOGIANNI, T. *Airborne particulate matter and human health: toxicological assessment and importance of size and composition of particles for oxidative damage and carcinogenic mechanisms*. *Journal of Environmental Science and Health, Part C*, v. 26, n. 4, p. 339-362, 2008.