

Os efeitos do isolamento social e da pandemia de COVID-19 na qualidade do ar ao redor do mundo

Renata Lopes Duarte

Engenheira Ambiental e Sanitarista, Mestranda em Engenharia Civil pela UFJF, PEC, NAGEA, Brasil.
renata.duarte@engenharia.ufjf.br

Cláudio Paiva Silva

Professor Mestre em Engenharia Civil, IF Sudeste MG, Brasil.
claudio.paiva@ifsudestemg.edu.br

Cézar Henrique Barra Rocha

Professor Titular da UFJF, Departamento de Transportes e Geotecnia, NAGEA, PPGE, PROAC, Brasil.
barra.rocha@engenharia.ufjf.br

RESUMO

Em dezembro de 2019 foi descoberta, na China, uma nova variante de vírus, pertencente à família dos coronavírus, e cuja síndrome respiratória associada ficou conhecida como COVID-19. Devido à facilidade de transmissão, letalidade e desconhecimentos sobre essa nova doença, diversos países optaram por adotar medidas de distanciamento social, além de restrições quanto ao deslocamento e à realização de atividades consideradas não essenciais. Dessa forma, o presente estudo objetivou a realização de um levantamento bibliográfico a respeito dos principais efeitos do isolamento social na qualidade do ar, em algumas regiões ao redor do mundo, através da consulta a artigos científicos, a institutos de pesquisa nacionais e internacionais, bem como a imagens de satélites. Os resultados mostraram que efeitos dessas medidas foram observados na qualidade do ar em diferentes partes do mundo, com redução nos níveis de alguns dos principais poluentes atmosféricos, como NO₂, CO₂, CO e material particulado. Em contrapartida, alguns estudos mostraram que a concentração de O₃ aumentou em certas regiões. Foi possível concluir que as melhorias observadas foram temporárias, uma vez que não resultaram de medidas estruturais, e sim de situações transitórias; e que a adoção de políticas públicas de restrição na emissão de poluentes é essencial para reduzir a incidência e agravamento de doenças respiratórias associadas, evitando a sobrecarga dos sistemas de saúde, principalmente no atual cenário de pandemia.

PALAVRAS-CHAVE: Poluição atmosférica. Isolamento social. COVID-19.

1 INTRODUÇÃO

Em dezembro de 2019 foi identificada pela primeira vez, na cidade de Wuhan, na China, uma nova variante de vírus pertencente à família dos coronavírus, a qual inclui outras síndromes respiratórias, como SARS-CoV (Síndrome Respiratória Aguda Grave) e MERS-CoV (Síndrome Respiratória do Oriente Médio). Essa nova variante ficou conhecida como Doença Coronavírus 2019 (SARS-CoV-2), ou simplesmente COVID-19, e tem sido responsável por uma grave crise sanitária, de dimensões globais (LONE & AHMAD, 2020).

Devido à grande facilidade de transmissão, através de gotículas e do contato, o vírus foi disseminado por toda a China, chegando a quase 2.000 casos confirmados em menos de um mês e, posteriormente, para diversos países do continente asiático (BENVENUTO *et al.*, 2020). A disseminação desse novo vírus seguiu rapidamente para a Europa, que passou a ser o novo epicentro da doença, em especial na Itália e Espanha; América do Norte, chegando aos Estados Unidos; e então aos demais continentes, levando a Organização Mundial da Saúde (OMS) a declarar, em janeiro de 2020, emergência de saúde pública internacional e, em março do mesmo ano, situação de pandemia SARS-CoV-2, COVID-19 (SILVA *et al.*, 2020; WHOa, 2020; WHOb, 2020).

A fim de tentar frear a rápida evolução da pandemia e evitar um colapso nos sistemas de saúde, diversos países adotaram uma série de medidas estruturais, dentre as quais se destacaram medidas progressivas de distanciamento social, através da proibição da realização de grandes eventos, com aglomeração de pessoas; fechamento de escolas e comércio considerado não essencial; restrições ao deslocamento, com orientações para redução de viagens e da utilização do transporte público; incentivo ao regime de trabalho em casa (*home office*); além da conscientização da população para que permanecesse em casa, reduzindo a circulação de pessoas e meios de transportes (AQUINO *et al.*, 2020; KUPFERSCHMIDT & COHEN, 2020).

Em casos mais extremos, diversos países adotaram um regime de bloqueio comunitário: o *lockdown*. Esse sistema foi adotado quando os anteriores se mostram insuficientes para a contenção da disseminação do vírus. Nesse caso, há intervenção por parte de autoridades, as quais aplicam a toda uma comunidade, cidade ou região, medidas mais

severas de restrições quanto às interações interpessoais, bem como ao funcionamento das mais diversas atividades, como comerciais, industriais e de transporte; sendo apenas permitido funcionamento daquelas consideradas essenciais, como venda e aquisição de suprimentos básicos e acesso ao sistema de saúde (WILDER-SMITH & FREEDMAN, 2020).

Como resultado dessas medidas de contenção, houve drástica redução do tráfego de veículos; redução na demanda por energia, devido à diminuição da produção em fábricas; e consequente redução nas emissões de gases de efeito estufa (GEEs), os quais são majoritariamente liberados através da queima de combustíveis fósseis, em veículos automotores e através das mais diversas atividades industriais (COUTO *et al.*, 2021; SPERANDIO & GOMES, 2020).

Efeitos desses eventos na qualidade do ar, principalmente em grandes centros urbanos, puderam ser observados em várias partes do mundo, com relatos em diversas pesquisas científicas, notícias lançadas em diferentes meios de comunicação, e registros em imagens de satélites, os quais serviram de subsídio para a realização do presente estudo.

2 OBJETIVOS

O objetivo principal desse estudo foi levantar os impactos mais relevantes das políticas de restrição e distanciamento social, implantadas em diversos países do mundo a fim de conter a disseminação do vírus da COVID-19, na qualidade do ar atmosférico.

Como objetivos secundários, estão a realização de uma breve revisão dos principais contaminantes atmosféricos, suas fontes de origem e níveis máximos toleráveis; dos principais indicadores de qualidade do ar e, finalmente; dos efeitos para a saúde humana da presença, na atmosfera, de elevadas concentrações desses contaminantes, relacionando à ocorrência e agravamento de doenças respiratórias.

3 METODOLOGIA/ MÉTODO DE ANÁLISE

A metodologia aplicada foi a realização de uma pesquisa bibliográfica, em artigos científicos, acrescida de informações disponibilizadas por diversos órgãos ou institutos de pesquisas nacionais e internacionais, de grande credibilidade. Em um primeiro momento, foram selecionadas e lidas 50 pesquisas, sendo mais da metade delas utilizadas na composição deste estudo, relacionadas ao tema da pandemia de COVID-19 e suas consequências para o meio ambiente, com foco principalmente na poluição atmosférica e suas relações com a adoção de medidas de restrições em todo o mundo.

Em seguida, realizou-se uma consulta a imagens de satélite, disponibilizadas pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e pela *European Space Agency* (ESA), a fim de detectar variações na concentração de diversos contaminantes atmosféricos, em diferentes partes do mundo. As imagens que se mostravam mais interessantes e apresentavam alterações mais significativas foram utilizadas para compor esse estudo, de forma a apresentar a interpretação e análise crítica das mesmas.

4 RESULTADOS

4.1 PRINCIPAIS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS URBANOS

4.1.1 MATERIAL PARTICULADO (MP_{2,5} E MP₁₀)

Material particulado é o nome dado ao conjunto de poluentes constituído por poeiras e fumaças, e toda mistura de partículas sólidas ou líquidas que se matem em suspensão na atmosfera, devido ao seu pequeno tamanho. Normalmente são divididos em dois grupos principais: os MP_{2,5}, que consistem em partículas de diâmetro muito pequeno (menor que 2,5 mm) e possuem maior acidez; e os MP₁₀, partículas cujo tamanho varia entre 2,5 mm e 10 mm (BRAGA & SALDIVA, 2001).

Devido ao seu pequeno tamanho, os MP_{2,5} possuem maior facilidade em atingir o trato respiratório e carregar consigo poluentes até os alvéolos pulmonares, prejudicando as trocas gasosas e aumentando a incidência de diversas doenças respiratórias. São constituídos por partículas primárias, geradas principalmente por processos de queima de combustíveis em fontes móveis e estacionárias, como veículos automotores, indústrias e termoelétricas; e partículas secundárias provenientes da formação de partículas na atmosfera, a partir de gases (QUEIROZ *et al.*, 2007; BRAGA & SALDIVA, 2001).

Os MP₁₀ são considerados partículas inaláveis, encontradas comumente nas proximidades de regiões com grandes concentrações industriais, e que podem atingir as vias respiratórias, carregando gases adsorvidos em sua superfície até as vias aéreas, agravando doenças como a asma (BRAGA & SALDIVA, 2001).

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 491 de 19 de novembro de 2018, a qual dispõe sobre os padrões de qualidade do ar, estabelece que as concentrações de MP_{2,5} não devem exceder o valor de 60 mg/m³ no Período Intermediário 1 (PI1) e de 25 mg/m³ no Período Final (PF). Para MP₁₀, no PI1 essas concentrações não devem ultrapassar 120 mg/m³ e no PF 50 mg/m³ (BRASIL, 2018).

4.1.2 MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

O Monóxido de carbono (CO) é um gás extremamente prejudicial à saúde. Por sua grande afinidade com a hemoglobina presente nos glóbulos vermelhos do sangue, uma pequena quantidade de CO pode levar à saturação de grande quantidade de moléculas de hemoglobina, diminuindo a capacidade do sangue de transportar oxigênio (BRAGA & SALDIVA, 2001).

A principal fonte de contaminação por CO são os meios de transporte, sendo produto da combustão incompleta de combustíveis fósseis, encontrados principalmente em usinas termelétricas a carvão e usados em veículos motores à explosão (veículos automotores) (FERNANDES *et al.*, 2018).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 491 de 2018 o padrão de qualidade do ar para esse contaminante é de até 9 ppm, para um tempo de amostragem de 8 horas (BRASIL, 2018).

4.1.3 ÓXIDOS DE NITROGÊNIO (NO E NO₂)

Os óxidos de Nitrogênio (NO_x) são gases que possuem efeito oxidante, sendo extremamente tóxicos ao organismo humano, quando inalados. O Nitrogênio gasoso (N₂) e o

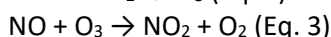
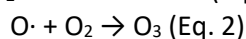
oxigênio molecular (O_2) reagem formando o óxido nítrico (NO), dióxido de nitrogênio (NO_2) e outros NO_x . As principais fontes de contaminação atmosférica por esses compostos são a queima de combustível no motor de carros ou em fornos industriais, sob elevada temperatura (BRAGA & SALDIVA, 2001). Na atmosfera, o NO reage rapidamente com oxigênio e ozônio, formando NO_2 . Em contrapartida, nas camadas inferiores da atmosfera, o NO_2 , através de reações fotoquímicas (na presença de luz solar) com hidrocarbonetos e oxigênio, forma o ozônio (O_3), outro importante contaminante atmosférico (SICARD *et al.*, 2020).

As concentrações de NO_2 consideradas aceitáveis, para um período de referência de 1 hora, não devem exceder o valor de 260 mg/m^3 no PI1 e de 200 mg/m^3 no PF (BRASIL, 2018).

4.1.4 OZÔNIO (O_3)

O Ozônio é um gás que, apesar de ter origem natural nas camadas superiores da atmosfera, é muito nocivo em suas camadas inferiores. É um poluente secundário, formado a partir das reações fotoquímicas entre NO_x e compostos orgânicos voláteis (COVs). Apesar de ter grande importância no controle da entrada de radiação ultravioleta na Terra, em camadas mais baixas (troposfera), elevadas concentrações desse gás representam riscos ao meio ambiente e à saúde humana, estando ligado à ocorrência e agravamento de diversas doenças respiratórias (ALVES *et al.*, 2020).

As equações a seguir mostram a principal rota de formação do ozônio.



Seguindo a Eq.1, verifica-se que o NO_2 é dissociado pela incidência da luz solar (reação fotoquímica), dando origem, por conseguinte ao NO e ao oxigênio atômico com radical livre para reagir. Nesse sentido, na Eq.2 o oxigênio atômico reage com o oxigênio molecular, dando origem ao ozônio (O_3). Na Eq.3, onde ozônio é dissociado na reação com NO, formando o NO_2 , é retratada a forma cíclica com que as reações tendem a acontecer na atmosfera. (ALVES *et al.*, 2020).

As concentrações de O_3 consideradas aceitáveis, para um período de referência de 8 horas, não devem exceder o valor de 140 mg/m^3 no PI1 e de 100 mg/m^3 no PF (BRASIL, 2018).

4.1.5 DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO_2)

O Dióxido de enxofre (SO_2) é um poluente característico de aglomerados industriais. É proveniente principalmente da combustão de diesel, carvão e petróleo. Quando queimados, esses combustíveis liberam o enxofre que contém, o qual se combina com o ar, formando o SO_2 . Por ser um gás altamente solúvel nas mucosas do trato aéreo superior, pode causar doenças respiratórias agudas em seres humanos, além de agravar doenças cardíacas e pulmonares (CAMILLO *et al.*, 2020).

As concentrações de SO_2 consideradas aceitáveis, para um período de referência de 24 horas, não devem exceder o valor de 125 mg/m^3 no PI1 e de 20 mg/m^3 no PF (BRASIL, 2018).

4.2 QUALIDADE DO AR NO MUNDO E A PANDEMIA DE COVID-19

Como falado anteriormente, a situação de pandemia COVID-19 colocou o mundo em uma dinâmica totalmente diferente, sem precedentes na história recente. O confinamento de grande parte da população mundial, bem como as restrições impostas sobre diversas atividades da vida cotidiana, principalmente em grandes centros urbanos, com as maiores concentrações populacionais, fez com que o mundo como conhecemos mudasse drasticamente. Houve uma desaceleração em diversos setores, o que resultou em grandes mudanças nos níveis de emissões atmosféricas no ano de 2020, perceptíveis em diversas partes do globo.

De acordo com levantamento feito por Le Quéré *et al.* (2020) as medidas restritivas adotadas no início do ano de 2020 já representaram o equivalente a uma redução diária de 17% nas emissões globais de CO₂. Segundo a *International Energy Agency* (IEA) já nos primeiros meses de 2020 o mundo deixou de emitir cerca de um milhão de toneladas de CO₂ por dia devido, principalmente, à redução no consumo de carvão e petróleo (IEA, 2020; SAN MARTIN & SAN MARTIN, 2020). Além disso, foram observadas quedas nas concentrações de alguns poluentes atmosféricos, como ozônio, material particulado e dióxido de nitrogênio, o que representou redução de aproximadamente 20% nos níveis de poluição, em 27 países (VENTER *et al.*, 2020).

Entretanto, alguns autores destacam que o resultado foi consequência de uma mudança de hábitos por um período de tempo, e que reduções de emissões durante o restante do ano iriam depender da duração e extensão das medidas de confinamento, bem como do tempo que levaria para que os países retomassem suas atividades normais. Para esses autores, é muito possível que tais mudanças não sejam permanentes, uma vez que não foram frutos de mudanças na economia, política ou nos sistemas de transporte e energia; e sim, fruto de medidas de contingência, impostas pela situação da pandemia, sem maiores mudanças estruturais (LE QUÉRÉ *et al.*, 2020).

O fato é que, permanentes ou não, as mudanças existiram e nos fizeram refletir sobre a capacidade de resiliência do planeta; sobre a implantação de medidas mais estruturais, as quais permitam estabelecer relações mais harmônicas com o meio ambiente; além da adoção de hábitos de consumo e de vida mais conscientes e até mesmo mais saudáveis. Segundo Agrawala *et al.* (2020) a rapidez com que as emissões foram reduzidas mostrou como é possível melhorar a qualidade do meio em que vivemos e do ar que respiramos. Os autores observaram que essas mudanças já eram esperadas, uma vez que algo similar ocorreu em 2008, devido às políticas de limpeza do ar adotadas para os jogos olímpicos de Beijing, na China.

4.2.1 CONTINENTE ASIÁTICO

A China foi um dos primeiros países a adotar medidas mais rigorosas de isolamento e, conseqüentemente, um dos primeiros a contemplar os resultados. Estudos realizados na cidade de Wuhan, considerada o “berço” da pandemia, constataram decaimento de 22,8 µg/m³ de dióxido de nitrogênio, devido à quarentena instaurada entre os dias 10 e 14 de

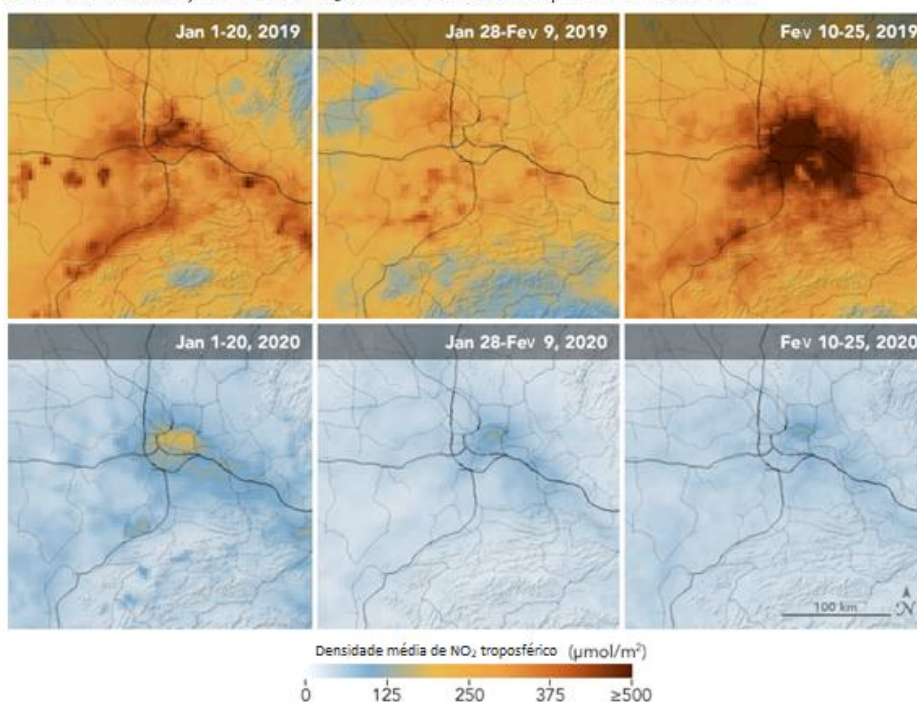
fevereiro de 2020. Em outras 367 cidades chinesas, para o mesmo período, foi constatado decréscimo de $12,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 (CHEN *et al.*, 2020).

A Figura 1 consiste em imagens de satélite disponibilizadas pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), e mostra as concentrações de CO_2 na cidade de Wuhan, entre 2019 e 2020, indicando uma redução na emissão desse poluente em até 30%. Apesar de a queda ter coincidido com as celebrações do Ano Novo Lunar Chinês, onde fábricas e empresas fecham para a comemoração das festividades, ao contrário do que era observado em anos anteriores, em 2020 a poluição atmosférica permaneceu baixa, mesmo após esse período. Pesquisadores da NASA associam esse fenômeno à pandemia de COVID-19, e à quarentena imposta a milhões de pessoas (NASA, 2020).

Figura 1 – Comparação entre as emissões de NO_2 na cidade de Wuhan (China) nos anos de 2019 e 2020.

Manchas de poluição em Wuhan

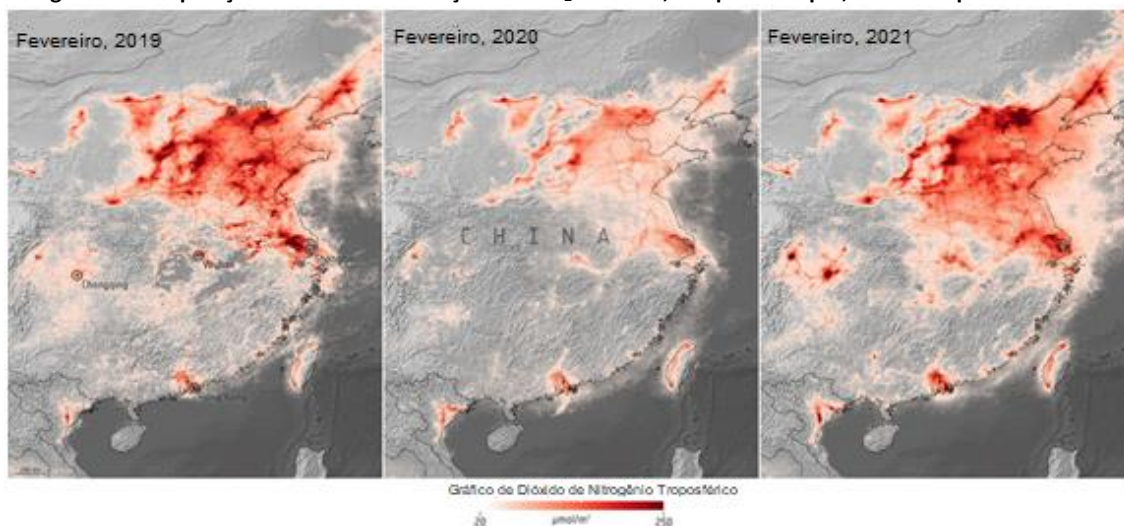
Ao contrário de 2019, os níveis de NO_2 em 2021 não subiram após o ano novo chinês.



Fonte: Adaptado de NASA, 2020a.

Em contrapartida, imagens recentemente divulgadas pela *European Space Agency* (ESA) mostram que a poluição atmosférica na China vem retornando aos níveis pré-Pandemia, à medida que as restrições vêm sendo flexibilizadas e as atividades no país retomam a regularidade. A Figura 2 mostra claramente a comparação entre os anos de 2019, 2020 e 2021, para o mês de fevereiro, no que diz respeito às emissões de NO_2 . Como é possível observar através das imagens, a parte em vermelho indica a concentração de dióxido de nitrogênio presente sobre o país, e a tonalidade vai ficando mais forte conforme aumenta a concentração deste poluente (ESA, 2021).

Figura 2 – Comparação entre as concentrações de NO₂ na China, nos períodos pré, durante e pós-COVID-19.

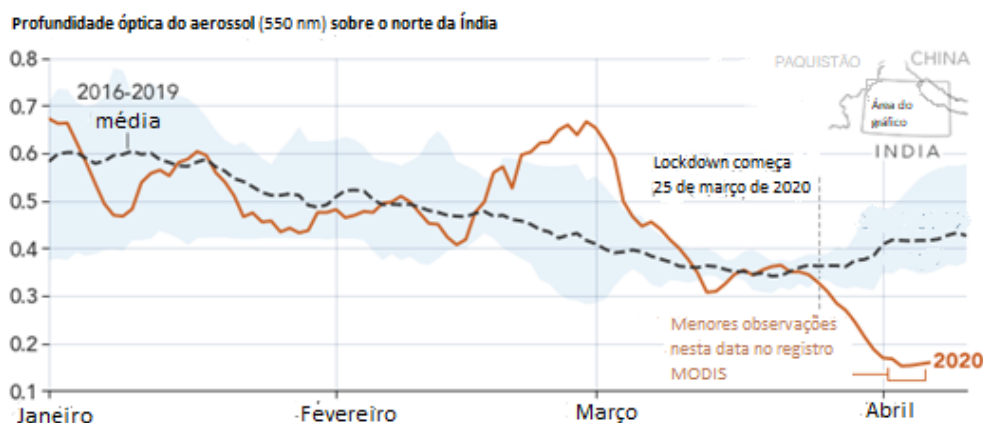


Fonte: Adaptado de ESA, 2021.

Em 2019, em um cenário pré-Pandemia, as concentrações eram bastante elevadas, chegando a se aproximar de 250 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ nos arredores de centros como Beijing, Wuhan e Shanghai. Em fevereiro de 2020, durante o período de quarentena, as concentrações de NO₂ tiveram uma queda acentuada, nitidamente percebida na imagem, onde os tons de vermelho se mostram bem mais claros. No cenário recente, é possível observar que os níveis de poluição atmosférica estão bastante próximos daqueles observados em 2019, merecendo destaque a mancha vermelha muito escura nas proximidades de Beijing.

Na Índia, em março de 2020, o governo colocou seus mais de 1,3 bilhões de habitantes em *lockdown*, a fim de conter a disseminação da pandemia. Em apenas uma semana de redução nas atividades industriais e circulação de veículos já foi possível perceber, através de imagens disponibilizadas pela NASA, uma acentuada queda nas concentrações de aerossóis no norte da Índia (NASA, 2020b), conforme pode ser observado através do gráfico da Figura 3.

Figura 3 – Concentração de aerossóis no norte da Índia.



Fonte: Adaptado de NASA, 2020b.

O gráfico mostra uma média das concentrações de aerossol no norte da Índia entre janeiro e abril de 2020 (linha vermelha), comparada à média observada entre os anos de 2016 a 2019 (linha tracejada preta). Importante destacar que o pico observado no final do mês de fevereiro de 2020 coincidiu com a ocorrência de queimadas que atingiram a Índia e o Paquistão (NASA, 2020b).

Ainda na Índia, Dasgupta & Srikanth (2020) realizaram um estudo no qual foram avaliadas as consequências atmosféricas decorrentes do *lockdown* de 27 dias, em 8 cidades, comparando os dados de poluição com os do mesmo período do ano anterior, e com os padrões nacionais de qualidade do ar (NAAQS). Os autores concluíram então que realmente houve uma melhoria na qualidade do ar, para a maioria dos parâmetros e cidades analisadas, ao comparar o mesmo período dos anos de 2019 e 2020. A grande exceção nesse estudo foi o ozônio, o qual não variou muito dentro do período avaliado, mostrando até mesmo leve aumento em alguns momentos.

Na cidade de Ghaziabad, considerada uma das mais poluídas de toda Índia, também foi observada diminuição nos níveis de alguns poluentes atmosféricos, como o $MP_{2,5}$, que chegou a apresentar redução de quase 85% em sua concentração (LOKHANDWALA & GAUTAM, 2020).

4.2.2 CONTINENTE AFRICANO

No Marrocos o *lockdown* foi decretado em 20 de março de 2020, e todas as atividades consideradas não essenciais foram proibidas. Estudo realizado no país avaliou a qualidade do ar, de forma a comparar os índices antes e durante o período de confinamento, para duas cidades: Casablanca e Marrakesh. Foram estabelecidos como pré *lockdown* o período entre os dias 16 de fevereiro e 19 de março de 2020; e como durante o *lockdown*, de 20 de março a 20 de abril de 2020. Esse estudo mostrou que em Casablanca houve redução nos níveis de NO_2 ($-12 \mu\text{g}/\text{m}^3$), $MP_{2,5}$ ($-18 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e de CO ($-0,04 \text{ mg}/\text{m}^3$). Da mesma forma, foram observadas melhorias na qualidade do ar em Marrakesh, com reduções de NO_2 ($-7 \mu\text{g}/\text{m}^3$), $MP_{2,5}$ ($-14 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e de CO ($-0,12 \text{ mg}/\text{m}^3$) (KHOMSI *et al.*, 2020).

4.2.3 CONTINENTE EUROPEU

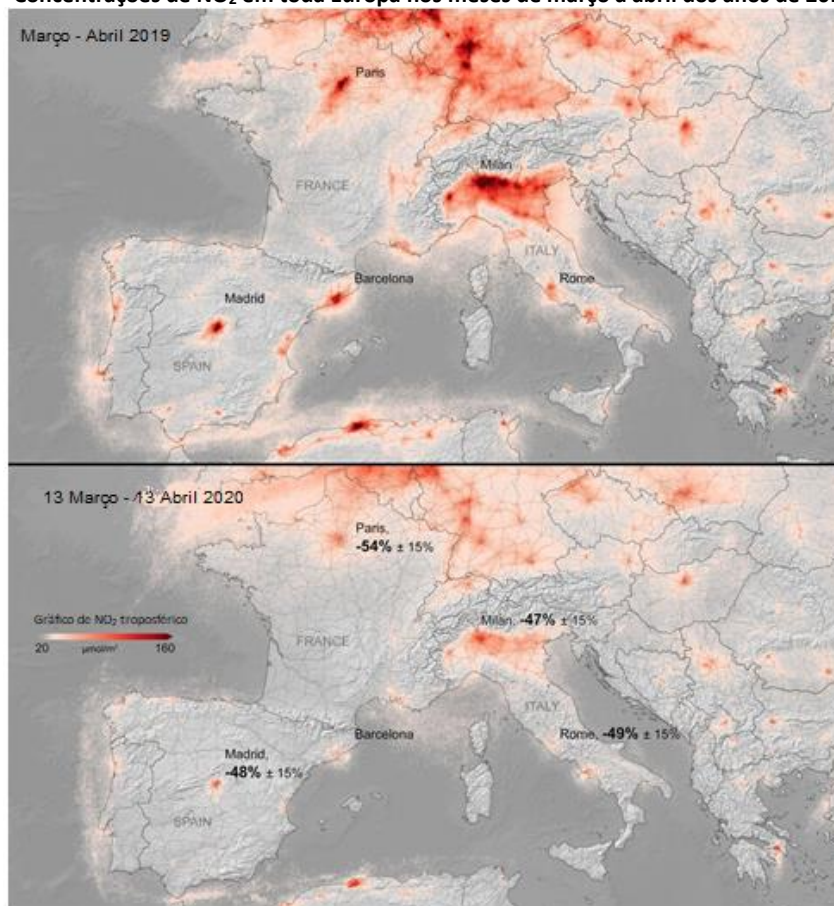
No dia 18 de março de 2020 o presidente de Portugal decretou estado de emergência em todo o país, a fim de controlar a rápida propagação do vírus. Com isso, várias atividades industriais e o transporte em massa foram proibidos. Com o contínuo avanço da doença, e a explosão dos casos em toda a Europa, o confinamento obrigatório acabou se estendendo por seis semanas. Para avaliar o impacto do confinamento na qualidade do ar na região entre Douro e Minho (Portugal), Reis (2020) realizou um estudo no qual foram coletados dados de seis estações de medição de qualidade do ar, distribuídas entre cinco cidades portuguesas. Foram avaliados os parâmetros NO_2 , MP_{10} e O_3 . Como resultado, a autora percebeu uma queda significativa nas concentrações de NO_2 , associada principalmente à redução do tráfego de veículos. Em contrapartida, as estações mostraram um aumento significativo nas concentrações de ozônio, provavelmente associada à menor concentração de

monóxido de oxigênio presente na atmosfera, o que pode ser explicado através das reações de formação ozônio, vistas nas Equações 1, 2 e 3 (ALVES *et al.*, 2020; REIS, 2020).

Estudo realizado em diversas cidades italianas revelou uma queda nos índices de poluição atmosférica, sobretudo na concentração de material particulado e dióxido de nitrogênio, o que resultou na redução de casos de doenças respiratórias associadas a esses contaminantes (COCCIA, 2020). Outro estudo reuniu informações as quais apontam que, no período compreendido entre 23 de fevereiro e 5 de abril de 2020, houve uma redução de aproximadamente 90% na mobilidade em diversos países europeus, como Espanha, Itália e França. Esse estudo mostra ainda que, como consequência, a poluição atmosférica nesses epicentros reduziu em até 30% no período (MUHAMMAD *et al.*, 2020).

A Figura 4 mostra uma comparação entre os meses de março e abril de 2019 e 2020, no que diz respeito às concentrações de NO₂ no continente europeu. É possível observar que há queda nos níveis de dióxido de nitrogênio em toda a Europa, coincidente com o período no qual foram adotadas as medidas de *lockdown*. As imagens de satélite mostram que, em alguns locais, as concentrações caíram cerca de 45 a 50%, quando comparadas ao mesmo período do ano anterior (ESA, 2020). Merecem destaque as quedas observadas nas cidades italianas de Milão (-47%) e Roma (-49%); de Madrid (-48%), na Espanha; e uma queda bastante acentuada em Paris (-54%), na França.

Figura 4 – Concentrações de NO₂ em toda Europa nos meses de março a abril dos anos de 2019 e 2020.



Fonte: Adaptado de ESA, 2020.

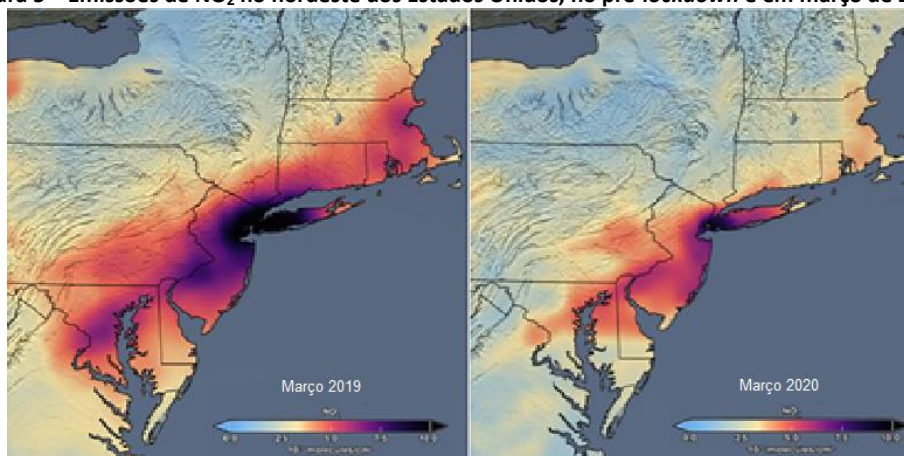
4.2.4 CONTINENTE AMERICANO

Nos Estados Unidos, estudo realizado por Son *et al.* (2020) em áreas urbanas de 10 estados e no distrito de Columbia analisou as mudanças observadas nas concentrações de $MP_{2,5}$, durante o período de restrições causado pela pandemia de COVID-19. Os autores observaram que para a maioria dos estados (exceto em 3 deles) houve grande redução na concentração desse poluente. As reduções variaram de $0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (4,3%) em Maryland a $4,20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (45,1%) na Califórnia. Em média, os níveis de $MP_{2,5}$ em 7 dos estados, e na capital, foram reduzidos em quase 13% (SON *et al.*, 2020).

Berman e Ebisu (2020) analisaram, além de $MP_{2,5}$, as concentrações de NO_2 no território continental dos Estados Unidos, durante o período de *lockdown* (13 de março a 21 de abril) e no período anterior a isso. Os autores observaram uma redução expressiva nas concentrações de NO_2 em relação aos dados históricos (2017 a 2019), chegando a mais de 25%, ou decaimento de 4,8 ppb.

De acordo com a NASA (2020c), durante o período de *lockdown*, as concentrações de NO_2 no nordeste dos Estados Unidos foram reduzidas em até 30% ao comparar março de 2020 com a média observada entre março dos anos de 2015 a 2019, conforme pode ser observado através da Figura 5.

Figura 5 – Emissões de NO_2 no nordeste dos Estados Unidos, no pré-*lockdown* e em março de 2020.



Fonte: Adaptado de NASA, 2020c.

Outra importante medida tomada durante a pandemia de COVID-19 nos Estados Unidos, e que representou grandes ganhos ambientais e atmosféricos, foi a suspensão das queimadas. Em anos normais, durante a primavera, o fogo é utilizado para gerenciar as florestas de pinheiros no sudeste do país. No entanto, em 2020, o Serviço Florestal dos Estados Unidos suspendeu temporariamente essas atividades, por questões de saúde pública, a fim de conter a disseminação do vírus e reduzir a exposição da população à fumaça (NASA, 2020d).

O Brasil foi o primeiro país da América Latina a reportar um caso confirmado de COVID-19, em 26 de fevereiro de 2020, seguido pela Argentina, poucos dias depois. Em ambos os casos, as pessoas infectadas haviam acabado de retornar de viagem da Itália (SILVA *et al.*, 2020).

De acordo com o Instituto Estadual do Ambiente (INEA), em decorrência dos Decretos Estaduais nºs 46.970/2020, 46.973/2020 e 46.980/2020, os quais restringiam as atividades industriais, circulação de veículos e orientavam quanto às medidas de isolamento social no Estado do Rio de Janeiro, houve queda significativa nas concentrações de NO₂ em algumas regiões do Estado, chegando a atingir 91% de redução, segundo leitura realizada na estação de Santa Cruz (INEA, 2020). As concentrações de CO também apresentaram reduções, chegando a ser 75% menores que no período pré-isolamento, na estação de Copacabana. No que diz respeito ao material particulado MP₁₀, duas das três estações analisadas indicaram redução média de 26% e 16% na concentração desse poluente (INEA, 2020).

Na cidade brasileira de São Paulo, onde são registrados os maiores números de casos confirmados e óbitos por COVID-19, as medidas restritivas de circulação resultaram numa queda de 50% nos índices de poluentes atmosféricos, em apenas uma semana de *lockdown* (DE ALBUQUERQUE *et al.*, 2020; DE SOUSA OLIVEIRA *et al.*, 2021). Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), em março de 2020, quando a cidade estava em quarentena, todas as 29 estações de monitoramento da qualidade do ar apresentaram qualidade classificada como BOA para os poluentes primários, que são aqueles oriundos diretamente de fontes poluidoras, como veículos e chaminés (CETESB, 2020). Ainda em março de 2020, os níveis de CO, que são importantes indicadores de poluentes emitidos por veículos leves, estiveram entre os mais baixos na região, chegando à concentração máxima de 1,0 ppm (média de 8 horas), em contraste com um padrão de 9,0 ppm (CETESB, 2020).

5 CONCLUSÃO

Os dados apresentados nesse estudo revelam como as intervenções humanas são refletidas diretamente no meio ambiente, em maior ou menor escala. Foi possível perceber que as medidas tomadas em diversas partes do mundo, a fim de conter a pandemia do novo coronavírus (COVID-19) resultaram em reduções significativas na emissão de vários poluentes atmosféricos, principalmente NO₂, CO₂, CO e material particulado. Em contrapartida, em alguns países, foram observados aumentos nas concentrações de O₃, provavelmente devido às interações químicas de formação desse gás, causadas pela redução na emissão de NO_x e material particulado.

Apesar das melhorias observadas durante o período de *lockdown*, em alguns países, como China, à medida que as atividades econômicas estão voltando ao normal, está sendo observado retorno gradual dos níveis de poluição em concentrações pré-pandemia, o que prova que as mudanças observadas em 2020 foram temporárias, uma vez que não resultaram da aplicação de medidas estruturais efetivas de controle da poluição, como adoção de leis ambientais que restrinjam a emissão de poluentes, de acordo com as características meteorológicas da região; e sim de uma situação transitória.

Finalmente, é importante destacar os efeitos da poluição atmosférica na saúde humana, já que ambientes com maiores concentrações de poluentes estão associados à maior incidência de doenças respiratórias, bem como ao maior número de internações associadas a essas enfermidades. Num cenário de pandemia, onde grande parte dos leitos hospitalares está sendo ocupada por pacientes da COVID-19, é necessário que as medidas estruturais sejam aplicadas com mais rigor, a fim de evitar a sobrecarga dos sistemas de saúde e que pessoas não sejam atendidas, ao buscar tratamento médico.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais pelo apoio na publicação deste artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRAWALA, Shardul et al. **Call for comments: climate and clean air responses to covid-19**. International journal of public health, v. 65, p. 525-528, 2020.

ALVES, Luciano da Silva; DOS SANTOS, Laís Lage; DA ROCHA COUTO, Elizabeth. **Distribuição das concentrações de Ozônio (O3) na área de influência do polo industrial de Camaçari–Bahia: prováveis impactos à Saúde Humana e ao Meio Ambiente**. Revista Brasileira de Meio Ambiente, v. 8, n. 1, 2020.

AQUINO, Estela ML et al. **Medidas de distanciamento social no controle da pandemia de COVID-19: potenciais impactos e desafios no Brasil**. Ciência & Saúde Coletiva, v. 25, p. 2423-2446, 2020.

BENVENUTO, Domenico et al. **The 2019-new coronavirus epidemic: evidence for virus evolution**. Journal of medical virology, v. 92, n. 4, p. 455-459, 2020.

BERMAN, Jesse D.; EBISU, Keita. **Changes in US air pollution during the COVID-19 pandemic**. Science of the Total Environment, v. 739, p. 139864, 2020.

BRAGA, Alféio Luís Ferreira; SALDIVA, Paulo Hilário Nascimento. **Poluição e saúde**. Jornal Brasileiro de Pneumologia: II congresso de pneumologia e fisiologia do centro-oeste. I jornada de fisioterapia respiratória do centro-oeste. Cuiabá, 10-16, 2001. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=n_hymOviAsgC&pg=PA511&dq=so2+soluvel+em+agua+a+30+%C2%B0c&hl=ptBR&sa=X&ved=0ahUKEwjDmo3ZpovpAhXXK7kGHV8MCToQ6AEIKDAA#v=onepage&q=so2%20soluvel%20em%20agua%20a%2030%20%C2%B0c&f=false. Acesso em 30 mar.2021.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 491 de 19 de novembro de 2018**. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Brasília (DF), 2018.

CAMILLO, Cíntia Moralles; SOUZA, Adriano Mendonça; DE SOUZA RAMSER, Cláudia Aline. **Variáveis climáticas relacionadas à poluição do ar e os efeitos causados à saúde humana**. Ciência e Natura, v. 42, p. 7, 2020.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **CETESB constata diminuição da poluição na Grande São Paulo durante a quarentena do coronavírus**. 2020. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/blog/2020/03/30/cetesb-constata-diminuicao-da-poluicao-na-grande-sao-paulo-durante-a-quarentena-do-coronavirus/>. Acesso em 31 mar. 2021.

COCCIA, Mario. **Diffusion of COVID-19 outbreaks: the interaction between air pollution-to-human and human-to-human transmission dynamics in hinterland regions with cold weather and low average wind speed**. 2020. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3567841. Acesso em 30 mar. 2021.

COUTO, Juliana Fernandes et al. **As mudanças ambientais decorrentes do isolamento social e da pandemia da Covid-19**. Além dos Muros da Universidade, v. 6, n. 1, p. 12-22, 2021.

DASGUPTA, Purnamita; SRIKANTH, Kavitha. **Reduced air pollution during COVID-19: Learnings for sustainability from Indian Cities**. Global Transitions, v. 2, p. 271-282, 2020.

DE ALBUQUERQUE, Aline Costa; CAMPOS, Nadine Lessa Figueredo; SIMIONI, Fernanda Cavatti. **COVID-19: breve análise dos impactos ambientais causados pela pandemia**. Revista Científica ANAP Brasil, v. 13, n. 30, 2020.

DE SOUSA OLIVEIRA, Eleilde et al. **OS IMPACTOS AMBIENTAIS OCASIONADOS PELO ISOLAMENTO SOCIAL EM DECORRÊNCIA DA COVID-19**. Educação Ambiental em Ação, v. 19, n. 73, 2021.

ESA - *European Space Agency*. 2020. Disponível em: https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/Air_pollution_remains_low_as_Europeans_stay_at_home. Acesso em 31 mar. 2021.

ESA - *European Space Agency*. 2021. Disponível em: https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/Air_pollution_returning_to_pre-COVID_levels. Acesso em 31 mar. 2021.

FERNANDES, Arthur Neiva et al. **Análise das fontes de poluentes atmosféricos de aeroportos da Infraero**. Revista Técnico-Científica, n. 14, 2018.

IEA - Agência Internacional de Energia (IEA). **“Monthly OECD oil price statistics”**. IEA Website, 2020. Disponível em: www.iea.org/reports/monthly-oecd-oil-price-statistics. Acesso em 30 mar. 2021.

INEA – Instituto Estadual do Ambiente. **Nota Técnica NT_21_2020_GEAR – Complementa a análise da qualidade do Ar na Região Metropolitana durante o período de isolamento social**. – emitida em 17.04.2020, 2020. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/ar-agua-e-solo/monitoramento-da-qualidade-do-ar-e-meteorologia/>. Acesso em 30 mar. 2021.

KHOMSI, Kenza et al. **COVID-19 national lockdown in Morocco: impacts on air quality and public health. One Health**, v. 11, p. 100200, 2020.

KUPFERSCHMIDT, Kai; COHEN, Jon. **Can China's COVID-19 strategy work elsewhere?** *Science*, 367(6482):1061-1062, 2020.

LE QUÉRÉ, Corinne et al. **Temporary reduction in daily global CO₂ emissions during the COVID-19 forced confinement**. *Nature Climate Change*, v. 10, n. 7, p. 647-653, 2020.

LOKHANDWALA, Snehal; GAUTAM, Pratibha. **Indirect impact of COVID-19 on environment: A brief study in Indian context**. *Environmental research*, v. 188, p. 109807, 2020.

LONE, Shabir Ahmad; AHMAD, Aijaz. **COVID-19 pandemic—an African perspective**. *Emerging microbes & infections*, v. 9, n. 1, p. 1300-1308, 2020.

MUHAMMAD, Sulaman; LONG, Xingle; SALMAN, Muhammad. **COVID-19 pandemic and environmental pollution: A blessing in disguise?** *Science of the total environment*, v. 728, p. 138820, 2020.

NASA - *National Aeronautics and Space Administration*. 2020a. Disponível em: <https://earthobservatory.nasa.gov/images/146362/airborne-nitrogen-dioxide-plummets-over-china>. Acesso em 30 mar. 2021.

NASA - *National Aeronautics and Space Administration*. 2020b. Disponível em: <https://earthobservatory.nasa.gov/images/146596/airborne-particle-levels-plummet-in-northern-india>. Acesso em 30 mar. 2021.

NASA - *National Aeronautics and Space Administration*. 2020c. Disponível em: <https://earthobservatory.nasa.gov/images>. Acesso em 30 mar. 2021.

NASA - *National Aeronautics and Space Administration*. 2020d. Disponível em: <https://earthobservatory.nasa.gov/images/146714/satellites-show-a-decline-in-fire-in-the-us-southeast>. Acesso em 30 mar. 2021.

QUEIROZ, Paula Guimarães Moura; JACOMINO, Vanusa Maria Feliciano; MENEZES, Maria Ângela de Barros Correia. **Composição elementar do material particulado presente no aerossol atmosférico do município de Sete Lagoas, Minas Gerais**. *Química Nova*, v. 30, n. 5, p. 1233-1239, 2007.

SAN MARTIN, Maristel Coelho; SAN MARTIN, Meister Coelho. **Condições atuais das emissões dos poluentes atmosféricos durante a quarentena da COVID-19 e as perspectivas futuras**. *Boletim de Conjuntura (BOCA)*, v. 2, n. 5, p. 85-96, 2020.

SON, Ji-Young et al. **Reductions in mortality resulting from reduced air pollution levels due to COVID-19 mitigation measures**. *Science of The Total Environment*, v. 744, p. 141012, 2020.

SPERANDIO, Diogo Gabriel; GOMES, Cristiane Heredia. **Variações globais nos níveis de NO₂ durante a pandemia do COVID-19 (coronavírus): uma breve discussão sobre geologia e antropoceno.** HOLOS, v. 5, p. 1-11, 2020.

SICARD, Pierre et al. **Amplified ozone pollution in cities during the COVID-19 lockdown.** Science of the Total Environment, v. 735, p. 139542, 2020.

SILVA, C. M. et al. **A pandemia de COVID-19: vivendo no Antropoceno.** Revista Virtual de Química, p. 1-16, 2020.

VENTER, Zander S. et al. **COVID-19 lockdowns cause global air pollution declines.** Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 117, n. 32, p. 18984-18990, 2020.

WILDER-SMITH, Annelies; FREEDMAN, David O. **Isolation, quarantine, social distancing and community containment: pivotal role for old-style public health measures in the novel coronavirus (2019-nCoV) outbreak.** Journal of travel medicine, 2020.

World Health Organization (WHOa), **Novel Coronavirus(2019-nCoV), Situation Report – 12** (2020). Disponível em: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/technical-guidance>. Acesso em 17 mar. 2021.

World Health Organization (WHOb), **Novel Coronavirus(2019-nCoV), Situation Report – 43** (2020). Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/331354>. Acesso em 17 mar. 2021.