



Efeitos das restrições de mobilidade decorrentes da pandemia da COVID-19 na poluição do ar da região do aeroporto de Congonhas, São Paulo.

Janaina Casado Rodrigues da Silva¹

Iara da Silva²

Caroline Fernanda Hei Wikuats³

Katia Valéria Marques Cardoso Prates⁴

Leila Droprinchinski Martins⁵

Poluição atmosférica

Resumo

O presente estudo teve como objetivo avaliar os impactos na qualidade do ar da região do entorno do aeroporto de Congonhas da cidade de São Paulo – Brasil, durante o ano de 2020, período de quarentena da COVID-19. Os dados de concentração de material particulado (MP_{2,5} e MP 10) e óxidos de nitrogênio (NO_x) foram obtidos da estação Congonhas da Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (CETESB). Análises gráficas, de correlação de Pearson e de tendência por Mann-Kendall foram realizadas para 2020 e com ênfase em março e abril, meses de maior isolamento social registrado na cidade. O teste realizado, considerando o ano de 2020 indicou tendência de redução na concentração dos poluentes, indicando que os períodos de maior distanciamento social nos meses de março e abril de 2020, influenciaram diretamente na poluição do ar da cidade de São Paulo. No entanto, as condições meteorológicas foram determinantes na evolução das concentrações ao longo do ano e os impactos decorrentes do maior isolamento foi evidenciado nos poluentes primários (NO_x), provenientes, na região, principalmente das atividades de transporte.

Palavras-chave: partículas; óxidos de nitrogênio; isolamento social; Mann-Kendall.

¹Aluna de Mestrado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Londrina, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, janainnacasadol@gmail.com.

²Aluna do Doutorado em Meteorologia, Universidade de São Paulo, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, departamento de Ciências Atmosféricas, iaradasilva@usp.br.

³Aluna do Doutorado em Meteorologia, Universidade de São Paulo, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, departamento de Ciências Atmosféricas, caroline.wikuats@usp.br.

⁴Prof. Dr. Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Londrina – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, kvprates@gmail.com.

⁵Prof. Dr. Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Londrina – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, leilamartins@gmail.com.

INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica está entre as principais causas de doenças e mortes no mundo (LANDRIGAN PJ et al., 2018). Os altos índices de poluição atmosférica, principalmente em centros urbanos tornam a população desses centros mais suscetíveis a doenças cardíacas, respiratórias e até mesmo às doenças mentais (WHO, 2016; Da Silva et al., 2020). Sendo assim, a qualidade do ar de cada localidade influencia diretamente no grau e extensão dos efeitos à saúde da população local (MARTIN; MARTIN, 2020).

No mundo todo, uma das medidas para a redução na transmissão da COVID-19 adotada foi a implantação de restrições de mobilidade da população, medida primordial e conhecida no controle epidemiológico de doenças virais transmissíveis. Assim, na cidade de São Paulo o isolamento social, no início da pandemia em 2020, variou de 55 a 59 % entre 24 de março e 05 de abril (PAULO, 2020).

Estudos dos impactos nas emissões de poluentes e, consequentemente na qualidade do ar, durante a pandemia da COVID-19 tem sido realizado em diversos locais, pois esse cenário pode ser considerado como um experimento único que permite analisar os impactos decorrentes das medidas de restrições de circulação. Esses estudos recentes relataram melhorias na qualidade do ar associadas as medidas de isolamento social e diminuição do trânsito de veículos (NAKADA; URBAN, 2020; SÃO PAULO, 2020b). Da mesma forma, análises de imagens de satélite demonstraram uma nítida queda na poluição do ar em diversos países que adotaram medidas de restrição de circulação de pessoas e atividades econômicas contra a transmissão do vírus (HE; PAN; TANAKA, 2020).

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar os impactos na qualidade do ar nas proximidades do Aeroporto de Congonhas, localizado na cidade de São Paulo – Brasil, durante o ano de 2020 e em especial em março e abril, meses iniciais da pandemia, quando diversos graus de restrição de circulação de pessoas foram implementados para promover o isolamento social devido a pandemia da COVID-19.

METODOLOGIA

A área de estudo está situada na região de influência da estação automática de monitoramento da qualidade do ar de Congonhas da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. (IBGE,2020). A estação Congonhas está localizada em uma região comercial e residencial, próxima a duas avenidas de intenso tráfego veicular e a aproximadamente a 400 metros do Aeroporto de São Paulo/Congonhas - Deputado Freitas Nobre (CETESB, 2004). O aeroporto tem capacidade para cerca de 17 milhões de passageiros por ano e é um aeroporto estratégico para viagens de negócios no país, sendo o com maior em trânsito de executivos. Em 2018, por exemplo foram 21.968.834 embarques e desembarques de passageiros, 59.244 toneladas de carga movimentada e 217.252 aeronaves operadas por diversas companhias aéreas (Infraero).

As variáveis meteorológicas de Temperatura (T, °C) e Umidade Relativa (UR, %) utilizadas foram obtidas da estação meteorológica Mirante de Santana, localizada no Bairro Jardim, que é uma estação convencional (fundada em 1945) composta por vários sensores que registra as variáveis meteorológicas como temperatura, umidade relativa, direção e velocidade do vento, precipitação, entre outras. (COUTO FALCÃO; AGUIAR, 2020).

Os dados de concentração média horária de MP_{2,5}, MP₁₀ e NO_x foram obtidos no site da CETESB (CETESB, 2020). Para ambas as estações de qualidade do ar e meteorológica, a partir dos dados horários referentes ao ano de 2020 (janeiro a dezembro), foram calculadas as médias diárias para a realização das análises gráficas e de correlação. Posteriormente, foram realizadas as análises com ênfase nos meses de março e abril, meses iniciais das restrições de circulação de pessoas que foram estabelecidas para o controle da propagação da COVID-19.

Os dados de isolamento social (I, %) utilizados foram obtidos no relatório proveniente do Sistema de Monitoramento Inteligente do governo de São Paulo (SIMI-SP) e disponível online no site do estado de São Paulo (PAULO, 2020). O SIMI-SP, de acordo com o site do governo, é viabilizado por meio de acordo com as operadoras de telefonia Vivo, Claro, Oi e TIM, através da ABR (Associação Brasileira de Recursos em Telecomunicações) e do [IPT \(Instituto de Pesquisas Tecnológicas\)](#), para que o Estado possa

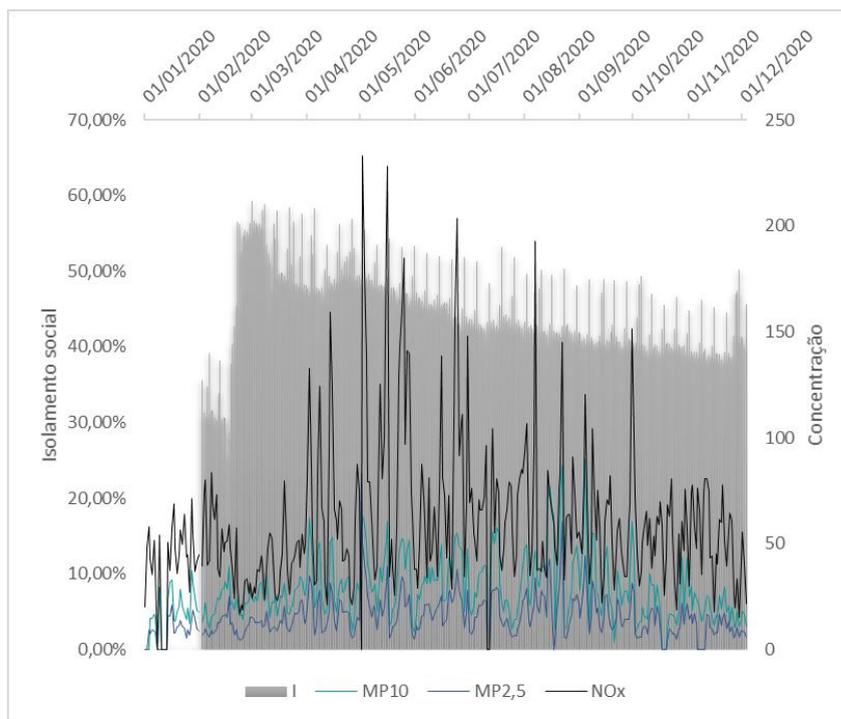
consultar informações agregadas e anônimas sobre deslocamento nos municípios paulistas mapeados (São Paulo, 2020).

A análise de correlação consistiu na correlação de Pearson entre as médias diárias das variáveis de qualidade do ar e o índice diário de isolamento social (I). Dessa forma, sendo ρ o coeficiente de correlação de Pearson, x_i e y_i são os valores de ambas as variáveis a serem analisadas e \bar{x} e \bar{y} são as médias aritméticas das mesmas variáveis. Variando de -1 (quando apresenta maior correlação negativa) à 1 (quando apresenta maior correlação positiva). (SHIMAKURA, 2006). Para análise de tendência foi aplicado o teste Mann-Kendall para avaliar se os dados apresentam tendência de aumento ou redução estatisticamente significativa (SAMET; WOODWARD, 2018). Os valores das médias diárias de voos (Pousos+ decolagens) e de passageiros foram analisados para identificar as oscilações de movimentação no aeroporto de Congonhas e, por consequência no seu entorno, os dados foram obtidos no site da infraero (AEROPORTOS, 2021).

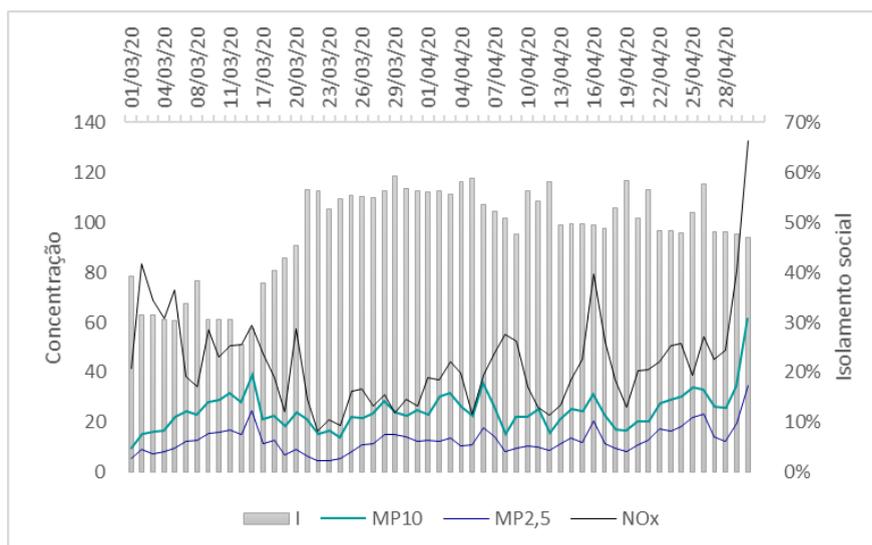
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 ilustra o comportamento diário das concentrações dos poluentes e da porcentagem de isolamento social, em 2020 na estação Congonhas. Observa-se ao longo do ano que o isolamento foi gradativamente diminuindo, o que não foi observado para as concentrações, mesmo com valores de I superiores aos registrados no início do monitoramento. Esse comportamento está relacionado com o clima da região, que apresenta invernos secos e frios e verões chuvosos e quentes. Além da sazonalidade climática existente, a região sofre influência de transporte de longa distância de poluentes, principalmente na transição do inverno para a primavera. Dessa forma, as condições meteorológicas exercem um papel relevante na definição das concentrações de poluentes. Analisando com maior ênfase os meses de março e abril, que apresentaram os maiores valores de I (figura 1b), pode-se ser observar uma queda principalmente nas concentrações de NOx concomitante com o aumento do isolamento social (I).

Figura 1 – Gráfico das concentrações médias diárias de MP₁₀, MP_{2,5}, NO_x e I em 2020 na estação Congonhas em São Paulo (a) meses de janeiro a dezembro e (b) março e abril.



(a)



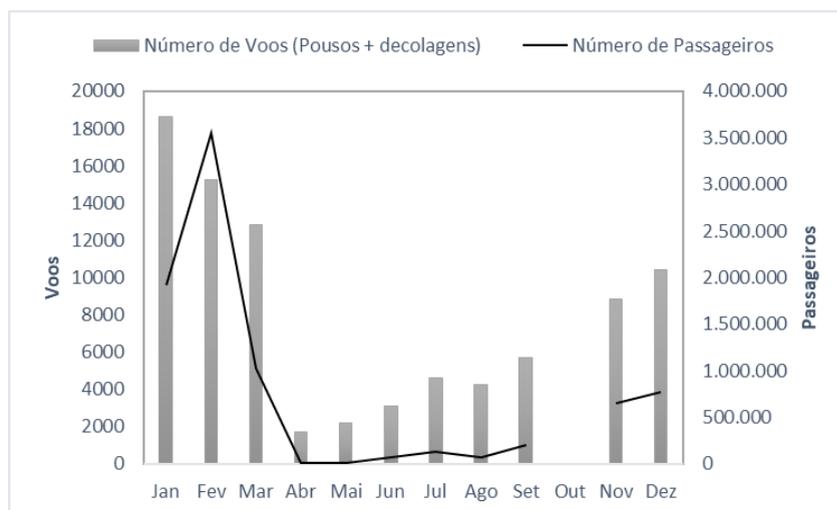
(b)

Fonte: Autoria Própria, 2021

Legenda: MP₁₀: Material Particulado com diâmetro de 10 µm, MP_{2,5}: Material particulado com diâmetro de 2,5 µm, NO_x: óxido de nitrogênio, T: temperatura, UR: umidade relativa, I: isolamento social

O aeroporto de Congonhas sofreu uma redução de voos durante a pandemia. De 1º a 20 de abril de 2020, foram somente 126 voos, enquanto no ano de 2019 no mesmo período, foram 9.489 voos (G1, 2020). A Figura 2 mostra os números mensais de voos (pousos + decolagens) e de passageiros ao longo de 2020 e pode-se observar a grande queda nos valores, devido a pandemia da COVID-19. De março para abril, por exemplo, ocorreu uma redução de 87% no número de voos e de 99% no número de passageiros. A partir de maio lentamente os números passaram a aumentar, porém sem retomar aos patamares anteriores.

Figura 2 – Gráfico dos números mensais de voos (pousos + decolagens) e passageiros no aeroporto de Congonhas em 2020.

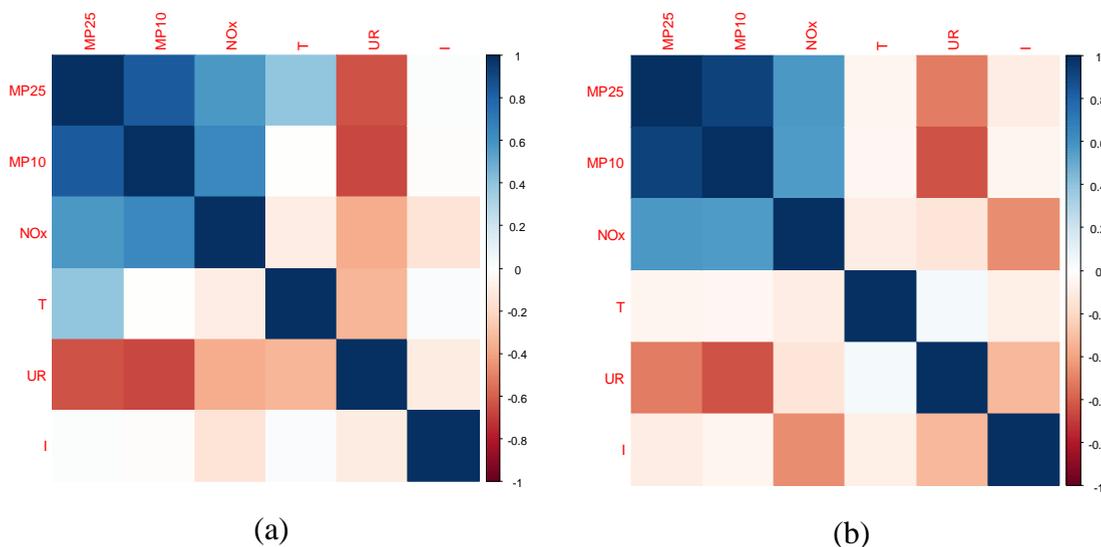


Fonte: Autoria Própria, 2021

A Figura 3 mostra as correlações obtidas entre as variáveis ($MP_{2,5}$, MP_{10} , NO_x , T, UR e I). As correlações entre o material particulado e a UR foram negativas, como esperado. O material particulado com o NO_x apresentou uma correlação positiva moderada ($r = 0,6$), indicando similaridade das fontes. Na série anual as correlações foram fracas ou nulas entre os poluentes e o Isolamento. Apenas para o NO_x foi encontrada correlação fraca (abaixo de 0,5) negativa com I e moderada a forte do material particulado com a UR, principalmente para o MP_{10} , enquanto não houve correlação da UR com o NO_x . Os resultados da análise de correlação indicam que as condições meteorológicas foram

determinantes nas concentrações observadas e que apenas nos meses de março e abril, quando o isolamento social foi maior por maior tempo, este apresentou influência significativa nas concentrações de NOx ($r=0,6$). O isolamento social diminuiu a atividade do setor de transporte de pessoas (veículos automotores, aviões etc.), com isso reduziu as emissões e, por conseguinte as concentrações dos poluentes, principalmente dos poluentes primários como os óxidos de nitrogênio ($NO_x = NO + NO_2$).

Figura 3 – Análise de correlação de Pearson para MP_{2,5}, MP₁₀, NO_x, T, UR e I em 2020 (a) meses de janeiro a dezembro e (b) março e abril



Fonte: Autoria Própria, 2021

Legenda: MP₁₀: Material particulado, MP_{2,5}: Material particulado, NO_x: óxidos de nitrogênio, T: temperatura, UR: umidade relativa, I: isolamento social

Para melhor subsidiar a análise os resultados de tendência das séries obtidos pelo teste de Mann-Kendall são apresentados na tabela 1. Os resultados indicam que ocorreu tendência de redução das concentrações de MP_{2,5}, MP₁₀ e NO_x analisando o ano inteiro de 2020, isso se deve a diminuição das atividades no aeroporto de Congonhas e no seu entorno, assim como, também a atividade veicular. Entretanto, a análise somente dos meses de março e abril apresentou uma tendência de aumento no material particulado e o NO_x não foi significativo, esses resultados possivelmente são em decorrência das condições

meteorológicas favoráveis ao acúmulo e a formação secundária de poluentes, como o material particulado, que mesmo com as reduções nas atividades de transporte de pessoas (veículos, aviões, etc) não resultaram em tendência significativa nesses meses de redução das concentrações. A dinâmica da atmosfera associada as diversas fontes de emissão e sua variabilidade torna complexa o entendimento dos efeitos, decorrentes das mudanças ocorridas na mobilidade, nas concentrações e comportamento dos poluentes, principalmente aqueles com formação secundária.

Tabela 1- Teste Mann-Kendall da estação Congonhas em 2020

Variáveis	Janeiro a dezembro		Março e abril	
	Teste	p-valor	Teste	p-valor
MP _{2,5}	-0,0506	2,22e-16	0,155	2,22e-16
MP ₁₀	-0,0219	1,6899e-05	0,106	2,22e-16
NOx	-0,0479	2,22e-16	-0,001	0,9547
T	-0,0155	0,002269	-0,104	3,3788e-09
UR	-0,0818	2,22e-16	-0,119	1,4909e-11

Em um estudo realizado no estado de São Paulo foi apontado que não houve melhora significativa na qualidade do ar em 2020 quando comparada com a de 2019. No entanto, na região metropolitana foi registrado decréscimo da maioria dos poluentes (maiores quedas para os poluentes primários) e aumento para o ozônio. Além disso, que o regime de chuva atípico influenciou nas concentrações (Rudke et al., 2020), como evidenciado nos resultados deste trabalho, onde o particulado apresentou correlação negativa significativa com a UR e tendência de decréscimo da UR.

Ranjan et al (2020), por exemplo, também analisaram os efeitos nas concentrações de poluentes durante a pandemia da COVID-19. Como resultados, obtidos por meio da análise de Mann-Kendall, encontraram reduções nas concentrações de MP_{2,5} e MP₁₀ em Mumbai (RANJAN; PATRA; GORAI, 2020). A poluição do ar é apontada como um fator importante na transmissão da COVID -19, podendo levar a forma mais grave da doença. Nos Estados Unidos, um estudo apontou que a exposição ao MP_{2,5} aumentou a mortalidade nos casos diagnosticados com a COVID-19 (LOLLI et al., 2020).

CONCLUSÕES

Este estudo mostrou que a concentração dos poluentes no entorno da estação Congonhas em São Paulo sofreu influência direta decorrentes das restrições de circulação decretadas para controle da pandemia da COVID-19. O teste de Mann-Kendall apontou uma tendência de redução das concentrações dos poluentes no ano de 2020, mas significativa apenas nos meses de março e abril e para poluentes primários, meses em que o isolamento social foi maior e a mudança foi abrupta. Entretanto as condições meteorológicas foram relevantes na definição da qualidade do ar, o que foi evidenciado pelas correlações e que mesmo com redução da mobilidade (inferida pelo isolamento) ao longo de 2020 não houve expressiva diminuição das concentrações dos poluentes, principalmente aqueles com formação secundária e provenientes também de outras fontes além da atividade de transporte de pessoas.

REFERÊNCIAS

- A.P.RUDKE, J.A.MARTINS, D.S.DE ALMEIDA, L.D.MARTINS, A.BEAL, R.HALLAK, E.D.FREITAS, M.F.ANDRADE, H.FOROUTAN, B.H.BAEK, T. T. d. A. Albuquerque. How mobility restrictions policy and atmospheric conditions impacted air quality in the State of São Paulo during the COVID-19 outbreak. *[S. l.]*, 2020. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111255>
- AEROPORTOS, Infraero. **Estatísticas**. *[s. l.]*, *[s. d.]*. Disponível em: <https://transparencia.infraero.gov.br/estatisticas/>. Acesso em: 16 jul. 2021.
- CETESB. Caracterização das Estações da Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar na RMSP Estação Congonhas. *[S. l.]*, 2004.
- CETESB. **Qualar**. *[s. l.]*, 2020. Disponível em: <https://qualar.cetesb.sp.gov.br/qualar/>.
- COUTO FALCÃO, Giselle; AGUIAR, Edgar Lacerda. Estudo matemático e estatístico sobre a análise do volume das precipitações pluviométricas na cidade de São Paulo e sua previsibilidade usando o modelo ARIMA. *[S. l.]*, v. 1, n. Xxxix, p. 1–7, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5540/03.2020.007.01.0380>

- HE, Guojun; PAN, Yuhang; TANAKA, Takanao. COVID-19, City Lockdown, and Air Pollution: Evidence from China. **medRxiv**, [S. l.], p. 2020.03.29.20046649, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1101/2020.03.29.20046649>
- LANDRIGAN PJ, FULLER R, ACOSTA NJR, ADEYI O, ARNOLD R, BASU NN, BALDÉ AB, BERTOLLINI R, BOSE-O'REILLY S, BOUFFORD JI, BREYSSE PN, CHILES T, MAHIDOL C, COLL-SECK AM, CROPPER ML, FOBIL J, FUSTER V, GREENSTONE M, HAINES A, HANRAHAN D, HUNTER D, KHARE M, KRUP, Zhong M. The Lancet Commission on pollution and health. [S. l.], 2018. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32345-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32345-0)
- LOLLI, Simone *et al.* Impact of meteorology and air pollution on Covid-19 pandemic transmission in Lombardy region, Northern Italy. **Scientific Reports**, [S. l.], p. 1–15, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-39280/v1>
- MARTIN, Maristel Coelho San; MARTIN, Meister Coelho San. CONDIÇÕES ATUAIS DAS EMISSÕES DOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS DURANTE A QUARENTENA DA COVID-19 E AS PERSPECTIVAS FUTURAS. [S. l.], v. 2, p. 75–86, 2020.
- NAKADA, Liane Yuri Kondo; URBAN, Rodrigo Custodio. COVID-19 pandemic: Impacts on the air quality during the partial lockdown in São Paulo state, Brazil. **Science of the Total Environment**, [S. l.], v. 730, p. 139087, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139087>
- PAULO, Governo de São. **ADESÃO AO ISOLAMENTO SOCIAL EM SP**. [s. l.], 2020. Disponível em: <https://www.saopaulo.sp.gov.br/coronavirus/isolamento/>.
- RANJAN, Avinash Kumar; PATRA, A. K.; GORAI, A. K. Effect of lockdown due to SARS COVID-19 on aerosol optical depth (AOD) over urban and mining regions in India. **Science of the Total Environment**, [S. l.], v. 745, n. July, p. 141024, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141024>
- SAMET, Jonathan; WOODWARD, Alistair. Air pollution and climate change. **Global Health Leadership: Case Studies From the Asia-Pacific**, [S. l.], p. 91–105, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-95633-6_9
- Silva et al. Environmental Health (2020) 19:79. <https://doi.org/10.1186/s12940-020-00606-w>
- World Health Organization 2016. Fact Sheet on Mental Disorders. Fact Sheet on Mental Disorders. 2016. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs96/e>.