

## 887 - SAZONALIDADE NA CONCENTRAÇÃO DO MATERIAL PARTICULADO (MP<sub>10</sub>) ATMOSFÉRICO NA CIDADE DE FRANCISCO BELTRÃO – PR

**Ana Flávia Scudeler<sup>(1)</sup>**

Engenheira Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR/FB). Mestranda em Análise e Tecnologia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR/FB).

**Elaine Schornobay Lui<sup>(2)</sup>**

Professora do Magistério Superior da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Departamento Acadêmico de Engenharias (UTFPR-FB).

**Davi Zacarias de Souza<sup>(3)</sup>**

Professor do Magistério Superior da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Departamento Acadêmico de Química e Ciências Biológicas (UTFPR-FB).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Linha Santa Bárbara, s/n, PR, CEP: 85601-970 – Francisco Beltrão – PR – Brasil – Tel. (67) 99927-9861 – e-mail: [scudeler@alunos.utfpr.edu.br](mailto:scudeler@alunos.utfpr.edu.br)

### RESUMO

O crescimento desordenado nos centros urbanos causa danos irreversíveis ao meio ambiente e a saúde humana. A problemática relacionada a poluição do ar tem sido um tema explorado nas últimas décadas, no entanto, a falta de dados em muitos locais dificulta a criação de normativas e padrões de qualidade adequados. Novos estudos e políticas que tratam do assunto de forma mais ampla, abrangem setores como economia, saúde e clima e são fundamentais para melhores entendimentos e gestão da poluição atmosférica em todo o planeta. Este trabalho teve como objetivo determinar a sazonalidade da concentração do material particulado atmosférico (MP<sub>10</sub>) na cidade de Francisco Beltrão. O município de Francisco Beltrão está localizado no Sudoeste do Estado do Paraná e tem sua economia voltada às atividades agroindustriais e de prestação de serviços. Foram realizadas quatro campanhas de dez (10) dias cada, utilizando um Amostrador de Grandes Volumes (AGV-MP<sub>10</sub>), que ocorreram no período sazonal, ou seja, durante as quatro estações do ano. As coletas ocorreram entre o outono de 2021 e o verão de 2022, totalizando 40 amostras de MP<sub>10</sub>. Todas as amostras coletadas apresentaram valores de concentração dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 491/18, que é de 120 µg.m<sup>-3</sup>. No entanto, oito exemplares apresentaram valores de concentração acima dos valores recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS), que é de 45 µg.m<sup>-3</sup>, para um período de 24h, sendo que dessas oito amostras acima dos padrões da OMS, cinco foram coletadas na estação do inverno. A amostra que apresentou a maior concentração de MP<sub>10</sub> foi observada no inverno/2021 (66,6 µg.m<sup>-3</sup>), nesse período é característico na região a baixa temperatura, menor índice de pluviosidade e pouco vento. E o menor valor de concentração de MP<sub>10</sub> encontrado nesse estudo foi de 8,0 µg.m<sup>-3</sup>, na estação da primavera de 2021, época que apresenta temperaturas mais elevadas e maior índice pluviométrico. Apesar desse estudo ter demonstrado que nesse período Francisco Beltrão apresentou valores de concentração de material particulado abaixo do estabelecido pelo CONAMA 491/2018, que é de 120 µg.m<sup>-3</sup>, deve-se dar continuidade ao monitoramento do MP<sub>10</sub>, uma vez que o padrão estabelecido pela Resolução CONAMA está aquém do que é preconizado pela Organização Mundial da Saúde.

**PALAVRAS-CHAVE:** Poluição atmosférica, MP<sub>10</sub>, qualidade do ar, monitoramento.

### INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica consiste em um problema relevante para o Brasil e todo o planeta. Com o avanço da era tecnológica, industrial e social, percebe-se um crescimento desordenado nos grandes centros urbanos e consecutivamente o aumento de emissões de gases poluentes no ar, acarretando danos irreversíveis à saúde humana e ao meio ambiente (MAGALHÃES, 2010; DAMASCENO, 2014; WRI, 2021).

Para Nascentes (2011), o estudo da poluição do ar é um campo multidisciplinar que envolve diversos fatores a serem analisados. Dentre eles, pode-se destacar, aqueles relacionados aos parâmetros meteorológicos (como

radiação solar, umidade, precipitação, temperatura), a química da atmosfera (tipos de poluentes identificados no ar), ao crescimento das frotas veiculares e conseqüentemente aumento de emissões, aos parâmetros voltados à saúde da população (como as doenças do trato respiratório e o aumento de internações) e ao desenvolvimento econômico (crescimento de indústrias) (MELO, 2007; SLEZAKOVA et al., 2011; RIBEIRO, 2011; SANTOS, 2014; LI et al., 2015; BRITO et al., 2018).

Atualmente, está vigente no Brasil o padrão de qualidade do MP<sub>10</sub> disposto na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente, a Resolução CONAMA nº 491/18, que é de 120 µg.m<sup>-3</sup> para uma média de 24 horas. Esta Resolução apresenta três padrões intermediários (PI1, PI2 e PI3), até chegar ao padrão final (PF) que se aproxima do que é preconizado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), o limite como 45 µg.m<sup>-3</sup>. No entanto, não há uma definição de tempo para cada um desses padrões intermediários, o que tem gerado muitas críticas à Resolução do CONAMA.

Conforme descrito na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 491/2018 (BRASIL, 2018), o poluente atmosférico é: [...] Qualquer forma de matéria em quantidade, concentração, tempo ou outras características, que tornem ou possam tornar o ar impróprio ou nocivo à saúde, inadequado ao bem-estar da população, que cause danos aos materiais, à flora e a fauna ou que sejam prejudiciais à segurança, ao usufruto e gozo da propriedade e das atividades comuns de uma determinada comunidade (Resolução CONAMA nº 491/18, Art 1º).

O Material Particulado (MP) é dividido em partículas totais em suspensão (PTS), partículas inaláveis grossas (MP<sub>10</sub>), partículas inaláveis finas (MP<sub>2,5</sub>) e fumaça (FMC). As principais fontes de emissão desse particulado para a atmosfera são por veículos automotores, processos industriais, queima de biomassa, ressuspensão de poeira do solo, dentre outros (CETESB, 2021). O tamanho das partículas está diretamente associado ao seu potencial para causar problemas à saúde, sendo que quanto menores maiores os efeitos provocados, e por apresentarem espécies químicas tóxicas em sua composição, como compostos inorgânicos e orgânicos, afetam diretamente a saúde de toda população (MAGALHÃES, 2010; SANTOS, 2014). Conforme menciona Vicentini (2011), a chuva tem um grande potencial de remoção dos poluentes do ar. As gotas que se formam pela precipitação capturam os poluentes ao caírem, fazendo uma limpeza na atmosfera. Outros fatores também foram analisados como a umidade relativa do ar e a temperatura.

O MP<sub>10</sub> são partículas inaláveis grossas com tamanho aerodinâmico de até 10 µm (micrômetros), essas partículas ficam retidas no trato respiratório superior ou podem penetrar mais profundamente, alcançando os alvéolos pulmonares, já as partículas menores que 2,5 µm possuem grande potencial para atingir os pulmões e lá ficarem retidas, o que pode provocar danos à saúde (ROCHA; ROSA; CARDOSO, 2004).

Entretanto, apesar dos efeitos adversos dos poluentes do ar, especialmente na saúde humana, o monitoramento não ocorre na maior parte das regiões do país. No Paraná, o Instituto Água e Terra (IAT) possui e disponibiliza apenas os dados de concentração das estações de monitoramento da região metropolitana de Curitiba, desde a década de 80. Atualmente, tem instaladas oito estações automáticas de amostragem na região metropolitana de Curitiba e, desde 2016, o monitoramento foi ampliado para outras cidades: Ponta Grossa, Paranaguá, Londrina, Maringá, Foz do Iguaçu e Cascavel, formando a Rede Estadual de Qualidade do Ar, mas esses dados ainda não estão sendo disponibilizados para a população.

A região sudoeste do Estado, onde está localizada a cidade de Francisco Beltrão, não foi incluída na Rede Estadual de Qualidade do Ar. Francisco Beltrão é a maior cidade da região Sudoeste e em 2019 foi iniciado o monitoramento do material particulado (MP<sub>10</sub>) como um projeto de pesquisa da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, os primeiros resultados estão disponíveis em um trabalho de conclusão do curso de Engenharia Ambiental da UTFPR - Francisco Beltrão (SCUDELER, 2022).

O município é um polo regional e tem sua economia voltada ao comércio e serviços e as atividades da indústria e agropecuárias. Com um enorme potencial de crescimento e uma boa qualidade de vida, a cidade tem atraído cada vez mais migrantes e novas empresas e indústrias tem se instalado, o que significa um crescimento populacional e um maior desenvolvimento econômico. Com todo esse crescimento houve também, nos últimos anos, um grande aumento da frota veicular e industrial, assim, quanto mais industriais e carros em circulação maiores são os índices de emissões de poluentes no ar, acarretando efeitos adversos no ambiente e na saúde da população. Desta maneira, a inexistência de estudos sobre a qualidade do ar em

Francisco Beltrão faz desse trabalho uma considerável fonte de informações sobre a concentração dos poluentes atmosféricos na região.

Assim, este estudo tem como objetivo avaliar os níveis de concentração do MP<sub>10</sub> na cidade de Francisco Beltrão nas quatro estações do ano e fazer um comparativo com os padrões de qualidade vigentes.

## OBJETIVO

Verificar os níveis de concentração no MP<sub>10</sub> no outono, inverno, primavera e verão e comparar as concentrações de MP<sub>10</sub> com a Resolução CONAMA 491/2018 e com o limite estabelecido pela Organização Mundial da Saúde (OMS).

## MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no município de Francisco Beltrão, que se localiza no centro da região sudoeste do Estado do Paraná. Conforme descrito no Plano Diretor Municipal (2017), Francisco Beltrão possui coordenadas geográficas com Longitude: 53°03'50"W-GR e Latitude: 26°03'34"SUL, com altitude média de 570 m. A cidade possui uma área total de 735,111 km<sup>2</sup>, sendo a área urbana igual a 62,018 km<sup>2</sup> e a área rural de 673,093 km<sup>2</sup>. Segundo estimativa prévia do Censo do IBGE de 2022, a população do município era de 96.622 habitantes.

A metodologia de amostragem do material particulado atmosférico seguiu as normas estabelecidas pela ABNT – NBR 13.412/1995, “Material Particulado em Suspensão na atmosfera - Determinação da concentração de partículas inaláveis pelo método do amostrador de grande volume acoplado a um separador inercial de partículas” e ABNT - NBR 9.547/1997: “Material particulado em suspensão no ar ambiente - Determinação da concentração total pelo método do amostrador de grande volume”. Essas normas prescrevem o método para a determinação da concentração mássica de material particulado inalável em suspensão na atmosfera, com diâmetro aerodinâmico menor ou igual a 10 µm, em um período de amostragem determinado. As metodologias da NBR 13412/1995 e 9547/1997 se basearam no método utilizado pela US EPA (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos), "Reference Method for the Determination of Particulate Matter as PM<sub>10</sub> in the Atmosphere", (USEPA, 1988).

O AVG – MP<sub>10</sub> é um amostrador que succiona o ar e as partículas coletadas são encaminhadas para um filtro, podendo ser de fibra de vidro ou de quartzo. Neste trabalho foram utilizados os filtros de fibra de vidro da marca GE com dimensões de 203x254mm. Por exigência de norma, os filtros empregados são específicos para uma eficiência mínima de 99% para partículas com diâmetro igual ou superior a 0,3 µm, baixa resistência ao fluxo de ar e pouca afinidade por umidade. (MANUAL AGV-MP<sub>10</sub>, 2020).

O período de funcionamento do equipamento para a coleta de amostras do material particulado foi sazonal, ou seja, foram realizadas nas quatro estações do ano (outono 2021, inverno 2021, primavera 2021, verão 2022), cada campanha de coleta foi realizada em 10 dias ininterruptos com períodos de amostragem de 24 horas.

Para iniciar o processo de tratamento dos filtros foi necessário primeiramente que os mesmos passassem um período de 16 horas na mufla numa temperatura de aproximadamente 350 graus Celsius, para que possa ser retirada a umidade dos filtros por completo. Após o processo de retirada de umidade, os filtros vão direto para o dessecador contendo sílica gel e foi realizada a pesagem dos filtros em uma balança analítica. Após a coleta dos filtros do AGV-MP<sub>10</sub> os mesmos foram pesados novamente em balança analítica no sistema de triplicata, e posterior mantidos na refrigeração numa temperatura média de 10 graus, para posterior análise química.

Na realização dos cálculos da concentração de MP<sub>10</sub> precisaram ser verificados o coeficiente de variação da vazão volumétrica, por meio de um manômetro acoplado ao equipamento, o tempo da amostragem que pode ser observado no horâmetro do AGV-MP<sub>10</sub> que é um relógio que mede o intervalo de tempo decorrido desde quando foi ativado até o momento em que foi desativado, além dos dados meteorológicos da cidade, fornecidos pela estação meteorológica do SIMEPAR.

A concentração de partículas de até 10 µm em suspensão no ar ambiente, MP<sub>10</sub>, foi computada dividindo-se a massa de partículas coletadas pelo volume de ar amostrado e é expressada em microgramas por metro cúbico (µg.m<sup>-3</sup>):

$$C = \frac{M_f - M_i}{V_p} * 10^6 \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

C (MP<sub>10</sub>) = concentração de partículas MP<sub>10</sub> em suspensão, µg.m<sup>-3</sup>

M (M<sub>f</sub> - M<sub>i</sub>) = ganho líquido de MP<sub>10</sub> no filtro durante a amostragem, g

V<sub>p</sub> = volume total de amostrado em unidade padrão de volume, m<sup>3</sup> padrão

10<sup>6</sup> = fator de conversão, µg/g

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização dos cálculos de concentração foi constatado que nenhuma das 40 amostras ultrapassou os valores do padrão de qualidade indicados pela Resolução CONAMA 491/2018 para o MP<sub>10</sub>, que é de 120 µg.m<sup>-3</sup>. No entanto, quando os valores encontrados de concentração do material particulado foram comparados com os limites atualmente recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS), oito dias de coleta ultrapassaram o valor de 45 µg.m<sup>-3</sup>, ou seja, 20% das amostras coletadas.

Outra informação importante foi que, dessas oito amostras que ultrapassaram os limites indicados pela OMS, cinco foram coletadas na estação do ano inverno e duas pertencem a estação do ano outono, ou seja, períodos mais críticos da poluição do ar, conforme descrito por várias literaturas. Os dias em que se obtiveram os maiores picos de concentração do material particulado em Francisco Beltrão, foram na estação do inverno, dia 19/09/2022 com 66,6 µg.m<sup>-3</sup>, seguido da estação outono, dia 20/05/2021 um valor de 64,9 µg.m<sup>-3</sup>.

Na Tabela 1 é possível visualizar a concentração média, mínima e máxima do material particulado em cada estação do ano coletado. Os resultados obtidos mostraram que as médias sazonais variam de 21,9 µg.m<sup>-3</sup> (no verão) a 44,2 µg.m<sup>-3</sup> (no inverno), ou seja, todos os períodos estão com níveis de MP<sub>10</sub> dentro das indicações do CONAMA 491/18 que é de 120 µg.m<sup>-3</sup> (Tabela 1).

Outro dado interessante apresentado na Tabela 1 foi relacionar a precipitação da cidade de Francisco Beltrão com as concentrações de MP<sub>10</sub>. Como pode ser observado, a estação do inverno apresenta o menor número de dias em que houve precipitação, apesar da precipitação acumulada ser próxima da estação primavera. Sendo assim, os dados desse trabalho mostram que o volume de precipitação foi mais importante para a redução dos índices de material particulado do que a intensidade da precipitação.

**Tabela 1 – Resultado da concentração média do MP<sub>10</sub> durante as estações do ano**

Estação do ano	Data da coleta	Média (mínima – máxima) Concentração MP <sub>10</sub> (µg.m <sup>-3</sup> )	Precipitação acumulada na estação (mm)	Média (mínima – máxima) Temperatura (°C)	Número de dias que houve precipitação na estação
Outono	16 - 25/05/2021	34,0 (14,4 – 64,9)	198,8	14,9 (10,6 – 20)	26
Inverno	11 - 20/09/2021	44,2 (17,7 – 66,6)	365,8	21,4 (16,1 – 26,5)	22
Primavera	10 - 19/12/2021	25,0 (8,1 – 40,4)	369,2	26,2 (23,2 – 28,3)	29
Verão	08 - 18/03/2022	21,9 (8,3 – 62,7)	396	22,6 (20,4 – 25,3)	37

## CONCLUSÕES

No período estudado entre maio de 2021 a março de 2022, foram coletadas 40 amostras de concentração do material particulado (MP<sub>10</sub>) e nenhuma amostra ultrapassou os padrões de qualidade estabelecidos para o MP<sub>10</sub> pela Resolução CONAMA 491/2018, que é de 120 µg.m<sup>-3</sup>. Entretanto, das 40 amostras, oito apresentaram os

níveis de concentração do MP<sub>10</sub> acima do valor estabelecido pela OMS, que é de 45 µg.m<sup>-3</sup>, sendo que cinco dessas amostras englobaram o período do inverno e duas amostras a estação do outono.

Este trabalho mostrou que o volume da precipitação foi mais significativo para a redução dos índices de material particulado (MP<sub>10</sub>) do que a intensidade e valores acumulados de precipitação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DOS ESTADOS UNIDOS (US EPA) Noções básicas de matéria particulada (PM). 2022. <https://www.epa.gov/pmpollution/particulate-matter-pm-basics#PM>. Acesso em: 20/05/2022.
2. BRASIL. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). Poluentes, Qualidade do Ar. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/>. Acesso em: 30/10/2021.
3. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 491, de 19 de novembro de 2018. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=740>. Acesso em: 20/05/2022.
4. COSTA, E. R. H. Aumento da capacidade de estações de tratamento de água através da seleção de coagulantes e auxiliares de floculação especiais. XVIII CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL 1995. Anais. Salvador, BA, 1995.
5. BRITO, G. F. S.; SODRÉ, F. F.; ALMEIDA, F. V. O Impacto do Material Particulado na Qualidade do Ar. UFRJ. Rev. Virtual Quim., 2018, 10 (5), Disponível: <http://rvq.s bq.org.br> Acesso em: 01/05/2022.
6. DAMASCENO, M. M. Determinação dos Metais Presentes no Material Particulado Atmosférico da Região Urbana de Manaus. Universidade Federal do Amazonas pró-reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação Programa de Pós-Graduação em Química. Manaus. 2014. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/5188>. Acesso em: 10/06/2022.
7. IAT. Instituto Água e Terra. Paraná 2021. Monitoramento da Qualidade do Ar Disponível em: <http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Monitoramento-da-Qualidade-do-Ar> Acesso em: 09/06/2022.
8. IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia Estatística - Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Estimativas da população residente. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr/francisco-beltrao.html>. Acesso em: 25/02/2022.
9. LI, F., LIU, Y., Lü, J., LIANG, L., HARMER, P., 2015. Ambient air pollution in China poses a multifaceted health threat to outdoor physical activity. J. Epidemiol. Community Health 69, 201–4.
10. MANUAL AGV-MP<sub>10</sub>. ENERGÉTICA. 2016 Amostrador de Grande Volumes (Energética). Disponível em: [https://www.energetica.ind.br/wpcontent/uploads/2016/01/env1\\_manual-pts\\_rev\\_08.pdf](https://www.energetica.ind.br/wpcontent/uploads/2016/01/env1_manual-pts_rev_08.pdf). Acesso em: 25/01/2022.
11. MAGALHÃES, L. C.; NALINI, H. A. Jr.; LIMA, A. C; COUTRIM, M. X.; XAVIER, M. Determinação de metais traço no material particulado em suspensão em ouro preto, minas gerais. Química Nova, v. 33, nº 3, 519-523, 2010.
12. MELO JÚNIOR, A. S. Análise quantitativa do material particulado na região de Campinas através das técnicas de microfluorescência de raios X e reflexão total usando radiação síncrotron – Universidade Estadual de Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura E Urbanismo – UNICAMP – Campinas, SP: [s.n.], 2007.
13. NASCENTES, C. C.; COSTA, L. M. Química Ambiental. 2011. Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: <https://www2.ufjf.br/quimicaead/files/2013/05/QUIMICA-AMBIENTAL-EADQUI045.pdf>. Acesso em: 02/03/2022.
14. OMS, ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. 2021. WHO. Novas diretrizes de qualidade do ar. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228-eng.pdf>. Acesso em: 28/06/2022.
15. PLANO DIRETOR MUNICIPAL DE FRANCISCO BELTRAO (2017). Aspectos ambientais do Município. Disponível em: <https://www.franciscobeltrao.pr.gov.br/omunicipio/plano-diretor/>. Acesso em: 15/04/2022.
16. RIBEIRO, Laurinda José. Expansão Urbana e Derivações Ambientais Sobre o Ribeirão Pirapitinga em Catalão GO. UFG (Universidade Federal de Goiás), 2011. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tde/391/1/Dissertacao%20Laurinda%20J%20Ribeiro.pdf>. Acesso em: 05/02/2022.
17. ROCHA, J.C., ROSA, A.H., CARDOSO, A.A., 2004. Introdução à Química Ambiental, cap 3, pg 117 2a. ed. Bookman, Porto Alegre.

17. SCUDELER, Ana Flavia. Influência das condições meteorológicas na concentração do material particulado (MP<sub>10</sub>) na cidade de Francisco Beltrão, Paraná – 2022. TCC 2 – UTFPR Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Francisco Beltrão.
18. SANTOS, Erickson Oliveira. Caracterização de Espécies Inorgânicas Solúveis no Material Particulado Total (MPT) Atmosférico de Manaus. 2014. UFAM – PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA-PPGQ DEPARTAMENTO DE QUÍMICA. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/5189>. Acesso em: 19/04/2022.
19. SLEZAKOVA, K., Castro, D., Begonha, A., Delerue-Matos, C., Alvim-Ferraz, M. da C., Morais, S., Pereira, M. do C., 2011. Air pollution from traffic emissions in Oporto, Portugal: Health and environmental implications. *Microchem. J.* 99, 51–59.
20. SIMEPAR. Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná. 2022. Disponíveis informações via e-mail.
21. WRI, BRASIL. 2021. O Estado da Qualidade do Ar no Brasil. World Resources Institute. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/publicacoes/o-estado-da-qualidade-do-ar-no-brasil>. Acesso em: 20/07/2022.
22. VICENTINI, P. C. Uso de modelos de qualidade do ar para a avaliação do efeito do PROCONVE entre 2008 E 2020 na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. UFRJ/ COPPE, 2011.