

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DAS ALTERAÇÕES DE CONCENTRAÇÃO DE NO₂ NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO A PARTIR DE DADOS ORBITAIS

Mariana Dias Ramos¹

Bruna Martins da Paixão²

Poluição atmosférica

Resumo

Os níveis de poluição atmosférica em grandes centros urbanos estão diretamente relacionados à intensa atividade econômica dessas regiões, ocasionando impactos nocivos à saúde e ao meio ambiente. Acontecimentos incomuns, como o estabelecimento de um decreto de estado de quarentena em meio a uma pandemia, podem ocasionar alterações significativas no ritmo de produção e fluxo de transporte nas cidades e, conseqüentemente, nos níveis de emissão de substâncias poluentes. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo realizar uma análise espaço-temporal comparativa entre as concentrações de NO₂ na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) durante o primeiro semestre dos anos de 2019 e 2020 por meio do uso de dados orbitais. Foi realizado o processamento de dados do sensor Sentinel-5P na plataforma *Google Earth Engine*, possibilitando a comparação de valores acumulados e médios de densidades de emissões de NO₂ em séries históricas, assim como a observação de seu comportamento espaço-temporal ao longo da área de estudo. Foi verificada uma mudança abrupta na tendência de emissão de NO₂ a partir do mês de março de 2020, mesmo mês em que iniciou o período de quarentena e adoção de medidas de isolamento social. Como consequência, os meses posteriores, referentes ao primeiro semestre de 2020, apresentaram reduções expressivas de emissão se comparadas com o mesmo período do ano de 2019, além de alterações nos padrões espaciais de emissão.

Palavras-chave: Google Earth Engine; Isolamento social; Sentinel-5P; Séries temporais

INTRODUÇÃO

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) destaca-se como uma das áreas mais críticas do estado de São Paulo em termos de poluição do ar, principalmente em razão das emissões veiculares, considerando os aspectos de aumento da frota, o uso intensivo do veículo para transporte individual e o aumento de congestionamentos (CETESB, 2019). De acordo com dados da Cetesb (2019), na RMSP os veículos pesados são responsáveis por

¹ Graduanda em Geografia, UNESP – Campus Rio Claro, Departamento de Geografia e Planejamento Ambiental, mdramos1998@gmail.com.

² Mestranda em Ciências Ambientais, UNESP – Campus Sorocaba, Instituto de Ciência e Tecnologia, bruna.mp@live.com.

43,8% das emissões de NO_x , enquanto 36,1% das emissões são originadas a partir de processos industriais. Esses processos de combustão relacionados às indústrias e aos veículos automotores são fontes de emissão de nitrogênio reativo para a atmosfera, principalmente óxidos de nitrogênio ($\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$), sendo o NO o principal composto emitido, o qual é rapidamente oxidado para NO_2 (UGUÇIONE *et al.* 2009). O dióxido de nitrogênio (NO_2), pode levar à formação de ácido nítrico, nitratos e compostos orgânicos tóxicos, o que gera uma série de impactos negativos ao meio ambiente e à saúde (DRUMM *et al.*, 2014)

A aquisição de dados referentes à emissão de NO_x pode ocorrer por meio de técnicas de sensoriamento remoto. O satélite Sentinel-5P fornece informações diárias sobre concentrações de gases e aerossóis relevantes para a qualidade do ar, aspectos climáticos e para a camada de ozônio (VEEFKIND *et al.*, 2020). Considerando a possibilidade de que a redução das atividades industriais, a paralisação de atividades econômicas e o isolamento social tenham influenciado no fluxo de veículos e, conseqüentemente, na diminuição da concentração de NO_2 na atmosfera durante o primeiro semestre de 2020, devido a pandemia do COVID-19, o objetivo desse trabalho é realizar uma análise espaço-temporal comparativa entre as concentrações de NO_2 na RMSP durante o primeiro semestre dos anos de 2019 e 2020 por meio do uso de dados orbitais, visando a identificação das alterações ocasionadas nos padrões de emissão.

METODOLOGIA

Na plataforma de computação em nuvem *Google Earth Engine* (GEE) os dados do satélite Sentinel-5P foram acessados e processados utilizando-se de *scripts*, em linguagem JavaScript e Python para manipular os dados orbitais (GORELICK *et al.*, 2017). No GEE foi criado um arquivo *asset* correspondente à área de estudo, esse arquivo foi o critério do primeiro filtro aplicado na coleção de imagens Sentinel, resultando em um banco de imagens delimitadas pela RMSP. Em seguida, foram aplicados filtros temporais ordenando cronologicamente todos os dados registrados pelo sensor ao longo do primeiro semestre dos anos de 2019 e 2020. Esses dados foram fatiados de acordo com os meses de janeiro a junho de cada ano. No último filtro aplicado à coleção, foi definido o tipo de dado a ser

trabalhado nas etapas seguintes, selecionando a banda das imagens referente à densidade da coluna de NO_2 , na unidade $\mu\text{mol}/\text{m}^2$. A partir da disponibilidade desses dados, foi feito um processamento com a ferramenta de operações matemáticas, denominada redutor de soma, na qual calculou, transversalmente, a pilha de dados de todo pixel, ou seja, o total de medidas da coluna de NO_2 para cada mês. Por fim, foi aplicado o redutor de média nas séries temporais para a obtenção do valor da emissão média mensal da coluna de NO_2 ao longo da RMSP.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo do primeiro semestre de 2019, os mapas, ilustrados na Figura 1, representam o valor acumulado das medições de NO_2 para cada mês, evidenciando um aumento progressivo da sua amplitude. Observa-se que para o mês de janeiro o maior valor acumulado de um pixel foi igual a $4334 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ enquanto para o mês de junho do mesmo ano esse valor foi correspondente a $8297 \mu\text{mol}/\text{m}^2$.

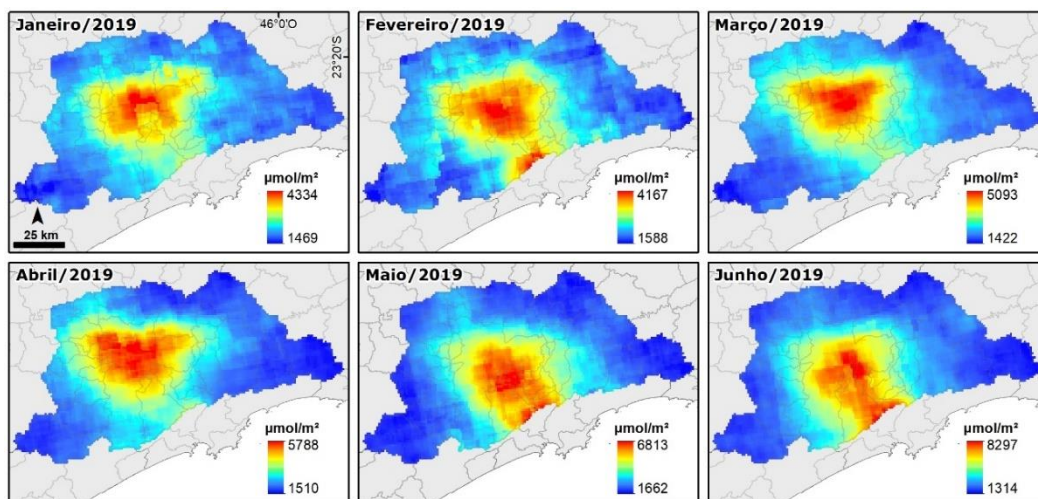


Figura 1 – Variação das emissões de NO_2 na RMSP durante o primeiro semestre de 2019.

Segundo o relatório da Cetesb (2019), esse é um padrão observado anualmente devido aos fatores climáticos característicos do período de inverno, como inversões térmicas, ventos fracos e baixos índices pluviométricos, que resultam em valores mais altos de NO_2 na atmosfera entre os meses de maio a setembro.

Na Figura 1 também é possível observar que a área mais central da RMSP, correspondente ao município de São Paulo e, mais especificamente, ao eixo das zonas

Oeste-Leste 1, apresenta as maiores concentrações de alta densidade da coluna de NO_2 em relação aos municípios limítrofes, caracterizando-se, portanto, como o epicentro das emissões.

Nota-se que o padrão de distribuição espaço-temporal das emissões de NO_2 na RMSP, apresentou alterações durante o primeiro semestre de 2020 (Figura 2). Como diferenças, pode-se citar a diminuição da amplitude e a dispersão dos maiores valores acumulados. Para o mês de janeiro, o maior valor acumulado de um pixel foi igual a $3671 \mu\text{mol}/\text{m}^2$, enquanto o para mês de junho do mesmo ano, esse valor foi correspondente a $4902 \mu\text{mol}/\text{m}^2$.

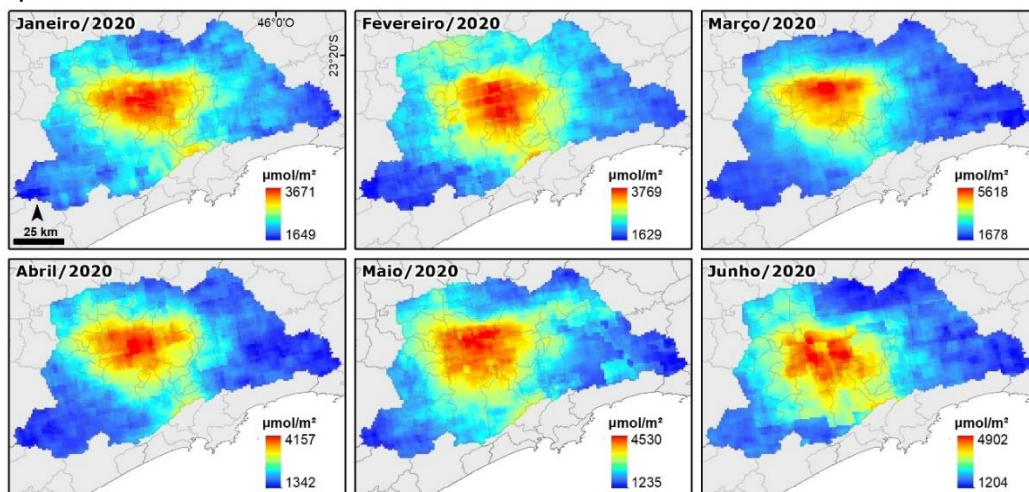


Figura 2 – Variação das emissões de NO_2 na RMSP durante o primeiro semestre de 2020.

Até o mês de março de 2020, o padrão de comportamento das emissões de NO_2 na RMSP apresentava tendência semelhante ao ano de 2019 (Figura 3), e aos anos anteriores, segundo dados históricos registrados pela Cetesb (2019).

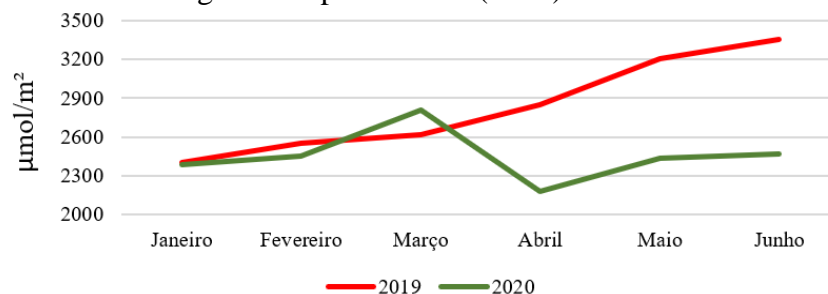


Figura 3 – Comparação das emissões médias de NO_2 na RMSP durante o primeiro semestre dos anos de 2019 e 2020

Entretanto, a partir do mês de abril de 2020, os valores de emissão de NO_2 apresentaram expressiva redução em relação ao padrão observado no ano de 2019, fato que

pode ter sido influenciado pela oficialização do período de quarentena no município de São Paulo, considerando a adoção de medidas relacionadas ao isolamento social. Durante os meses de abril a junho, a taxa de isolamento social na RMSP apresentou variações na ordem de 48% a 51%, de acordo com o Sistema de Monitoramento Inteligente do Estado de São Paulo (SIMI-SP), evidenciando os impactos resultantes nas emissões de NO₂.

CONCLUSÕES

Os produtos do processamento dos dados Sentinel-5P, realizado na plataforma do GEE, apresentaram resultados satisfatórios para a análise da dinâmica de emissão de NO₂ na RMSP para o primeiro semestre dos anos de 2019 e 2020. Verificou-se que o ano de 2020 apresentou um comportamento atípico em relação aos registros de emissão referentes ao ano de 2019, quebrando o padrão observado em anos anteriores. Dessa forma, pode-se afirmar que a adoção do isolamento social foi um fator determinante para a queda dos níveis de poluição atmosférica ocasionadas pelo NO₂.

REFERÊNCIAS

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Qualidade do ar no estado de São Paulo 2018. São Paulo: CETESB, 2019.

DRUMM, F. C.; GERHARDT, A. E.; FERNANTES, G. D.; CHAGAS, P.; SUCOLOTTI, M. S.; KEMERICH, P. D. C. Poluição atmosférica proveniente da queima de combustíveis derivados do petróleo em veículos automotores. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Digital**, v. 18, abr. 2014, UFSM, Santa Maria, p. 66-78.

GORELICK, N.; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S.; THAU, D.; MOORE, R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment** v 202, 18–27, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>

UGUCIONE, C.; MACHADO, C. M. D.; CARDOSO, A. A. Avaliação de NO₂ na atmosfera de ambientes externos e internos na cidade de Araraquara, São Paulo. **Química Nova**, v. 32, n. 7, São Paulo, 2009.

VEEFKIND, J. P.; ABEN, I.; MCMULLAN, K.; FORSTER, H.; VRIES, J.; OTTER, G.; CLAAS, J.; HAAN, J. F.; KLEIPOOL, Q.; WEELE, M.; HASEKAMP, O.; HOOGEVENN, R.; LANDGRAF, J.; INGMANN, R. V.; LEVELT, P. F. TROPOMI on the ESA Sentinel-5 Precursor: A GMES mission for global observations of the atmospheric composition for climate, air, quality and ozone layer applications. **Remote Sensing of Environment**, v. 120, 15 mai. 2020, p. 70-83.