

## Avaliação das consequências da pandemia de COVID-19 na qualidade do ar no Rio Grande do Sul com uso da plataforma GIOVANNI-NASA

A poluição do ar é um tema muito recorrente, sendo objeto de estudo em várias pesquisas relacionadas a saúde pública. Desde 31 de dezembro de 2019, o vírus SARS-CoV-2 se espalhou no mundo: na África, Ásia, América, Europa e Oceania. A partir de 12 de março de 2020 foi considerada pandemia e, ao ponto que o número de casos aumentou, os países começaram a adotar algum tipo de medida para conter a propagação do vírus. Sendo assim, o objetivo desta pesquisa foi realizar uma análise espaço-tempo dos níveis de poluentes no estado do Rio Grande do Sul (RS), nos anos de 2018 a 2022. Foram analisadas concentrações de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) e ozônio (O<sub>3</sub>). As imagens foram obtidas na plataforma GIOVANNI-NASA no período de 1 de março à 1 de abril, para cada da pesquisa. CO, NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub> apresentaram diferenças significativas entre os anos de 2018 e 2021. Além disso, o CO e o NO<sub>2</sub> sofreram reduções em seus níveis para o ano de 2019, anterior a pandemia. A concentração de O<sub>3</sub>, por outro lado, ficou mais alta durante a pandemia, pois este é influenciado diretamente pela emissão de monóxido de nitrogênio. A pandemia da COVID-19 alterou as concentrações de poluentes no Rio Grande do Sul, tanto de forma positiva quanto negativa. O Sensoriamento Remoto permite analisar, de forma rápida e precisa, os impactos gerados principalmente pelas atividades humanas no meio ambiente, tornando-se fundamental para a busca de soluções.

**Palavras-chave:** Poluição atmosférica; Coronavírus; Sensoriamento remoto.

## Evaluation of the consequences of the COVID-19 pandemic on the air quality in Rio Grande do Sul using the GIOVANNI-NASA platform

Air pollution is a recurrent theme, being the subject of study in several researches related to public health. As of December 31, 2019, the SARS-CoV-2 virus has spread worldwide: in Africa, Asia, America, Europe, and Oceania. As of March 12, 2020, it was considered a pandemic, and as the number of cases increased, countries began to adopt some sort of measure to contain the spread of the virus. Thus, the objective of this research was to perform a space-time analysis of the levels of pollutants in the state of Rio Grande do Sul (RS), in the years 2018 to 2022. Sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>), carbon monoxide (CO), nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) and ozone (O<sub>3</sub>) concentrations were analyzed. Images were taken on the GIOVANNI-NASA platform during the period from March 1 to April 1, for each of the research. CO, NO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub> showed significant differences between the years 2018 and 2021. In addition, CO and NO<sub>2</sub> experienced decreases in their levels for the year 2019, prior to the pandemic. The concentration of O<sub>3</sub>, on the other hand, became higher during the pandemic, as this is directly influenced by nitrogen monoxide emissions. The COVID-19 pandemic altered the concentrations of pollutants in Rio Grande do Sul, both positively and negatively. Remote Sensing allows us to analyze, quickly and accurately, the impacts generated mainly by human activities on the environment, becoming fundamental to the search for solutions.


**Keywords:** Air pollution; Coronavirus; Remote sensing.

Topic: **Meteorologia, Climatologia e Mudanças Climáticas**


Received: **05/09/2022**


Approved: **22/09/2022**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.


**Ruan Bernardy**   
Universidade Federal de Pelotas, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/4011160563175226>  
<http://orcid.org/0000-0001-9285-1993>  
[ruanbernardy@yahoo.com.br](mailto:ruanbernardy@yahoo.com.br)


**Talita Aguida Dadalt**   
Universidade Federal de Pelotas, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/3207819168109737>  
<http://orcid.org/0000-0001-7916-7126>  
[talitadadalt@live.com](mailto:talitadadalt@live.com)


**Aguinaldo Dídio Piske**   
Universidade Federal de Pelotas, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/2053750363258094>  
<http://orcid.org/0000-0002-6275-4276>  
[aguinaldo.piske@gmail.com](mailto:aguinaldo.piske@gmail.com)

**Diuliana Leandro**   
Universidade Federal de Pelotas, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/3076528365846421>  
<http://orcid.org/0000-0002-8092-5550>  
[diuliana.leandro@gmail.com](mailto:diuliana.leandro@gmail.com)

**Gizele Ingrid Gadotti**   
Universidade Federal de Pelotas, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/4110765012494684>  
<http://orcid.org/0000-0001-9545-6577>  
[gizeleingrid@gmail.com](mailto:gizeleingrid@gmail.com)

**Luciara Bilhalva Corrêa**   
Universidade Federal de Pelotas, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/0976948866231388>  
<http://orcid.org/0000-0002-1686-5282>  
[luciarabc@gmail.com](mailto:luciarabc@gmail.com)

**Darci Alberto Gatto**   
Universidade Federal de Pelotas, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/0592339091520248>  
<http://orcid.org/0000-0002-6805-3243>  
[darcigatto@yahoo.com](mailto:darcigatto@yahoo.com)

**Adriel Nadal**   
Universidade Federal de Pelotas, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/7060546121539117>  
<http://orcid.org/0000-0002-6049-1740>  
[adrielnadal@gmail.com](mailto:adrielnadal@gmail.com)



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2022.009.0002

### Referencing this:

BERNARDY, R.; DADALT, T. A.; PISKE, A. D.; LEANDRO, D.; GADOTTI, G. I.; CORRÊA, L. B.; GATTO, D. A.; NADAL, A.. Avaliação das consequências da pandemia de COVID-19 na qualidade do ar no Rio Grande do Sul com uso da plataforma GIOVANNI-NASA. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.13, n.9, p.15-26, 2022. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.009.0002>

## INTRODUÇÃO

A poluição do ar é um tema muito recorrente, sendo objeto de estudo em várias pesquisas relacionadas a saúde pública. Muitas doenças encontradas são associadas à elevação dos níveis de poluentes na atmosfera (MOTA, 2021). Esta contaminação é definida pela presença de substâncias consideradas poluidoras do ar, como gases, materiais particulados e compostos orgânicos voláteis, interferindo diretamente na saúde das pessoas e causando danos ao meio (BRASIL, 2021).

Segundo UNEA (2021), a poluição do ar é o maior risco ambiental para a saúde do mundo. Conforme o Instituto Saúde e Sustentabilidade - ISS (2019), o Brasil depara-se com uma precariedade no setor de monitoramento. De acordo com Vormittag et al. (2021), em 1989, o Conselho Nacional do Meio Ambiente instituiu o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar - PRONAR, com objetivo de proteger a saúde e bem-estar das pessoas, permitindo o desenvolvimento econômico e social do país de forma segura para o ambiente.

Este instrumento foi essencial para vários estudos epidemiológicos na década de 90, culminando no Guia de Qualidade do Ar publicado pela Organização Mundial da Saúde (OMS, 2006). A publicação foi fundamental para a criação de limites de segurança para a exposição destes poluentes, norteados os padrões de qualidade do ar (VORMITTAG et al., 2021). Em 2006 a OMS recomendou que os países estabelecessem uma rede para monitorar o ar, utilizando os dados no planejamento urbano e prevenção de doenças, porém, neste caso, o Brasil já possuía o PRONAR, que já tinha essas diretrizes (VORMITTAG et al., 2021).

Mundialmente, a OMS faz o monitoramento destes poluentes para verificar as concentrações existentes na atmosfera. De acordo com WHO (2015) e Silva (2022), os padrões de qualidade exigidos pelas autoridades devem ser considerados como níveis máximos de concentrações de alguns poluentes, como segue na Tabela 1.

**Tabela 1:** Concentrações máximas permitidas por período de exposição.

Poluente	Período	Limite Máximo
Dióxido de Nitrogênio (NO <sub>2</sub> )	1 ano	40 µg/m <sup>3</sup>
	1 hora	200 µg/m <sup>3</sup>
Dióxido de Enxofre (SO <sub>2</sub> )	24 horas	20 µg/m <sup>3</sup>
	10 minutos	500 µg/m <sup>3</sup>
Monóxido de Carbono (CO)	8 horas	9 ppm
	1 hora	35 ppm
Ozônio (O <sub>3</sub> )	8 horas	100 µg/m <sup>3</sup>

Fonte: WHO (2015) e Jobim et al. (2016).

Desde 31 de dezembro de 2019, o vírus SARS-CoV-2 se espalhou no mundo: na África, Ásia, América, Europa e Oceania (HOPKINS, 2020). A partir de 12 de março de 2020 foi considerada pandemia (OPAS, 2022) e, ao ponto que o número de casos aumentou, os países começaram a adotar algum tipo de medida para conter a propagação do vírus, como distanciamento social, proibição de eventos e fechamento de escolas, comércio e indústrias, além da redução significativa em viagens (LAU et al., 2020; SILICIANO et al., 2020). Estas medidas tiveram um grande impacto na vida cotidiana dos cidadãos, além de acarretar impactos positivos na qualidade do ar (DANTAS et al., 2020a; SAADAT et al., 2020; TOBIAS et al., 2020). No Brasil, a

COVID-19 foi declarada emergência de saúde pública em 3 de fevereiro de 2020 (CRODA et al., 2020).

Assim, a redução dos níveis de gases considerados poluentes começou a ser sentidos em diversas cidades, principalmente aquelas com maior ocupação urbana, se tornando objeto de estudo por pesquisadores (TAVELLA et al., 2021). Ao ponto que os resultados foram sendo divulgados, as medidas de confinamento começaram a receber uma importância ambiental, devido a consequente diminuição da emissão de poluentes para a atmosfera, oriundo da circulação de carros e funcionamento de indústrias (BERMAN et al., 2020; CHEN et al., 2020; TAVELLA et al., 2021).

Apesar do principal objetivo dessas providências ser a redução nos níveis de disseminação da doença, os efeitos no meio ambiente também foram percebidos. Estudos apontam a redução nos níveis de poluentes atmosféricos em diferentes cidades ao redor do globo, como por exemplo, São Paulo, Barcelona e em várias cidades na China (NAKADA, 2020; TOBIAS, 2020). Nesses locais foram identificados a redução de SO<sub>2</sub>, PM2.5, PM10, NO<sub>2</sub> e CO. Essas diminuições estão diretamente relacionadas com as ações adotadas por governos mundiais de modo a limitar as atividades durante a quarentena, incluindo a diminuição da atividade e mobilidade urbana e a atividade industrial (CHEN et al., 2020).

Em diversas regiões do mundo houve relatos e trabalhos comentando sobre a redução da poluição atmosférica devido às restrições impostas pela pandemia de COVID-19. Sendo assim, o objetivo desta pesquisa foi realizar uma análise espaço-tempo dos níveis de poluentes no estado do Rio Grande do Sul (RS), nos anos de 2018 a 2022.

## **METODOLOGIA**

Foram analisadas concentrações de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) e ozônio (O<sub>3</sub>), segundo resolução do CONAMA n.º 491 de 2018 (BRASIL, 2018). As imagens foram obtidas na plataforma GIOVANNI-NASA<sup>1</sup>, no período de 1 de março à 1 de abril, nos anos 2018, 2019, 2020, 2021 e 2022, para abranger o objetivo do estudo.

Essa plataforma possui boa usabilidade, sendo uma ferramenta simples, permitindo a seleção de variáveis das mais diversas, podendo extrair informações de diversos produtos que compõem a atmosfera, sendo as utilizadas para avaliar qualidade do ar, entre outras (SILVA, 2022). De acordo com Ghane et al. (2021), o serviço é gratuito para modelagem online, fornecendo recursos para pesquisa de modo que se possa explorar e analisar dados utilizando imagens de satélite.

Para imagens de SO<sub>2</sub> foi utilizado o satélite *Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications, Version 2* (MERRA-2) (NASA, 2022a). Este satélite é uma reanálise atmosférica da era moderna de satélites (1980 até o presente), produzida pelo grupo de modelagem numérica e de assimilação de dados da NASA e segue o projeto original, a reanálise MERRA (NASA, 2022a; RIENECKER et al., 2011). De acordo com a NASA, a substituição ocorreu devido aos avanços realizados no sistema de assimilação, permitindo a aquisição de radiância hiperespectral moderna e observações de micro-ondas, em conjunto com dados GPS-

<sup>1</sup> <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>

Ratio Occultation (MOLOD et al., 2015; KOSTER, 2016; NASA, 2022a).

A resolução da reanálise do MERRA 2 é de  $0.5^\circ \times 0.625^\circ$  em latitude e longitude (cerca de 50 km na direção latitudinal), respectivamente, e 72 níveis verticais da superfície até 0,01 hPa (PENNA, 2018; NASA, 2022a). Além disso, este é o único que permite, em tempo integral, a reanálise de campos tridimensionais para a razão de mistura dos aerossóis nos 72 níveis verticais e diagnóstico bidimensional da coluna de aerossóis integrada em superfície (PENNA, 2018). O MERRA 2 é utilizado para representação de mantos de gelo sobre a Groenlândia e Antártida (NASA, 2022a). A unidade para representar o  $\text{SO}_2$  é  $\text{km}/\text{m}^3$ .

Para analisar os dados de Monóxido de Carbono, foi utilizado o sensor *Atmospheric Infra-Red Sounder* - AIRS, que está acoplado ao satélite Aqua da NASA. Foi inicialmente projetado para o melhoramento da previsão do tempo, além de permitir o estudo do ciclo hidrológico e balanço de energia (JATOBÁ, 2020). Entretanto, a partir de 2002 iniciou o fornecimento de informações sobre vários gases de efeito estufa, muito útil para a realização de estudos que possibilitem a compreensão dos processos dinâmicos, radiativos e químicos da atmosfera (CHAHINE et al., 2006).

O sensor desenvolvido pela NASA fornece um banco de dados diários de concentração da coluna total de  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ , cobrindo o espectro do infravermelho (3,74 a 4,61  $\mu\text{m}$ , de 6,20 a 8,22  $\mu\text{m}$  e de 8,8 a 15,4  $\mu\text{m}$ ) (JATOBÁ, 2020). Em função do aumento de cobertura no monitoramento global do satélite, foi necessidade de diminuir a resolução espacial através da alteração no algoritmo do sensor, incluindo os processos de céu claro, passando de 13,5 km para 45 km (WORDEN et al., 2013). A unidade informada pela plataforma Giovanni é ppbv, com o *vertical slice* de 925hPa.

Com relação ao  $\text{NO}_2$  e  $\text{O}_3$ , o satélite usado foi o *Ozone Monitoring Instrument* - OMI, de construção holandesa-finlandesa, que opera a bordo da espaçonave NASA EOS Aura desde julho de 2004 (LEVELT et al., 2018). Este distingue entre os tipos de aerossóis, como fumaça, poeira e sulfatos, medindo pressão e cobertura de nuvem, fornecendo dados para derivar o ozônio troposférico (SHIKWAMBANA et al., 2020; NASA, 2022b). Segundo a equipe desenvolvedora, o instrumento emprega imagens hiperespectrais em modo varredura, observando a radiação solar de retrodifusão no visível e ultravioleta. Isso permite melhorar a exatidão e a precisão das quantidades totais de ozônio, além de conseguir efetuar a autocalibração radiométrica e de comprimento de onda a longo prazo (NASA, 2022b).

De acordo com o projeto Aura, as medições feitas pelo OMI são em resolução próximas à escala urbana, possibilitando o rastreamento de poluição industrial e queima de biomassa (NASA, 2022b), esse último presente em áreas rurais do Rio Grande do Sul que possuem produção de Tabaco.

Para extrair as leituras de  $\text{NO}_2$ , utilizou a Coluna Total (30% de nuvem rastreada). A unidade informada é o número de moléculas em uma coluna atmosférica acima de um centímetro quadrado da superfície ( $\text{Mol}/\text{cm}^2$ ). Quanto ao  $\text{O}_3$ , os dados são em Coluna Total de Ozônio, sendo a densidade atmosférica do ozônio em uma coluna vertical de ar, cuja unidade utilizada é a Dobson (DU) (SILVA, 2022).

Com os parâmetros pré-selecionados para região de interesse, é possível a realização do *download* dos arquivos matriciais em formato TIF, sobre os quais aplicou-se o programa QGIS, versão 3.22, para a geração de mapas com escala de cores de modo a representar as variações dos parâmetros durante o período

do estudo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pandemia da COVID-19 gerou inúmeros problemas para a saúde mundial (SOUZA, 2020; SPOORTHY et al., 2020; ROBLES et al., 2021), causando medo, apreensão e também outras doenças, como a depressão, já tida como doença do século, sofrendo aumento de 25% durante a quarentena (OPAS, 2022). Além disso, a economia mundial colapsou, sendo esses efeitos sentidos até o presente momento.

Porém, o fechamento total do comércio e indústrias gerou efeitos positivos no quesito qualidade do ar, pois ao impedir essas atividades, todo o material e poluentes gerados sofreu drástica diminuição em diversas cidades, estados e países (ULGUIM, 2022).

Com isso, a avaliação por sensoriamento remoto e suas ferramentas se torna fundamental, para entender e conseguir provar se o que é visto em trabalhos como de Silva (2022), Candeia (2021) e Pereira (2020) se aplica também para localidades que não estão no topo de cidades com maior fluxo e nível industrial.

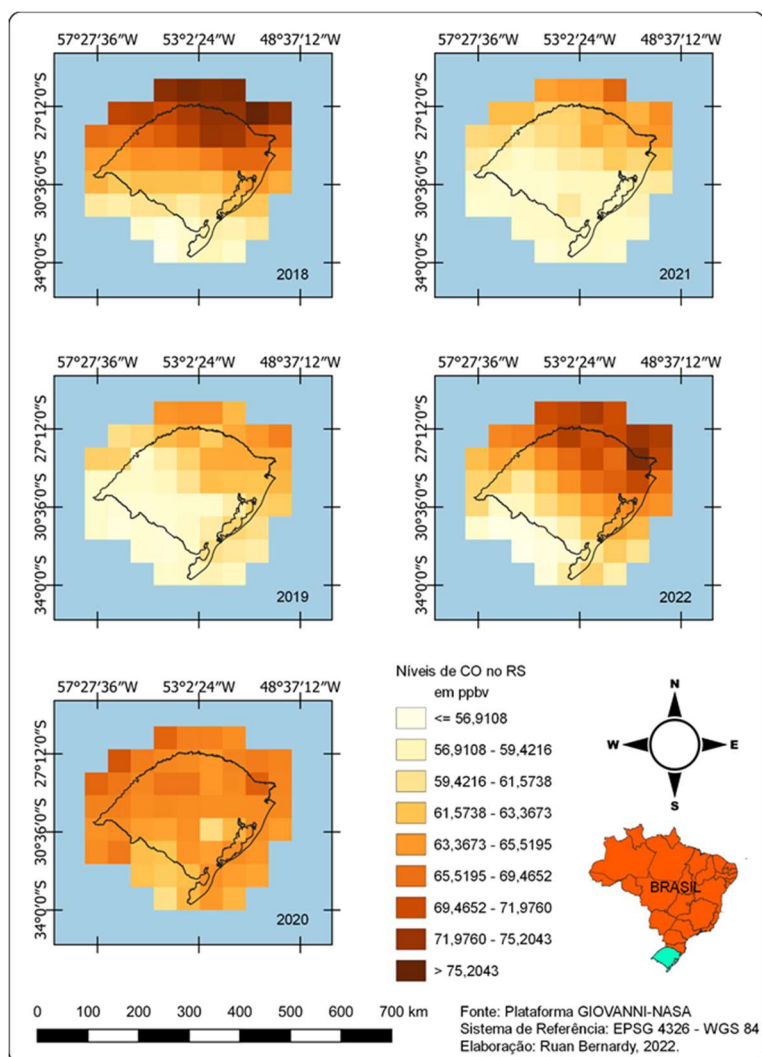


Figura 1: Mapa temático da diferença de CO RS durante os anos de estudo.

A primeira avaliação foi realizada com dados sobre a concentração de monóxido de carbono (CO), este proveniente da queima incompleta de combustíveis fósseis e biomassa. O gás é altamente prejudicial à

saúde, pois ao ser inalado, se liga a hemoglobina do sangue, agindo na redução de oxigênio que chega até as células (CANDEIA, 2021). Quando o mesmo está em baixa concentração no ar, pode causar dores na região do tórax e fadiga, porém, quando os níveis se elevam, pode asfixiar a pessoa e levar a morte (MMA, 2021).

Portanto, a Figura 1 mostra o mapa temático para o CO no RS, conseguindo visualizar as diferenças entre o antes, durante e após os fechamentos impostos pelas autoridades públicas.

Analisando a Figura 1, é possível notar uma diminuição acentuada nos níveis de monóxido de carbono no estado do RS entre os anos de 2018 e 2019, antes do lockdown imposto pelo governo. Porém, o ano de 2021 também apresenta redução nos níveis do poluente, ficando próximo ao visualizado em 2019. Como visto por Tavella et al. (2021), a pandemia implicou na redução do fluxo de automóveis nas ruas e encerrou atividades industriais, implicando na redução de emissão deste poluente.

Dantas et al. (2020a), em trabalho realizado no estado do Rio de Janeiro, para avaliar a poluição atmosférica em 2019, cita que a região brasileira apresentou reduções significativas de CO (30,3–48,5%), pois houve acentuada diminuição no fluxo de veículos leves.

Destaca-se a região metropolitana de Porto Alegre e Norte do estado, onde os níveis apresentados são maiores. Isso se deve à maior concentração de área urbana bem como a localização das indústrias gaúchas estarem situadas nessas áreas. Segundo o Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul, 38,2% da população gaúcha está alocada em Porto Alegre e região metropolitana (RIO GRANDE DO SUL, 2021). As maiores indústrias do estado estão concentradas no eixo Porto Alegre – Caxias do Sul, onde em 2015, cinco municípios (Porto Alegre, Caxias do Sul, Canoas, Triunfo e Gravataí) representavam cerca de 34% do valor acrescentado bruto industrial (RIO GRANDE DO SUL, 2021).

Contudo, o estado foi na direção oposta quando comparado com o restante do país. Em 2019, o Brasil chegou a 2,17 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub> emitidos, representando uma elevação de 9,6% em relação ao ano anterior (ALBUQUERQUE et al., 2020). Segundo o relatório do Observatório do Clima divulgado em 2020, 73% das emissões desse poluente no país é proveniente de atividades agrícolas.

Houve aumento também de 23% nas emissões em 2019 ocasionado diretamente pela alteração no uso das terras, passando para 968 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (ALBUQUERQUE et al., 2020). Desde a implementação da Política Nacional sobre Mudança do Clima, em 2009 (BRASIL, 2009), os lançamentos de CO<sub>2</sub> na atmosfera cresceram mais de 64% no país, sendo esse número indo na contramão a meta de reduzir em 80% o desmatamento na Amazônia em 2020, comparado com 1996 a 2005<sup>2</sup>.

Segundo Albuquerque et al. (2020), as emissões de 2019 deixam o Brasil na sexta posição do ranking de maiores poluidores do mundo, onde o que mais corroborou com esses números foram os desmatamentos, equivalendo mais 44% do total dos lançamentos brasileiros em 2019.

Também foi avaliado a concentração de NO<sub>2</sub> (Figura 2). Nesse caso, a diferença é ainda maior entre 2018 e 2019. Porém, ambos estão fora do período da pandemia. Contudo, ao analisar 2020 com 2018, é possível perceber a diminuição do gás em todo o estado, principalmente na região metropolitana de Porto

<sup>2</sup> <https://www.wribrasil.org.br/noticias/nova-ndc-do-brasil-entenda-por-que-meta-climatica-foi-considerada-pouco-ambiciosa>

Alegre. Entretanto, é perceptível também os efeitos do retorno das atividades, pois ao visualizar o mapa de 2022, os níveis voltam a se elevar. Todavia, ao analisar 2022 e 2018, percebe-se que o ar possui concentrações menores do dióxido, ou seja, mesmo havendo retorno total das atividades em praticamente todo o estado, o ar pode ser considerado mais puro.

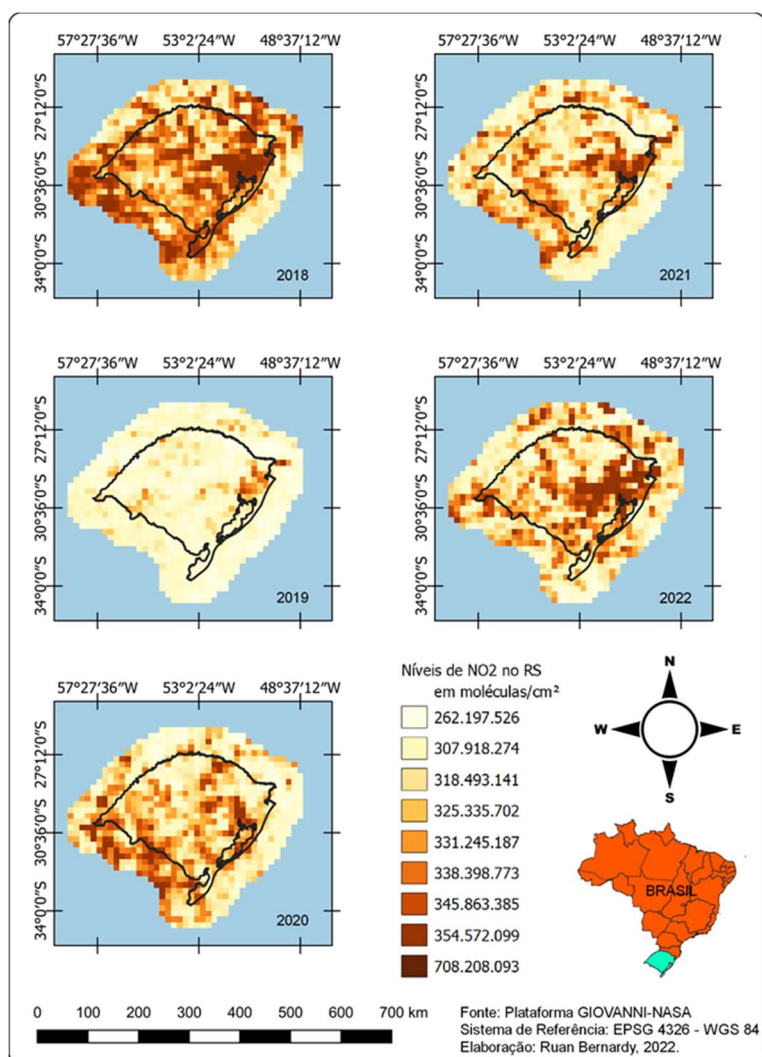


Figura 2: Mapa temático da diferença de NO<sub>2</sub> RS durante os anos de estudo.

Essa diferença entre o último e o primeiro ano deste estudo é corroborado por Mota (2021), que comenta sobre a melhora nos índices de qualidade do ar após a incidência do coronavírus no mundo, indicando alguns efeitos positivos para a saúde e a natureza a médio e longo prazo.

De acordo com Wang et al. (2020), a diminuição deste dióxido recebeu ampla atenção dos pesquisadores e da mídia, como sendo o balizador para a melhora na qualidade do ar. Imagens de sensores orbitais da NASA e da Agência Espacial Europeia (ESA) mostraram essa diminuição na China, Itália, Espanha, França e outros lugares do mundo (NASA, 2022c; MUHAMMAD et al., 2020; WANG et al., 2020)<sup>3</sup>.

Siliciano et al. (2020) comentam que essa redução nos níveis de NO<sub>2</sub>, apesar de ser causada por fatores locais e de curto prazo, foi de grande valia para o meio ambiente e a saúde pública. O NO<sub>2</sub> agrava a resposta imunológica de pessoas com alergias (MMA, 2022).

<sup>3</sup> <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/copernicus-sentinel-5p>

Entretanto, Siliciano et al. (2020) mostram que essa diminuição resultou em aumento nos níveis de  $O_3$ , pois esse está diretamente ligado a liberação de monóxido de nitrogênio no ar ( $NO_x$ ), havendo uma relação inversamente proporcional na atmosfera. Os riscos para a saúde quando há exposição a curto ou longo prazo podem acarretar danos pulmonares, sintomas respiratórios, aumento da morbidade e mortalidade, entre outras doenças, onde estes podem ser piores quando aliado a doenças respiratórias causadas por vírus (WHO, 2015; US EPA, 2022; SILICIANO et al., 2020).

Assim, além de receber menor atenção pública, o aumento de  $O_3$  fez com que os especialistas classificassem a melhora da qualidade do ar apenas como parcial (SILICIANO et al., 2020). A Figura 3 permite visualizar essas diferenças.

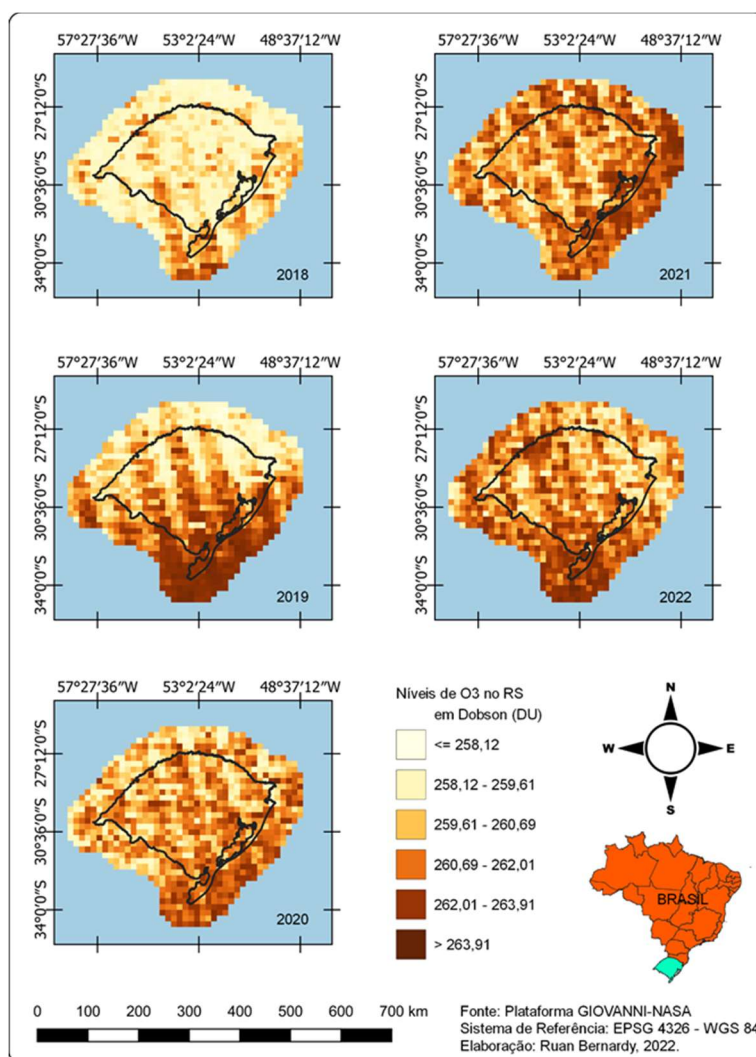


Figura 3: Mapa temático da diferença de  $O_3$  RS durante os anos de estudo.

Algumas vezes, o ozônio pode ser confundido como a camada que protege as pessoas da radiação ultravioleta. Porém, segundo Dantas et al. (2019; 2020b), o  $O_3$  encontrado na atmosfera se comporta diferente do localizado na estratosfera, pois na camada que fica até dez km de altura, esse gás se comporta como um oxidante, podendo causar danos no sistema de defesa do organismo humano e animal.

De acordo com Dantas et al. (2019; 2020b), este é considerado diferente dos demais por ser secundário, se formando em uma reação fotoquímica, havendo presença de hidrocarbonetos (presentes na



gasolina), óxido de nitrogênio (advindo de qualquer processo de combustão), oxigênio e luz.

Por outro lado, o dióxido de enxofre é o poluente que menos sofreu alterações em suas concentrações no território gaúcho. De origem natural e antropogênica, este poluente é liberado por atividades industriais que processam materiais com enxofre, como fertilizantes, alumínio e aço, papel, bem como em termelétricas (CETESB, 2021). Além disso, o SO<sub>2</sub> é emitido pelos veículos pesados e também pela queima de carvão e madeira, tanto para aquecimento, quanto para preparo de alimento (CETESB, 2021). A Figura 4 mostra as diferenças nas concentrações entre os anos avaliados.

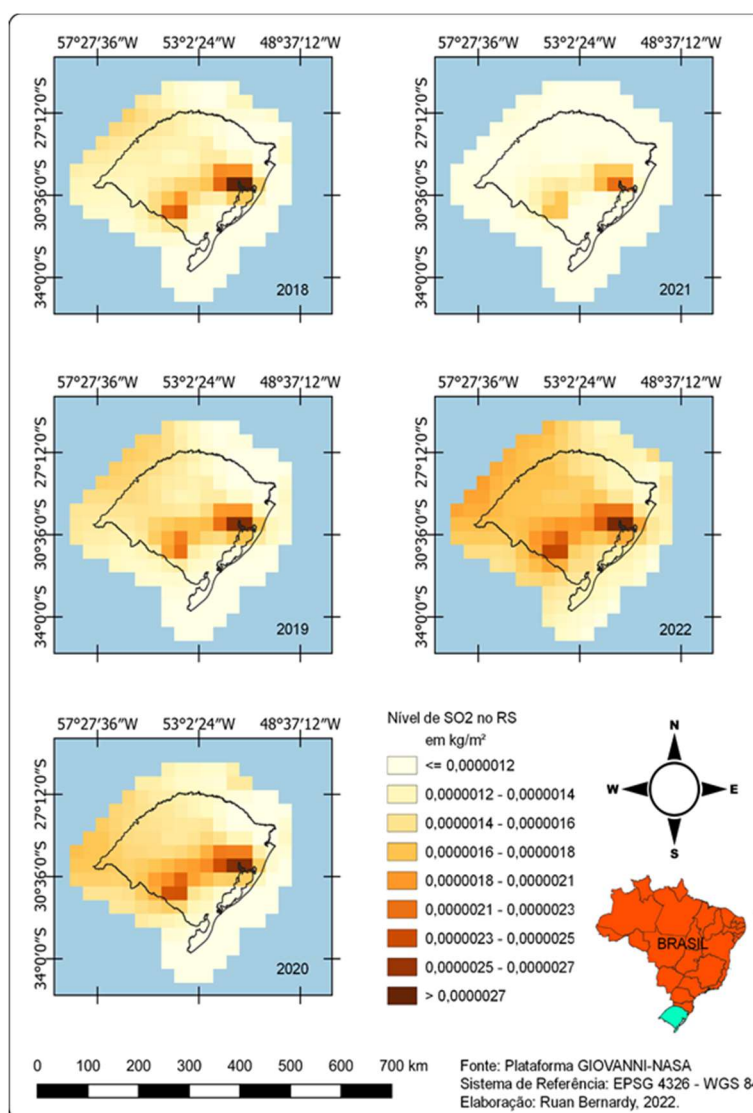


Figura 4: Mapa temático da diferença de SO<sub>2</sub> RS durante os anos de estudo.

Como o Rio Grande do Sul concentra as indústrias geradoras deste poluente na região metropolitana de Porto Alegre, o mapa da figura 4 permite visualizar que a concentração foi levemente diminuindo a partir da entrada do vírus no estado, onde 2021 foi o ano que apresentou menores índices. Porém, como a atividade econômica estava muito impactada com os protocolos implementados para conter o avanço da doença, as empresas tiveram que retornar suas atividades de maneira mais intensa, elevando a produção diária e mensal. Com isso, ao analisar o ano de 2022, quando estes protocolos foram retirados, tornando a circulação livre novamente, a concentração do dióxido voltou ficar alto, maior que o registrado em 2018,

período anterior a COVID-19.

O SO<sub>2</sub> é um gás incolor e tóxico emitido por fontes naturais e também antropogênicas, podendo causar asma, desconforto na respiração e agravamento de doenças cardiorrespiratórias preexistentes (MOTA, 2021).

Mota (2021) alerta que os altos níveis de poluição e material particulado podem elevar a chance de um indivíduo contrair doenças respiratórias, tornando os sintomas mais graves. Além disso, quando estes poluentes são oxidantes, podem prejudicar a função imunológica e diminuir a eficiência do pulmão na eliminação do vírus (QU et al., 2020).

Porém, com o fim deste período de estagnação na circulação de pessoas, os indicadores de qualidade do ar voltaram a ficar elevados, de acordo com dados do centro de monitoramento da CETESB em São Paulo. De acordo com o levantamento realizado no segundo semestre de 2021 em São Paulo, os níveis de monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e material particulado chegaram a níveis mais altos que os visualizados em 2019 (CETESB, 2022).

Contudo, esse período foi importante do ponto de vista ambiental, pois diversos efeitos sentidos pela população antes da incidência do vírus se tornaram mais brandos por um tempo, fazendo com que o meio ambiente conseguisse absorver estes poluentes e diminuir os impactos do meio biótico, antrópico e físico.

## CONCLUSÕES

A pandemia da COVID-19 alterou as concentrações de poluentes no Rio Grande do Sul, tanto de forma positiva quanto negativa, onde o comportamento de pessoas e empresas se modificou quando comparado o antes e depois da doença.

Dos poluentes avaliados, somente o ozônio (O<sub>3</sub>) sofreu aumento durante o período de estudo, sendo este associado a diminuição de óxidos de nitrogênio no ar.

O Sensoriamento Remoto permite analisar, de forma rápida e precisa, os impactos gerados principalmente pelas atividades humanas no meio ambiente. Sendo assim, através de suas ferramentas, se torna fundamental para quantificar e avaliar problemas causados pelo homem à natureza.

É possível analisar e encontrar as diferenças nas concentrações de poluentes que diminuem a qualidade do ar na atmosfera, utilizando imagens de satélite e processamento digital, permitindo encontrar soluções para diminuir os impactos.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, I.; ALENCAR, A.; ANGELO, C.; AZEVEDO, T.; BARCELLOS, F.; COLUNA, I.; COSTA JUNIOR, C.; CREMER, M.; PIATTO, M.; POTENZA, R.; QUINTANA, G.; SHIMBO, J.; TSAI, D.; ZIMBRES, B.. **Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas de clima do Brasil 1970-2019**. Brasil: Observatório do Clima, 2020.

BERMAN, J. D.; EBISU, K.. Changes in U.S. air pollution during the COVID-19 pandemic. **Science of the Total Environment**, v.739, n.1, p.1-4, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139864>

BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia Orientador para o enfrentamento da pandemia covid-19 na Rede de Atenção à Saúde**. 4 ed. Brasília: MS, 2021.

BRASIL. **Resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018**. Padrões Nacionais de Qualidade do Ar. 223 ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2018.

CANDEIA, B. A.. **Análise espaço temporal da covid-19 e**

**sensoriamento remoto noturno:** caso Pernambuco, Brasil. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2021.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Ficha de Informação Toxicológica:** dióxido de enxofre. São Paulo: CETESB, 2021.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Polição volta a 'velho normal' em SP após melhora inicial com quarentena.** São Paulo: CETESB, 2022.

CHAHINE, M. T.; PAGANO, T. S.; AUMANN, H. H.; ATLAS, R.; BARNET, C.; BLAISDELL, J.; et al. AIRS: Bulletin of the American Meteorological Society. **American Meteorological Society**, v.87, n.7, p.911-926, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1175/bams-87-7-911>

CHEN, K.; WANG, M.; HUANG, C.; KINNEY, P. L.; ANASTAS, P. T.. Air pollution reduction and mortality benefit during the COVID-19 outbreak in China. **The Lancet Planetary Health**, v.4, n.6, p.210-212, 2020. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/s2542-5196\(20\)30107-8](http://dx.doi.org/10.1016/s2542-5196(20)30107-8)

CRODA, J.; OLIVEIRA, W. K.; FRUTUOSO, R. L.; MANDETTA, L. H.; SILVA, D. C. B.; SOUSA, J. D. B.; MONTEIRO, W. M.; LACERDA, M. V. G.. COVID-19 in Brazil: advantages of a socialized unified health system and preparation to contain cases. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v.53, n.20200167, p.1-6, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0037-8682-0167-2020>

DANTAS, G.; SICILIANO, B.; FRANÇA, B. B.; SILVA, C. M.; ARBILLA, G.. The impact of COVID-19 partial lockdown on the air quality of the city of Rio de Janeiro, Brazil. **Science of the Total Environment**, v.729, n.1, p.1-10, 2020a. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139085>

DANTAS, G.; SICILIANO, B.; FREITAS, L.; SEIXAS, E. G.; SILVA, C. M.; ARBILLA, G.. Why did ozone levels remain high in Rio de Janeiro during the Brazilian truck driver strike? **Atmospheric Pollution Research**, v.10, n.6, p.2018-2029, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apr.2019.09.010>

DANTAS, G.; SICILIANO, B.; SILVA, C. M.; ARBILLA, G.. A reactivity analysis of volatile organic compounds in a Rio de Janeiro urban area impacted by vehicular and industrial emissions. **Atmospheric Pollution Research**, v.11, n.5, p.1018-1027, 2020b. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apr.2020.02.017>

HOPKINS, J.. **Coronavirus Research Center.** University of Medicine, 2020.

ISS. **Análise do Monitoramento de Qualidade do Ar no Brasil.** São Paulo: Instituto Saúde e Sustentabilidade, 2019.

JATOBÁ, B. R. G.. **Variabilidade da Coluna Total de Gases (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e CO) sobre Regiões Metropolitanas Sul-Americanas.** Dissertação (Doutorado em Meteorologia) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2020.

JOBIM, A. L.; LOPES, B. C.; MORTARI, S. R.. Monitoramento de monóxido de carbono em estacionamento de veículos automotores em Santa Maria - RS. **Disciplinarum Scientia, Série: Naturais e Tecnológicas**, Santa Maria, v.16, n.3, p.489-

500, 2016.

KOSTER, R. D.. **Technical report series on global modeling and data assimilation.** 46 ed. Hampton: Nasa, 2016.

LAU, H.; KHOSRAWIPOUR, V.; KOCBACH, P.; MIKOLAJCZYK, A.; SCHUBERT, J.; BANIA, J.; KHOSRAWIPOUR, T.. The positive impact of lockdown in Wuhan on containing the COVID-19 outbreak in China. **Journal Of Travel Medicine**, v.27, n.3, p.1-7, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/jtm/taaa037>

LEVELT, P. F.; HILSENATH, E.; LEPPELMEIER, G. W.; IEEE; VAN DEN OORD, G. H. J.; BHARTIA, P. K.; TAMMINEN, J.; HAAN, J. F.; VEEFKIN, P.. Science Objectives of the Ozone Monitoring Instrument. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v.44, n.5, p.1199-1208, 2006.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Qualidade do Ar.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2022.

MOLOD, A.; TAKACS, L.; SUAREZ, M.; BACMEISTER, J.. Development of the GEOS-5 atmospheric general circulation model: evolution from merra to merra2. **Geoscientific Model Development**, v.8, n.5, p.1339-1356, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5194/gmd-8-1339-2015>

MOTA, M. V.. **Correlação da qualidade do ar com a pandemia do covid-19.** Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2021.

MUHAMMAD, S.; LONG, X.; SALMAN, M.. COVID-19 pandemic and environmental pollution: a blessing in disguise?. **Science of the Total Environment**, v.728, n.1, p.1-5, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138820>

NAKADA, L. Y. K.; URBAN, R. C.. COVID-19 pandemic: impacts on the air quality during the partial lockdown in Sao Paulo state, Brazil. **Science of the Total Environment**, v.730, n.1, p.1-5, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139087>

NASA. National Aeronautics and Space Administration. **Earth Observatory.** NASA, 2022c.

NASA. National Aeronautics and Space Administration. **Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications, Version 2.** NASA, 2022a.

NASA. National Aeronautics and Space Administration. **Ozone Monitoring Instrument (OMI).** NASA, 2022b.

OPAS. Organização Pan-Americana de Saúde. **Histórico da pandemia de COVID-19.** OPAS, 2022.

OPAS. Organização Pan-Americana de Saúde. **Pandemia de COVID-19 desencadeia aumento de 25% na prevalência de ansiedade e depressão em todo o mundo.** 2022.

PENNA, B. R.. **Impacto dos Aerossóis na Reanálise MERRA-2.** Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2018.

PEREIRA, A. M.. **Análise da redução das emissões atmosféricas de dióxido de nitrogênio durante a pandemia**

**de covid-19 no aeroporto internacional de Brasília:**

presidente Juscelino Kubitschek, utilizando dados de sensoriamento remoto. Monografia (Especialização em Ciências Ambientais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2020.

QU, G.; LI, X.; HU, L.; JIANG, G.. An Imperative Need for Research on the Role of Environmental Factors in Transmission of Novel Coronavirus (COVID-19).

**Environmental Science & Technology**, v.54, n.7, p.3730-3732, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/acs.est.0c01102>

RIENECKER, M. M. et al. MERRA: NASA's modern-era retrospective analysis for research and applications. **Journal Of Climate**, v.24, n.14, p.3624-3648, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1175/jcli-d-11-00015.1>

RIO GRANDE DO SUL. **Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul: um atlas para pensar e entender o rio grande**. 6. ed. Porto Alegre: Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão, 2021.

ROBLES, R.; RODRÍGUEZ, E.; RAMÍREZ, H. V.; ICAZA, D. Á.; MADRIGAL, E.; DURAND, S.; CHAINÉ, S. M.; ASTUDILLO, C.; RAMÍREZ, J. R.; MORA, M.-E. M.. Mental health problems among healthcare workers involved with the COVID-19 outbreak. **Brazilian Journal of Psychiatry**, v.43, n.5, p.494-503, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1516-4446-2020-1346>

SAADAT, S.; RAWTANI, D.; HUSSAIN, C. M.. Environmental perspective of COVID-19. **Science of the Total Environment**, v.728, n.1, p.138870, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138870>

SHIKWAMBANA, L.; MHANGARA, P.; MBATHA, N.. Trend analysis and first-time observations of Sulphur dioxide and nitrogen dioxide in South Africa using TROPOMI/Sentinel-5 P data. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v.91, n.1, p.1-10, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2020.102130>

SILVA, M. V. P.. Aplicação da ferramenta GIOVANNI-NASA para análise atmosférica de poluentes: um estudo sobre o período anterior e posterior da influência pela pandemia do vírus covid-19 no contexto mundial. In: LEANDRO, D.. **Geotecnologias aplicadas às Ciências Ambientais**. 2 ed. Curitiba: Brazil Publishing, 2022. p.144-183.

SOUZA, L. P.. A pandemia da COVID-19 e os reflexos na

relação meio ambiente e sociedade. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, Belém, v.8, n.4, p.68-73, 2020.

SPOORTHY, M. S.; PRATAPA, S. K.; MAHANT, S.. Mental health problems faced by healthcare workers due to the COVID-19 pandemic: a review. **Asian Journal of Psychiatry**, v.51, n.1, p.1-5, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajp.2020.102119>

TAVELLA, R. A.; SILVA JÚNIOR, F. M. R.. COVID-19 and air pollution: what do we know so far?. **Vittalle - Revista de Ciências da Saúde**, v.32, n.1, p.22-31, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.14295/vittalle.v32i1.11522>

ULGUIM, S. M.; TAVELLA, R. A.; DIAS, D.; SILVA JÚNIOR, F. M. R.. Dynamics of Air Pollutants and the Controlled Distancing Model of Rio Grande do Sul for Covid-19 Pandemic Contro. **Revista Virtual de Química**, v.14, n.2, p.136-141, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20220007>

UNEA. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Um em cada três países não possui padrões legais de qualidade do ar**. UNEA, 2019.

US EPA. United States Environmental Protection Agency. **Health effects of ozone pollution**. US EPA, 2022.

VORMITTAG, E. M. P. A. A.; CIRQUEIRA, S. S. R.; WICHER NETO, H.; SALDIVA, P. H. N.. Análise do monitoramento da qualidade do ar no Brasil. **Estudos Avançados**, v.35, n.102, p.7-30, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-4014.2021.35102.002>

WANG, Q.; SU, M.. A preliminary assessment of the impact of COVID-19 on environment: A case study of China. **Science Of The Total Environment**, v.728, n.1, p.1-10, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138915>

WHO. World Health Organization. WHO Expert Consultation. **Available evidence for future update of the WHO Global Air Quality Guidelines (AQGs)**. WHO, 2015.

WORDEN, H. M.; DEETER, M. N.; FRANKENBERG, C.; GEROG, M.; WORD, J.; ABEN, I.; BOWMAN, K. W.; CLERBAUX, C.; COHEUR, P. F.; LAAT, A. T. J.; DETWEILER, R.; DRUMMOND, J. R.; EDWARDS, D. P.; GILLE, J. C.; HURTMANS, D.; LUO, M.; ALONS, S. M.; MASSIE, S.; PFISTER, G.; WARNER, J. X.. Decadal record of satellite carbon monoxide observations. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v.13, n.2, p.837-850, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.5194/acp-13-837-2013>

Os autores detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.