



QUALIDADE DO AR E COVID-19: ANÁLISE DA EMISSÃO DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO (NO₂) EM SÃO PAULO - SP DURANTE O ISOLAMENTO SOCIAL

Barbara Lumy Noda Nogueira

Universidade Federal da Paraíba - UFPB

lumynoda@gmail.com

Ana Beatriz Egypto Queiroga da Nóbrega

Universidade Federal da Paraíba - UFPB

anabqnobrega@gmail.com

Lucila Chebel Labaki

Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP

llabaki@gmail.com



QUALIDADE DO AR E COVID-19: ANÁLISE DA EMISSÃO DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO (NO₂) EM SÃO PAULO - SP DURANTE O ISOLAMENTO SOCIAL

L. Noda, A. B. E. Q. Nóbrega e L. C. Labaki

RESUMO

A pandemia decorrente da COVID-19 ocasionou uma série de medidas restritivas em escala global, afetando o funcionamento dos serviços, da mobilidade urbana e da circulação de pessoas. Ao registrar o primeiro caso de contaminação em fevereiro de 2020, a cidade de São Paulo adotou a quarentena a partir de 16 de março de 2020. Objetivando analisar o impacto da redução da mobilidade urbana na emissão do poluente atmosférico dióxido de nitrogênio (NO₂), dados provenientes de quatro estações meteorológicas de qualidade do ar localizadas próximas à zona central do município foram analisados. Como resultado, foi evidenciada uma redução significativa na concentração de NO₂ nos dois primeiros meses de quarentena (34%), quando a adesão ao isolamento atingiu média de 52%. Na quarentena de março a agosto 2020, a adesão média ao isolamento social foi de 48,64% e a concentração do poluente NO₂ reduziu 19,75%.

1 INTRODUÇÃO

Em dezembro de 2019 o mundo viu-se sob a convivência com um desconhecido tipo de agente biológico causador de graves sintomas respiratórios e com uma alta taxa de contágio. A doença causada pelo SARS-CoV-2 registrou seu primeiro caso na província de Wuhan na China, e rapidamente espalhou-se pelo globo atingindo em pouco tempo o status de Pandemia (Layne *et al.*, 2020; Yang *et al.*, 2020). Esse nível de espraiamento da COVID-19 no ano de 2020, passou então a exigir globalmente medidas emergenciais de distanciamento social, como forma de redução do seu contágio. Fechamento de escolas, escritórios, restaurantes, encorajamento para permanecer em casa e redução de interações e contatos físicos continuam sendo a forma mais eficaz de prevenção (Guo *et al.*, 2020; Tian *et al.*, 2020; Wilder-Smith e Freedman, 2020). Em Wuhan, as medidas de isolamento inicialmente adotadas foram a proibição de viagens, criação de limites de circulação, suspensão de transportes e fechamento de fábricas, as quais tiveram efeito substancial na redução da disseminação do vírus (Bao e Zhang, 2020). A pandemia, ainda que desafiante sob o aspecto da saúde global, trouxe à luz, de maneira quantitativa, o impacto da redução das atividades antropogênicas nas cidades, em um contexto de redução de mobilidade urbana sem precedentes no século XXI. Proporcional à velocidade do espalhamento do vírus, essa redução da mobilidade nas cidades passou a ser percebida sob vários aspectos nos principais centros urbanos, especialmente no que tange à emissão de poluentes atmosféricos. Uma vez

que o setor de transporte é o mais representativo emissor de poluentes nas áreas urbanas adensadas, a redução de circulação de veículos passou a ser refletida nos níveis de emissão desses poluentes que influenciam, entre outros fatores, na qualidade do ar nas cidades.

Ao combinar observações de satélite com modelos de computador detalhados da atmosfera, estudos divulgados no início da pandemia indicaram uma redução de cerca de 20% a 30% em material particulado na superfície de grande parte da China. Parte da redução da concentração de dióxido de nitrogênio - NO₂ na troposfera, foi atribuída ao impacto do Coronavírus com a redução em cerca de 40% nas cidades chinesas (EESA, 2020 a). Tratamentos de imagens demonstram igualmente uma redução significativa nas concentrações médias de NO₂ nas principais cidades da Índia, com a diminuição em torno de 40 a 50% do poluente em Mumbai e Déli, em comparação com o mesmo período em 2019 (EESA, 2020 b). Na Itália e França, as imagens de satélite demonstraram queda nos níveis de NO₂ entre 45% e 50%, em comparação com o mesmo período de 2019. Madri, Milão e Roma tiveram quedas em torno de 45%, enquanto Paris teve uma queda dramática de 54% - coincidindo com as rigorosas medidas de quarentena implementadas em toda a Europa (EESA, 2020 c).

Corroborando com os achados provenientes das imagens por satélite, estudos recentes conduzidos a partir de dados provenientes de estações de monitoramento locais foram realizados, com o intuito de analisar as mudanças na qualidade do ar decorrente dos bloqueios da COVID-19, especialmente os poluentes de origem antropogênica. Na Ásia, Mahato *et al.* (2020), utilizaram o National Air Quality Index (NAQI) a fim de avaliar as variações nas concentrações dos poluentes em 34 estações da megacidade Deli, Índia, uma das cidades que possui os mais altos índices de poluição do mundo. Os resultados do estudo demonstraram que durante o *lockdown* houve uma melhora significativa na qualidade do ar. As concentrações de NO₂ reduziram 52,68% durante o bloqueio. Kerimray *et al.* (2020), analisaram a qualidade do ar na cidade de Almaty, Cazaquistão, comparando as concentrações dos poluentes durante o *lockdown* em relação ao mesmo período de anos anteriores, e também ao período anterior ao bloqueio. As concentrações de NO₂ tiveram uma redução de 35%. Destarte, os autores destacam o impacto do tráfego na natureza complexa da poluição atmosférica em Almaty, mas também os impactos decorrentes de outras fontes de poluição emitidas por usinas termelétricas que influenciam nas concentrações de outros poluentes. Sicard *et al.* (2020) realizaram um estudo em quatro cidades europeias (Nice, Roma, Torino e Valência) em comparação com a cidade chinesa de Wuhan, analisando o período de bloqueio com o mesmo período nos anos de 2017-2019. Os resultados demonstraram que o confinamento provocou reduções nas concentrações médias de NO₂ em todas as cidades europeias, ~53% nas estações urbanas, comparáveis às de Wuhan ~57%, e ~65% nas estações em zonas de tráfego. Na África, Otmani *et al.* (2020), avaliaram as mudanças nos níveis de poluentes do ar na cidade de Salé e Marrocos durante as medidas de bloqueio em relação ao período anterior. Como resultado foram encontradas reduções de 96% para NO₂.

No Estado de São Paulo, ao considerar dados provenientes de um conjunto de estações de monitoramento na capital e em Cubatão, uma região industrial, no período inicial da quarentena até 20/04/2020, Nakada e Urban (2020) identificaram uma expressiva queda de até 54,3% na concentração de NO₂, em comparação com a média mensal dos cinco anos anteriores. Dantas *et al.* (2020), analisaram o impacto das medidas de isolamento na qualidade do ar no Rio de Janeiro no período de 02/03/2020 a 16/04/2020, comparando a concentração dos poluentes com o mesmo período do ano anterior, em duas estações de

monitoramento. Os resultados demonstraram que, durante a quarta e quinta semana, ocorreu uma diminuição nas concentrações de NO₂ (53,9 e 19,7%, respectivamente) o que levou a um aumento nos níveis de ozônio. E no período total analisado, ocorreu uma diminuição nos níveis de NO₂ em 2020, reduzindo 32,9 (na estação de Irajá) e 24,1% (na estação de Bangu).

Neste contexto, Muhammad *et al.* (2020) afirmam que o transporte é o setor mais atingido devido ao bloqueio, e, a partir de relatório do índice de mobilidade baseado no rastreamento do Google, identificaram reduções no setor de transporte entre 23 de fevereiro e 05 de abril de 2020, na Espanha (89%), Itália (86%), França (82%), Inglaterra (70%), Alemanha (47%) e EUA (54%). Segundo Dantas *et al.* (2020), embora o NO₂ seja emitido principalmente por veículos movidos a diesel, os níveis foram menores em 2020, o que também foi constatado em outros países, e que provavelmente pode ser atribuído à diminuição na circulação de ônibus e cancelamentos de viagens (voos e cruzeiros), entre outras fontes de emissão.

1.1 Qualidade do ar e COVID-19 em São Paulo - SP

Com uma área de 7.946 km², reunindo 39 municípios e uma população de 20 milhões de habitantes (SEADE, 2010), a região metropolitana de São Paulo apresenta uma das maiores frotas de veículos do país e uma elevada concentração de indústrias que implicam diretamente na qualidade do ar urbano na região. A cidade também apresenta os piores índices de poluição do ar no país, com emissões de 132 mil t/ano de monóxido de carbono (CO), 42 mil t/ano de hidrocarbonetos (HC), 77 mil t/ano de óxidos de nitrogênio (NO_x), 4,5 mil t/ano de material particulado (PM) e 11 mil t/ano de óxidos de enxofre (SO_x), sendo os veículos responsáveis por 97% das emissões de CO, 81% de HC, 80% de NO_x, 48% de SO_x e 40% de material particulado (PM) (Gouveia *et al.*, 2017).

A metrópole de São Paulo está entre as mais populosas do mundo, e a urbanização desordenada e aumento no número de fontes de poluição atmosférica ao longo dos anos, sobretudo decorrente da alta concentração de automóveis e fábricas, conduziu a uma situação crítica no que diz respeito à qualidade do ar na cidade (Andrade *et al.*, 2017). Embora cidades mais densas sejam uma das formas mais eficazes de ocupação em termos econômicos e de rastro deixado pelas emissões de dióxido de carbono - CO₂, a alta densidade, quando se dá por um processo de urbanização desordenada acarreta problemas associados à qualidade de vida da população, sobretudo das camadas mais pobres, o que causa insustentabilidade urbana (Jacobi, 2013). Desse modo, destaca-se que além da densidade populacional, a transmissão da COVID-19 pode ser afetada por diferentes fatores como condições climáticas (temperatura e umidade) e qualidade do sistema de saúde (Wang *et al.*, 2020; Jahangiri *et al.* 2020). Além disto, a grande concentração de poluentes no ar pode estar diretamente associada com a maior probabilidade de contágio pela pandemia (Zhu *et al.*, 2020). A exposição em longo prazo ao poluente NO₂ pode ser também um dos fatores que mais contribuem à mortalidade causada pelo vírus (Ogen, 2020).

O primeiro caso de COVID-19 no Brasil foi confirmado em 26 de fevereiro de 2020 em São Paulo - SP (Brasil, 2020), provocando, no âmbito municipal, as primeiras ações de enfrentamento à pandemia, definidas no Decreto Municipal Nº 59.283 de 16/03/2020, implementando o fechamento de estabelecimentos com potencial de aglomeração de pessoas; interrupção de eventos públicos; interrupção gradual das atividades escolares; incentivo à adoção do regime de teletrabalho; entre outras. Já o Decreto municipal nº 59.298 de 24/03/2020 suspendeu o atendimento presencial ao público em estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços. Na esfera estadual, o Decreto nº 64.881, de 22/3/2020

implementou a quarentena, com restrição de atividades de maneira a evitar a possível contaminação ou propagação do vírus, a partir de 24/03/2020 e com vigência até 07/04/2020. Essa vigência, no entanto foi sucessivamente prorrogada para 22 de abril (Decreto nº 64.920, de 6/4/2020); 31 de maio (Decreto nº 64.967, de 8/5/2020); 15 de junho (Decreto nº 64.994, de 28/5/2020); 28 de junho (Decreto nº 65.014, de 10/6/2020); 14 de julho (Decreto nº 65.032, de 27/6/2020); 30 de julho (Decreto nº 65.056, de 10/7/2020); 10 de agosto (Decreto nº 65.088, de 24/7/2020); 23 de agosto (Decreto nº 65.114, de 7/8/2020) e 06 de setembro (Decreto nº 65.143, de 21/8/2020) - até a conclusão deste artigo.

Destacam-se, ainda no período de vigência da quarentena, flexibilizações gradativamente implementadas, a citar os Decretos municipais nº 59.473 de 29/05/2020 que permitiu retomada de atividades específicas e funcionamento de estabelecimentos de comércio e de serviços; nº 59.600 de 09/07/2020 que autorizou a abertura de parques municipais; e o nº 59.669 de 05/08/2020 que instituiu protocolo para atendimento de bares e restaurantes em espaços públicos.

1.2 Adesão ao isolamento social

Adotado para indicar tendências de deslocamento e apontar a eficácia das medidas que restringiram a mobilidade e circulação de pessoas, o "índice de adesão ao isolamento social" foi colocado em prática pelo governo do Estado de São Paulo como balizador para a adoção de ações oficiais no enfrentamento da COVID-19 (São Paulo, 2020). A partir de dados georreferenciados sobre deslocamentos da população, o Sistema de Monitoramento Inteligente de São Paulo - SIMI/SP mantém desde maio/2020 o índice por meio de acordo com operadoras de telefonia, e atuação de equipe técnica do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT (IPT, 2020). Os índices sobre isolamento social em todos os municípios paulistas, de periodicidade diária, são disponibilizados no endereço eletrônico do Governo do Estado desde a sua implementação. Presume-se nesse estudo, que a adesão ao isolamento social é inversamente proporcional e reflete quantitativamente a redução na mobilidade urbana.

Com o isolamento, as cidades estiveram livres de trânsito pesado, pessoas se movimentando e o comércio aberto. Deste modo, surge a pergunta: *até onde a ausência dessas atividades impactou a poluição atmosférica?* A partir desse questionamento, o presente estudo tem como objetivo comparar a emissão do poluente dióxido de nitrogênio (NO₂) na zona central de São Paulo - SP durante a quarentena decorrente da pandemia da COVID-19, em relação ao mesmo período nos anos anteriores. Foi analisado o período de janeiro a agosto de 2020, em comparação ao mesmo período na série temporal de 2015 a 2019, a partir de dados provenientes de quatro estações urbanas de monitoramento da qualidade do ar localizadas no centro da cidade de São Paulo.

3 MÉTODO

O estudo consistiu na análise de dados primários das concentrações do poluente provenientes de estações de monitoramento da qualidade do ar no município, mantidas pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, CETESB (CETESB, 2020). Como critério, foram selecionadas quatro estações de monitoramento próximas à região central de São Paulo, área urbana caracterizada pelo trânsito intenso de automóveis: *Marginal Tietê - Ponte dos Remédios* (A); *Parque Rodoviário Dom Pedro II* (B), *Cerqueira César* (C) e *Pinheiros* (D) (Figura 1). A Estação B caracteriza-se pela implantação em um terminal rodoviário, as

Estações A e D caracterizam-se pela proximidade a rodovias de intenso fluxo. Foi utilizado, como referência, o valor médio das quatro estações de monitoramento.

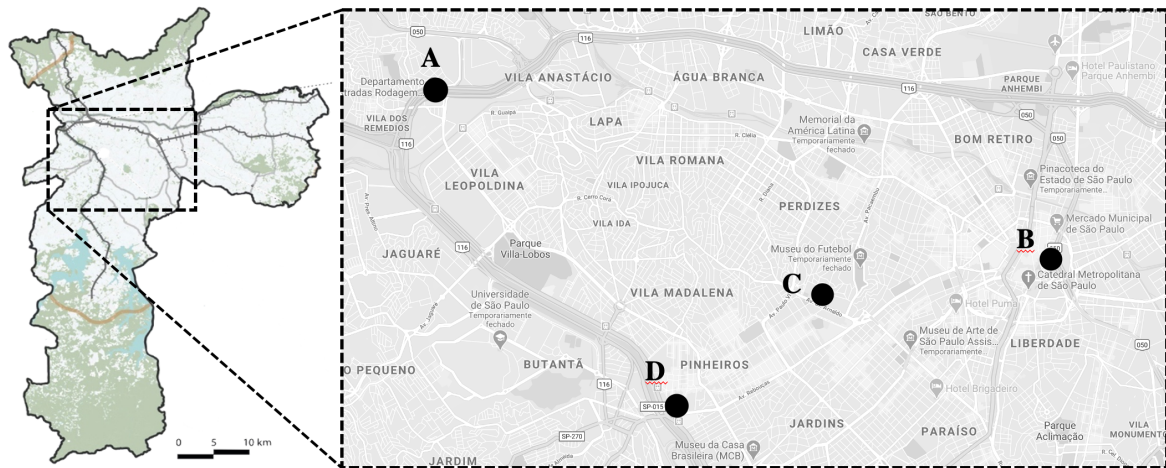


Fig 1 Localização das estações de monitoramento da qualidade do ar em São Paulo - SP. Adaptado de Google (2020).

Das estações foram reunidos os dados primários do poluente, disponibilizados por médias horárias / dia, e a partir desses foram calculadas médias diárias, do período de 01 de janeiro a 31 de agosto, nos anos de 2015 a 2020. Adotar valores diários para a variável possibilitou uma análise comparativa com o índice diário de adesão ao isolamento social, para detectar as mudanças na série temporal, e quantificar o efeito das restrições de mobilidade urbana nos níveis de emissão do poluente. Em razão do período de férias de verão e feriado de carnaval que antecederam a pandemia no país, priorizou-se a análise a partir dos desvios das concentrações médias diárias em relação ao mesmo período dos 5 anos anteriores, de 2015 a 2019.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados individuais das estações de monitoramento da qualidade do ar *Cerqueira César*, *Pinheiros* e *Parque Dom Pedro II* demonstraram um comportamento similar das concentrações médias diárias do poluente NO_2 , destacando-se os valores mais elevados da estação *Marginal Tietê - Ponte dos Remédios*, situada em local caracterizado pelo fluxo intenso de veículos - notadamente responsáveis pela emissão de gases poluentes. A Figura 2 evidencia as reduções na concentração do poluente no período inicial da quarentena, compreendido entre o final de março de 2020 e abril, e também demonstra o aumento dos níveis de emissão a partir do mês de maio, inclusive em relação aos primeiros meses do ano.

Considerando o valor médio diário do conjunto de dados das quatro estações de monitoramento, os resultados demonstraram que em 2020 a concentração de NO_2 na região central de São Paulo - SP manteve-se inferior em relação à série temporal de 2015 a 2019: enquanto nos dois primeiros meses do ano são observadas quedas nas concentrações de até 18,26%, no período da quarentena decorrente da COVID-19 (de março a agosto de 2020), essa queda totalizou 19,75% (Tabela 1). Embora estudos nas principais metrópoles brasileiras tenham demonstrado quedas mais expressivas na concentração do poluente durante a quarentena, estas ocorreram nos primeiros dois meses da pandemia, até abril/2020 (Nakada e Urban, 2020; Dantas *et al.*, 2020).

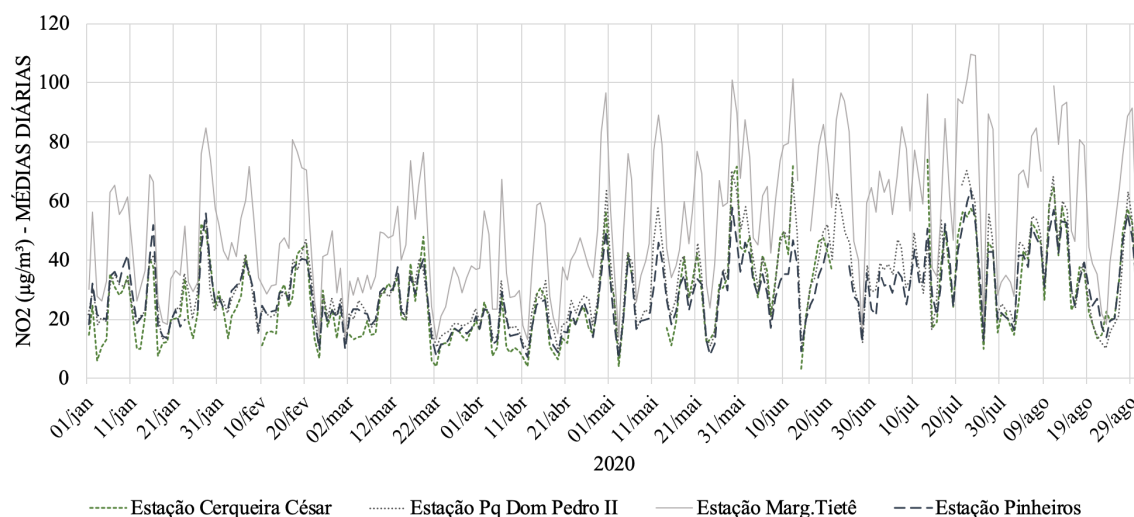


Fig.2 Concentração diária média do poluente nas quatro estações de monitoramento analisadas, de janeiro a agosto de 2020.

Tabela 1 Médias mensais em 2020, série de 5 anos (2015-2019) do poluente NO₂ e porcentagem média de adesão ao isolamento social.

Mês	Valores médios NO ₂ (µg/m ³)		Variação* (%)	Isolamento social
	2020	2015-2019		
jan	31,10	38,05	-18,26	-
fev	31,78	38,56	-17,57	-
mar	26,11	38,85	-32,79	52,00%
abr	25,49	39,30	-35,14	52,48%
mai	37,05	42,75	-13,34	50,71%
jun	45,33	50,30	-9,89	48,47%
jul	45,81	55,75	-17,84	45,77%
ago	41,67	52,05	-19,94	44,45%
17/03/2020 a 31/08/2020	37,79	47,08	-19,75	48,64%

(*) 2020 em relação à média da série de 2015 a 2019

Analisando os resultados no contexto da quarentena estendida, percebe-se que as reduções mais expressivas na concentração de NO₂ no contexto da região central de São Paulo - SP ocorreram nos meses de março e abril de 2020, respectivamente 32,79% e 35,14%, em relação ao mesmo período na série de 2015 a 2019. Nos meses de maio e junho notam-se as menores reduções, enquanto que, nos meses de julho e agosto as variações assemelham-se ao observado no período que precedeu a pandemia da COVID-19, conforme demonstrado na Tabela 1 e Figura 3.

As oscilações na adesão ao isolamento social influenciaram os valores médios da concentração do poluente, demonstrando que índices acima de 52% - observados em março e abril de 2020 - proporcionaram as reduções mais significativas do NO₂. É preciso considerar que no Brasil, de acordo com o entendimento destacado por Dantas *et al.* (2020) houve uma falta de consenso sobre a importância e necessidade do distanciamento social. O isolamento no município de São Paulo chegou a atingir, no período inicial, a porcentagem

máxima de 59%, mas a partir de julho passaram a predominar porcentagens por volta dos 45% (Tabela 2). Conforme observado na Figura 4, no primeiro mês da quarentena o índice de isolamento manteve-se constante numa média próxima aos 55%, passando a apresentar oscilações em abril e maio, e a apresentar médias predominantemente abaixo dos 50% a partir de junho. Esses últimos fatos coincidem com os períodos das flexibilizações na circulação e no funcionamento de estabelecimentos - principalmente os comerciais - definidas em decretos estaduais. Essas oscilações refletem-se igualmente no comportamento das concentrações do poluente, período no qual são observadas grandes oscilações e médias máximas atingindo valores superiores ao período anterior à pandemia e à média dos cinco anos anteriores. O mesmo ocorre com as médias mínimas.

Tabela 2 Resultados do índice de adesão ao isolamento social em São Paulo – SP

Período	Índice de isolamento social (%)			Desvio Padrão
	Média	Máximo	Mínimo	
17/03/2020 a 31/08/2020	48,64	59,00	38,00	4,63

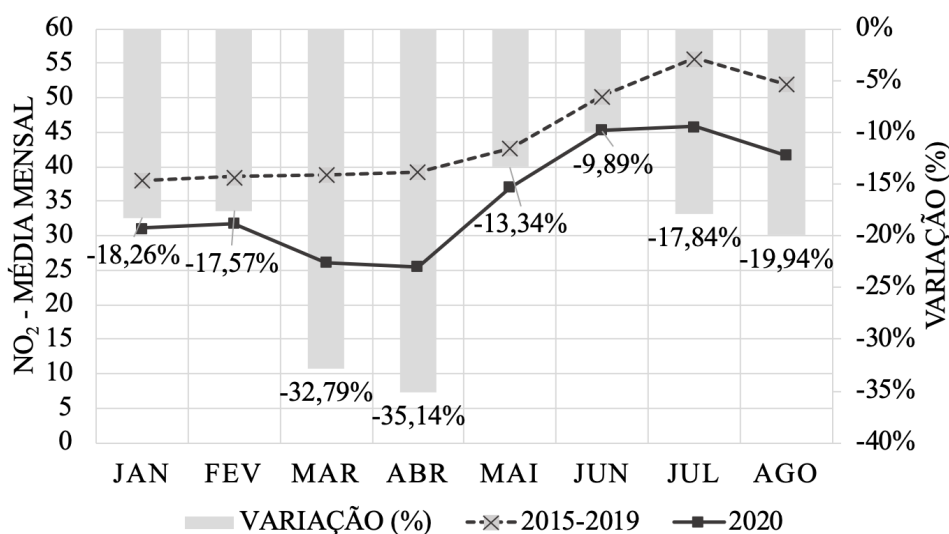


Fig.3 Variação dos poluentes de 2020 em relação à série de 5 anos (2015-2020), de janeiro a agosto.

A partir do gráfico de dispersão do índice diário de adesão ao isolamento social e das médias diárias da concentração de NO₂ no intervalo de 17/03/2020 a 31/08/2020, verifica-se uma correlação negativa, de força moderada, sugerindo que maiores índices do isolamento social implicam em menores concentrações do poluente, também sendo verdadeiro o oposto – conforme ilustração da linha de tendência (Fig. 5). O índice de isolamento pode explicar 32,36% da concentração de NO₂ no período, e a correlação de Pearson é de -0,57. Esse resultado vai ao encontro dos achados de Bao e Zhang (2020), que identificaram forte associação entre as acentuadas reduções na mobilidade humana, durante o período de *lockdown* em 44 cidades chinesas com a redução da poluição do ar, sugerindo que as atividades relacionadas ao homem estão fortemente associadas à qualidade do ar.

Os resultados demonstram ainda a necessidade de investigação de outros fatores circunstanciais – inclusive meteorológicos – que possam ter influenciado os picos e as

oscilações nas concentrações médias do poluente a partir de maio de 2020. Ainda que nesse período tenha ocorrido uma queda na adesão ao isolamento social (média de 47% entre maio e agosto), no contexto urbano de uma metrópole como São Paulo se trata de uma redução relevante na mobilidade urbana.

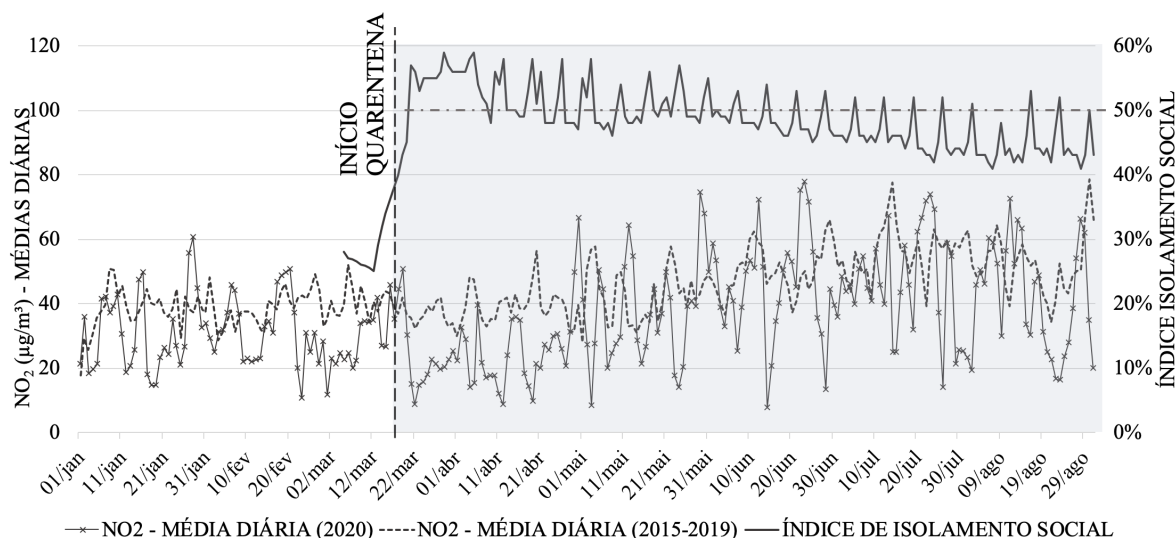


Fig.4 Concentração diária do poluente de janeiro a agosto, em 2020 e média dos 5 anos anteriores (2015-2020) e índice de isolamento social, de 17/03/2020 a 31/08/2020.

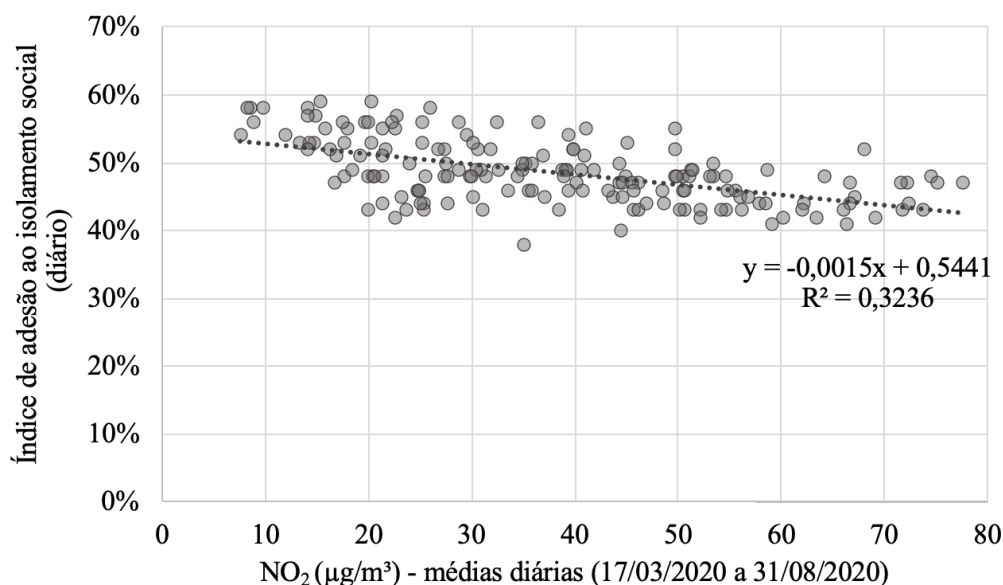


Fig.5 Gráfico de dispersão dos valores diários médio da concentração de NO₂ e índices de isolamento social em São Paulo - SP, de 17/03/2020 a 31/08/2020.

Dessa forma, destaca-se que diversas cidades em todo o mundo registraram melhorias na qualidade do ar, ainda que tais alterações sejam diferentes em locais com fontes geradoras de poluentes não relacionadas ao tráfego de veículos (Kerimray *et al.*, 2020). Embora o impacto positivo na qualidade do ar decorrente do isolamento social possa ser temporário, as análises sobre qualidade do ar durante o período da pandemia da COVID-19 podem ajudar

governos e indivíduos a aprender como reduzir a poluição em longo prazo e a prever alternativas para diminuir o uso de combustíveis fósseis no futuro (Muhammad *et al.*, 2020; Rodríguez-Urrego e Rodríguez-Urrego, 2020). E mesmo que as restrições de viagens e trânsito de pessoas não possam ser aplicadas à prevenção e controle da poluição do ar, é possível melhorar a qualidade do ar reduzindo os movimentos individuais não essenciais, destacando a importância do transporte ecológico (Bao e Zhang, 2020). Ademais, pandemias e situações de calamidade ocorreram diversas vezes ao longo da história da humanidade, tendo como consequências, além de inúmeras mortes, mudanças em hábitos da sociedade e no planejamento urbano. De acordo com Gouveia e Kanai (2020), a pandemia causada pelo SARS-CoV-2 revela mais uma vez a relação entre a saúde e o ambiente urbano. A ação antropogênica modifica ou destrói a biodiversidade, este fato, aliado às mudanças climáticas possivelmente está diretamente relacionado ao surgimento de novos vírus, como é o caso do vírus que causa a COVID-19 (Lorentzen *et al.*, 2020). Neste contexto, também é importante ressaltar que o desenho urbano, as variáveis climáticas e ambientais, configurações habitacionais e densidade populacional, a infraestrutura sanitária e de transporte, podem favorecer ou não o controle de uma pandemia.

5 CONCLUSÕES

O estudo concluiu que a diminuição da mobilidade urbana e a redução no tráfego de veículos durante a quarentena imposta pela pandemia da COVID-19, gerou um impacto positivo na qualidade do ar, com a redução de concentração do poluente NO₂ na zona central do município de São Paulo - SP. A partir daí, uma queda mais acentuada foi observada no período inicial da pandemia que já atingiu quase 6 meses, e ocorrendo menores reduções a partir do terceiro mês. Das análises realizadas nesse estudo, destacam-se:

- No período da quarentena, de 17/03/2020 a 31/08/2020, foi observada uma redução de 19,75% nos valores médios de concentração do poluente NO₂;
- Em março e abril verificou-se redução de cerca de 34%;
- De maio a agosto a redução foi de cerca de 15%;
- A adesão média ao isolamento social no período foi de 48,64%;
- As reduções mais relevantes ocorreram com a adesão de 52% da população ao isolamento social.

6 REFERÊNCIAS

Andrade, M.F., Kumar, P., Freitas, E.D., Ynoue, R.Y., Martins, J., Martins, L.D., Nogueira, T., Perez-Martinez, P., Miranda, R.M., Albuquerque, T., Gonçalves, F.L.T., Oyama, B. e Zhang, Y. (2017) Air quality in the megacity of São Paulo: Evolution over the last 30 years and future perspectives, *Atmos. Environ.*, 159, 66–82, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.03.051>

Bao, R. e Zhang, A. (2020) Does lockdown reduce air pollution? Evidence from 44 cities in northern China, *Sci. Total Environ.*, 731, 139052, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139052>

Brasil (2020) Ministério da Saúde – COVID19 – Painel Coronavírus. Disponível em <<https://covid.saude.gov.br/>>. Consultado em 30/07/2020.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2020) QUALAR: Qualidade do ar, São Paulo. Disponível em <<https://cetesb.sp.gov.br/ar/qualar>>. Consultado em 01/09/2020.

Dantas, G., Siciliano, B., França, B. B., Silva, C. M. e Arbilla, G. (2020) The impact of COVID-19 partial lockdown on the air quality of the city of Rio de Janeiro, Brazil, **Science of the Total Environment**, 729, 139085, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139085>

EESA – The European Space Agency (2020 a) COVID-19: nitrogen dioxide over China. Disponível em https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/COVID-19_nitrogen_dioxide_over_China. Consultado em 30/04/2020.

EESA – The European Space Agency (2020 b) Air pollution drops in India following lockdown. Disponível em: https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/Air_pollution_drops_in_India_following_lockdown. Consultado em 30/04/2020.

EESA – The European Space Agency (2020 c). Air pollution remains low as Europeans stay at home. Disponível em: https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/Air_pollution_remains_low_as_Europeans_stay_at_home. Consultado em 30/04/2020.

Gouveia, N., Corrallo, F.P., Ponce de Leon, A.C., Junger, W. e Freitas, C.U. (2017) Poluição do ar e hospitalizações na maior metrópole brasileira, **Rev Saude Publica**, 51, 117, <https://doi.org/10.11606/S1518-8787.2017051000223>

Gouveia, N., Kanai, C. (2020) Pandemics, cities and public health, **Ambient. e Soc.** 23, 1–12. <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC20200120VU2020L3ID>

Google (2020). Google Maps. Disponível em <https://www.google.com.br/maps>. Consultado em 30/07/2020.

Guo, X.J., Zhang, H. e Zeng, Y.P. (2020) Transmissibility of COVID-19 in 11 major cities in China and its association with temperature and humidity in Beijing, Shanghai, Guangzhou, and Chengdu, **Infect. Dis. Poverty**, 9, 1–13, <https://doi.org/10.1186/s40249-020-00708-0>

Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT (2020) Notícias: Perguntas sobre isolamento social. Disponível em: https://www.ipt.br/noticia/1623_perguntas_sobre_isolamento_social.htm. Consultado em 30/07/2020

Jacobi, P.R. (2013) São Paulo metrópole insustentável – como superar esta realidade? **Cad. Metrópole**, 15, 219–239.

Jahangiri, M., Jahangiri, M. e Najafgholipour, M. (2020) The sensitivity and specificity analyses of ambient temperature and population size on the transmission rate of the novel coronavirus (COVID-19) in different provinces of Iran, **Sci. Total Environ.** 728, 138872, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138872>

Kerimray, A., Baimatova, N., Ibragimova, O.P., Bukenov, B., Kenessov, B., Plotitsyn, P. e Karaca, F. (2020) Assessing air quality changes in large cities during COVID-19 lockdowns: The impacts of traffic-free urban conditions in Almaty, Kazakhstan, **Sci. Total Environ.** 730, 139179, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139179>

Layne, S. P., Hyman, J. M., Morens, D. M., e Taubenberger, J. K. (2020) New coronavirus outbreak: Framing questions for pandemic prevention, **Science Translational Medicine**, 12 (534). <https://doi.org/10.1126/scitranslmed.abb1469>

Lorentzen, H.F., Benfield, T., Stisen, S., Rahbek, C. (2020) Covid-19 is possibly a consequence of the anthropogenic biodiversity crisis and climate changes, **Dan. Med. J.** 67.

Mahato, S., Pal, S. e Ghosh, K.G. (2020) Effect of lockdown amid COVID-19 pandemic on air quality of the megacity Delhi, India, **Sci. Total Environ.** 730, 139086, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139086>

Muhammad, S., Long, X. e Salman, M. (2020) COVID-19 pandemic and environmental pollution: A blessing in disguise? **Sci. Total Environ.** 728, 138820, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138820>

Nakada, L.Y.K. e Urban, R.C. (2020) COVID-19 pandemic: Impacts on the air quality during the partial lockdown in São Paulo state, Brazil, **Sci. Total Environ.** 730, 139087, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139087>

Ogen, Y. (2020) Assessing nitrogen dioxide (NO₂) levels as a contributing factor to coronavirus (COVID-19) fatality, **Sci. Total Environ.** 726, 138605, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138605>

Otmani, A., Benchrif, A., Tahri, M., Bounakhla, M., Chakir, E.M., El Bouch, M. e Krombi, M. (2020) Impact of Covid-19 lockdown on PM₁₀, SO₂ and NO₂ concentrations in Salé City (Morocco), **Sci. Total Environ.** 735, 139541. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139541>

SÃO PAULO. Adesão ao isolamento social em SP, São Paulo (2020) Disponível em: <https://www.saopaulo.sp.gov.br/coronavirus/isolamento/>. Consultado em 01/09/2020.

SEADE - Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (2020) Projeção da população por faixas etárias quinquenais. Disponível em: <https://produtos.seade.gov.br/produtos/projpop/index.php>. Consultado em 30/04/2020.

Sicard, P., De Marco, A., Agathokleous, E., Feng, Z., Xu, X., Paoletti, E., Rodriguez, J.J.D. e Calatayud, V. (2020) Amplified ozone pollution in cities during the COVID-19 lockdown, **Sci. Total Environ.** 735, 139542, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139542>

Tian, H., Liu, Y., Li, Y., Wu, C., Chen, B., Kraemer, M.U.G., Li, B., Cai, J., Xu, B., Yang, Q., Wang, B., Yang, P., Cui, Y., Song, Y., Zheng, P., Wang, Q., Bjornstad, O.N., Yang, R., Grenfell, B.T., Pybus, O.G. e Dye, C. (2020) An investigation of transmission control measures during the first 50 days of the COVID-19 epidemic in China, **Science**, b6105, <https://doi.org/10.1126/science.abb6105>

Wang, J., Tang, K., Feng, K., Lin, X., Lv, W., Chen, K., Wang, F. (2020) High Temperature and high humidity reduce the transmission of COVID-19. Disponível em SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3551767>, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3551767>

Wilder-Smith, A. e Freedman, D.O. (2020) Isolation, quarantine, social distancing and community containment: pivotal role for old-style public health measures in the novel coronavirus (2019-nCoV) outbreak, **J. Trav. Med.**, taaa020, <https://doi.org/10.1093/jtm/taaa020>

Yang, Y., Peng, F., Wang, R., Guan, K., Jiang, T., Xu, G., Sun, J. e Chang, C. (2020) The deadly coronaviruses: The 2003 SARS pandemic and the 2020 novel coronavirus epidemic in China, **J. Autoimmun.** 109, 102434, <https://doi.org/10.1016/j.jaut.2020.102434>

Zhu, Y., Xie, J., Huang, F. e Cao, L. (2020) Association between short-term exposure to air pollution and COVID-19 infection: evidence from China, **Sci. Total Environ.** 727, 138704, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138704>