

Artigo

A Pandemia de COVID-19: Vivendo no Antropoceno

Silva, C. M.; Soares, R.; Machado, W.; Arbilla, G.*

Rev. Virtual Quim., 2020, 12 (4), 1001-1016. Data de publicação na Web: 7 de Julho de 2020<http://rvq.sbq.org.br>**The COVID-19 Pandemic: Living in the Anthropocene**

Abstract: A novel infectious disease was identified in Wuhan, China, in December 2019, and later named as COVID-19. In a few weeks, the epidemic became a pandemic and by the end of March 2020, half of the world was under some form of lockdown. The main goal of this work is to discuss the COVID-19 pandemic as a consequence of the main characteristics of Anthropocene, as well as the evidences of the human impact on the environment after the outbreak of the new coronavirus and the adoption of restrictive measures in many countries around the world. Urbanization, industrialization, globalization, climate change, deforestation and also social inequalities, mainly in middle- and low-income countries, which in general have weaker health systems and limited capacity to handle a rapid rise in cases, are contributing to an emerging global health crisis. Several examples of the environmental impacts are presented. Some examples of the decrease of primary atmospheric pollutants (mainly fine particulate matter and NO₂) are discussed as well as other negative impacts, such as the increase in ozone tropospheric concentrations and medical waste. As a global phenomenon in the "Age of Humans", the COVID-19 pandemic requires the urgent and coordinated effort of all countries to overcome the crisis. The pandemic is an opportunity to take advantage of the spirit of cooperation, to embrace the socio-environmental diversity and arrive at a necessary common global agreement to manage the future of Earth collectively.

Keywords: COVID-19; globalization; urbanization; lockdown; environmental impact.

Resumo

Em dezembro de 2019 foi identificada uma nova doença infecciosa em Wuhan, China, posteriormente chamada COVID-19. Em poucas semanas a epidemia se converteu em pandemia e no mês de março de 2020, a metade da população do mundo estava em algum tipo de confinamento. O principal objetivo deste trabalho é discutir a pandemia de COVID-19 como uma consequência das principais características do Antropoceno e, também, as evidências do impacto humano sobre o meio ambiente após o surto da pandemia e a adoção de medidas restritivas em diferentes países do mundo. Urbanização, industrialização, globalização, mudanças climáticas, desmatamento e desigualdade social, especialmente em países em desenvolvimento ou pouco desenvolvidos, que têm sistemas de saúde mais frágeis e uma capacidade limitada de enfrentar o rápido aumento de casos, contribuem para crises no sistema de saúde. São apresentados diversos exemplos dos impactos ambientais e discutidos exemplos da diminuição das concentrações de poluentes atmosféricos primários (principalmente material particulado fino e NO₂), assim como outros efeitos negativos, tais como o aumento nos níveis de ozônio troposférico e no despejo de resíduos de serviços da saúde. Como um fenômeno global da "Idade dos Humanos", a pandemia de COVID-19 requer o esforço urgente e coordenado dos países para enfrentar a crise. A pandemia é uma oportunidade de aproveitar o espírito de cooperação, abraçar a diversidade socioambiental e chegar a soluções que permitam gerenciar o futuro do planeta coletivamente.

Palavras-chave: COVID-19; globalização; urbanização; distanciamento social; impacto ambiental.

* Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Química Departamento de Físico-Química, CEP 21941-909, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

 gracielaiq@gmail.com

DOI: [10.21577/1984-6835.20200081](https://doi.org/10.21577/1984-6835.20200081)

A Pandemia de COVID-19: Vivendo no Antropoceno

Cleyton M. da Silva,^{a,b}  Ricardo Soares,^{c,d}  Wilson Machado,^c Graciela Arbilla^{a,*} 

^a Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Química, Departamento de Físico-Química, CEP 21941-909 Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

^b Universidade Veiga de Almeida, Campus Tijuca, CEP 20271-020, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

^c Universidade Federal Fluminense, Instituto de Química, Departamento de Geoquímica, CEP 24020-141, Niterói-RJ, Brasil.

^d Instituto Estadual do Ambiente, Saúde, CEP 20081-312, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

*gracielaiq@gmail.com

Recebido em 11 de Junho de 2020. Aceito para publicação em 22 de Junho de 2020.

1. Introdução
2. Uma “Pan-Epidemia do Antropoceno”
3. O Impacto Ambiental da Pandemia de COVID-19
4. Aprendendo para o Futuro
5. Conclusões

1. Introdução

As evidências do Antropoceno estão espalhadas no Planeta, tal como discutido na literatura científica internacional, em diferentes obras de divulgação científica e na mídia, e foram apresentadas em um número especial da Revista Virtual da Química publicado em 2018.¹ O tema do Antropoceno permeia diversas áreas das ciências naturais e sociais em geral, e, em particular, a Química se destaca como uma das bases para a discussão das profundas mudanças introduzidas pelo homem no equilíbrio do Sistema Terra.²

Entre essas evidências se encontram as concentrações crescentes de *black carbon*, devidas ao uso de combustíveis fósseis; a produção de novos minerais e materiais, como alumínio elementar, plásticos e cimento; altas concentrações de poluentes orgânicos persistentes (como pesticidas organoclorados, compostos policíclicos aromáticos, dibenzofuranos e bifenilas policloradas); alterações na razão isotópica ^{207/206}Pb

devidas ao uso de chumbo tetraetila na gasolina; alterações nos ciclos biogeoquímicos do C, N e P e o aumento nas concentrações atmosféricas de CO₂ e CH₄.^{2,3} Os testes nucleares a partir de 1952 deixaram, também, uma clara evidência do que tem sido uma proposta como marcador do início (*golden spike*) do Antropoceno como uma nova Época geológica.^{4,5} Além disso, os Limites Planetários (LP) que asseguram um espaço operacional seguro para o desenvolvimento da humanidade relativo ao funcionamento do Sistema Terra vêm constantemente sendo ameaçados pelo aumento global das taxas de desmatamento, desenvolvimento acelerado da agropecuária e das formas industriais intensivas de proteína animal (gado e pesca), assim como o intercâmbio artificial de diversas espécies vegetais e animais entre os continentes e as mudanças climáticas globais que, entre outras coisas, propicia um aumento das taxas de extinção das espécies e a disseminação de diversas doenças por diferentes patógenos.^{2,3}

Nos últimos 70 anos, após o início da “Grande Aceleração”,² a rápida urbanização e as mudanças

nos padrões de consumo levaram a um incremento sem precedentes no uso das fontes de energia de origem fóssil, geração de resíduos e deterioração da qualidade da água e do ar.^{6,7} Todos esses fatores, contribuem para o aumento da pobreza, a mortalidade infantil, a disseminação de doenças e diversas epidemias e pandemias que, no século 20, mataram milhões de pessoas ao redor do mundo. Nesse século aconteceram três pandemias de influenza.⁸ A primeira, conhecida como gripe espanhola, foi causada no período 1918-1919 pelo vírus *influenza A(H1N1)* e infectou 500 milhões de pessoas, mais de um quarto da população mundial, levando à morte mais pessoas do que o ocorrido durante a Primeira Guerra Mundial (1914-1918). Em 1957, surgiu o vírus *influenza A(H2N2)* na China e em 1968 o *influenza A(H3N2)* em Hong Kong, resultando na morte de milhões de pessoas. Em 2009-2010 aconteceu a primeira pandemia do século 21, ocasionada pelo vírus *influenza A(H1N1)* e levando à morte de 100.000-400.000 pessoas no primeiro ano. Pela primeira vez foi desenvolvida uma vacina no primeiro ano da pandemia, o que contribuiu grandemente para evitar uma tragédia maior.⁸ Especialistas de diversos países vinham alertando, nos últimos anos, da possibilidade de novas pandemias, agravadas pela globalização e a urbanização, o fluxo constante de pessoas, animais, vegetais e diversos produtos, bem como a falta de preparo nos níveis político, econômico, social e de saúde para a elaboração de uma rápida resposta sanitária, quando necessária.⁹

No dia 31 de dezembro de 2019, a Organização Mundial da Saúde (OMS) foi informada de vários casos pouco usuais de pneumonia em Wuhan, capital da Província de Hubei na China.^{10,11} No dia 7 de janeiro de 2020 foi identificado e confirmado um novo coronavírus (SARS-CoV-2), pertencente a mesma família que já tinha ocasionado as epidemias de SARS (*Severe Acute Respiratory Syndrome*) e de MERS (*Middle East Respiratory Syndrome*).^{12,13} A nova doença, que foi chamada de COVID-19 (*Coronavirus disease 2019*), se disseminou rapidamente pela China e, em poucas semanas, atingiu outros países da Ásia.¹³ A cidade de Wuhan, com aproximadamente 11 milhões de habitantes, é um centro industrial, principalmente nas áreas automobilística, metalúrgica, farmacêutica e de tecnologias de ponta, como novos materiais e proteção ambiental. É também uma região central desde o ponto de vista das comunicações,

estando conectada a diversas outras cidades por trens rápidos, estradas e por via aérea já que o aeroporto internacional local é um dos maiores e mais modernos do Leste Asiático. Essas características da cidade como centro logístico, financeiro, comercial e econômico, bem como o início da epidemia em coincidência com as celebrações da proximidade do Ano Novo Lunar (25 de janeiro) contribuíram para a disseminação do vírus. Estima-se que quando a cidade foi isolada em 23 de janeiro, aproximadamente 5 milhões de pessoas já tinham viajado para outras cidades.¹⁴

O primeiro caso no continente americano se deu nos Estados Unidos da América, por meio de uma pessoa que tinha viajado à Wuhan, sendo reportado em 21 de janeiro de 2020. No final desse mesmo mês já tinham sido registrados os primeiros casos no Japão, Tailândia, Coreia do Sul e Europa (Espanha, França e Itália).¹⁴

O primeiro caso confirmado na América Latina ocorreu no Brasil (confirmado no dia 26 de fevereiro) e poucos dias depois foi reportado o primeiro caso na Argentina. Ambos pacientes tinham viajado à Itália.^{10,15-17} Em março o único continente não atingido pelo vírus era a Antártica e, em 11 de março de 2020, a OMS declarou a COVID-19 como uma pandemia.¹⁸

O epicentro da doença passou rapidamente da China para a Europa, em especial Itália e Espanha, e no mês de março para o continente americano, nos Estados Unidos, que no início de abril já respondia por 27 % dos casos no mundo.¹⁷ Em 2 de abril mais de 1 milhão de pessoas no mundo tinham sido infectadas, e no dia 4 de abril o Brasil já tinha superado os 10.000 casos confirmados.^{17,19}

Com o objetivo de tentar frear a disseminação do vírus, a OMS recomendou o distanciamento social e diversas medidas de saúde pública.²⁰ Em diversos países foram interrompidas as aulas, as atividades comerciais (exceto as essenciais como a venda de alimentos e medicamentos), os eventos sociais, culturais e esportivos, também foi reduzida a disponibilidade de meios de transporte, foram fechados aeroportos e terminais de trens e ônibus e restringida a circulação de pessoas. As medidas tomadas nos diferentes países variaram na magnitude e duração: recomendações de distanciamento social e medidas de higiene pessoal (como a lavagem frequente das mãos, uso de álcool gel e máscaras); isolamento social, que restringe a circulação e aglomeração de pessoas,

evitando ou diminuindo a taxa e velocidade de disseminação do vírus; quarentena ou isolamento durante um certo período das pessoas que tiveram contato com um paciente contaminado, que estão aguardando diagnóstico ou que estão doentes ou de pessoas que pertencem a grupos de risco; e o chamado *lockdown* que é, em geral, uma medida imposta pelo estado e que envolve a interrupção de atividades econômicas não essenciais e frequentemente restrições na mobilidade.²¹ A vida da população e a dinâmica das cidades foram grandemente alteradas levando a mudanças dramáticas na economia, no meio ambiente e no comportamento social.^{22,23} Mesmo assim, a disseminação da COVID-19 continuou e, em 10 de junho de 2020, o número de casos confirmados superava 700 mil no Brasil e 7 milhões no mundo, tendo-se perdido até esse dia mais de 400.000 vidas, 38.406 delas no Brasil.¹⁷

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é demonstrar que o estabelecimento da COVID-19 como uma pandemia é uma consequência das principais características do Antropoceno (globalização, urbanização, mobilidade e mudanças climáticas globais) e que, ao mesmo tempo, fornece provas da intervenção humana no Planeta, especialmente na deterioração ambiental.

2. Uma “Pan-Epidemia do Antropoceno”

Em 2017, o infectologista Daniel R. Lucey e colaboradores propuseram o termo “pan-epidemias do Antropoceno” para referir-se a epidemias relacionadas às forças antrópicas que impactam e alteram o equilíbrio do Sistema Terra.⁹ Provavelmente o primeiro registro de uma epidemia causada pela “Idade dos Humanos” foi a morte de aproximadamente 50 milhões de nativos com a chegada dos Europeus ao continente que eles chamariam América.²⁴ Após 12.000 anos de separação dos habitantes e outras espécies vivas dos continentes, duas civilizações se encontram em termos totalmente desiguais. As consequências foram muito além da história de colonização e exploração, houve um intercâmbio não apenas de pessoas, mas também de espécies animais, vegetais, de doenças infecciosas e inclusive de ideias e cultura: as espécies se globalizaram e homogeneizaram dando lugar ao que seria chamado de “Intercâmbio Colombiano”.

Junto com os europeus chegaram doenças para as quais a população local não tinha imunidade e como resultado se estima que aproximadamente 10 % da população do planeta foi dizimada entre os anos 1492 e 1650.^{2,24,25}

A chegada dos Europeus ao continente americano não só marca o início do mundo moderno e uma série de eventos que levariam à Revolução Industrial e ao período conhecido como a “Grande Aceleração”,² mas é também o primeiro exemplo de como as ações humanas podem levar a consequências não planejadas e a mudanças no meio ambiente, e, também é um exemplo de como o Sistema Terra reage a essas mudanças.

A pandemia evidencia como a urbanização e globalização têm mudado a forma como as pessoas vivem e como interagem com outras espécies. No século 21, os avanços nas comunicações e transporte, a alta densidade populacional, a disponibilidade de residências muito pequenas para muitas famílias, os transportes, centros comerciais e locais de trabalho com grandes aglomerações, os grandes eventos culturais, esportivos e políticos, as praias e outros espaços públicos cheios, a degradação ambiental e o contato com animais selvagens contribuem para a disseminação rápida de doenças.²⁶ As consequências são ainda mais graves para os países com menos recursos, com grandes desigualdades sociais, falta de saneamento básico, com recursos insuficientes na área de saúde e educação, e pessoas vivendo em condições de extremo grau de pobreza, assim como em determinados países desenvolvidos em que os sistemas de saúde pública são frágeis ou inexistentes.²⁷

A pandemia de COVID-19 colocou também em evidência a falha de muitas nações em tomar medidas rápidas e efetivas, ao optarem por não atender às recomendações dos cientistas e especialistas em saúde pública, deixando de aproveitar as experiências de outros países que já tinham enfrentado situações críticas de epidemias, e mostrou, também, como a humanidade falhou ao apenas enxergar objetivos e consequências a curto prazo e não se preparar para o futuro.²⁸ Um futuro que era previsível à luz das epidemias passadas e do conhecimento dos infectologistas e cientistas acumulado através das pandemias anteriores, do Ebola e outras doenças tropicais negligenciadas, como Zica, Chikungunya, dengue, febre amarela e malária.²⁷

Altos níveis de poluição atmosférica em áreas urbanas com intensa atividade industrial e queima de combustíveis fósseis pelos veículos podem ter sido fatores agravantes que proporcionaram o aumento do número de casos para os quais foram necessários a hospitalização, cuidados intensivos, internação em unidades de terapia intensiva (UTI) e uso de respiradores pulmonares. Em um estudo realizado no norte de Itália, nas regiões de Lombardia e Emilia Romagna que apresentaram os maiores índices de contágio e letalidade, foi constatado que a exposição a longo prazo a altos níveis de poluentes atmosféricos leva a inflamações pulmonares e condições respiratórias crônicas que favorecem a infecção e o desenvolvimento de quadros respiratórios agudos. Dessa forma, os pesquisadores concluíram que os altos níveis de poluição do norte de Itália podem ter sido um cofator na alta letalidade do vírus nessa região.²⁹

Não se conhecem ainda os mecanismos que podem levar a uma relação entre a transmissão do vírus SARS-CoV-2 e a qualidade do ar, mas existem evidências de que os vírus podem estar associados às partículas finas que, quando inaladas, levam à entrada dos agentes virais no organismo. Em um estudo preliminar realizado em 33 cidades da China no período de 29 de janeiro até 15 de fevereiro de 2020, foi observada uma correlação positiva entre os índices de qualidade do ar (IQA) e o número de casos confirmados da doença.³⁰ Existem algumas evidências, também, de que fatores meteorológicos, especialmente temperatura e umidade, poderiam afetar a transmissão do vírus. Os resultados ainda não são conclusivos, mas um estudo publicado no mês de abril de 2020, realizado em 166 países, sugere que existe uma correlação negativa com a umidade e temperatura.³¹ Já outro estudo realizado nas 26 capitais de estados brasileiros e no Distrito Federal, mostrou uma relação linear negativa entre o número de casos confirmados de COVID-19 e a temperatura, no intervalo entre 16,8 e 27,4 °C. Através de um modelo de regressão linear, os autores concluíram que para cada grau de acréscimo de temperatura, houve uma variação de -4,8951 % no número de casos acumulados confirmados, sendo que a partir de 25,8 °C a curva atingiu um *plateau*.³²

As consequências da pandemia vão muito além da mortalidade ou possíveis efeitos posteriores da doença e têm implicações no sistema de saúde como um todo, na economia, na educação, nas relações sociais e no meio ambiente.^{11,22,23}

O colapso dos sistemas de saúde devido ao alto número de internações, a falta de leitos e material médico (medicamentos, equipamento de proteção individual, respiradores),³³ o esgotamento psicológico e físico dos trabalhadores da área de saúde e, inclusive o contágio de muitos deles, podem levar, como já advertido pela OMS, a que outras enfermidades evitáveis sejam negligenciadas, reveladas pela falta de campanhas de vacinação de outras doenças e aumento da mortalidade infantil e de gestantes.³⁴ Durante a epidemia de Ebola (2014-2015) aumentaram o número de óbitos devidos a sarampo, malária, HIV/AIDS e tuberculoses, devido a impossibilidade de tratar todos os pacientes, a contaminação dos profissionais da saúde e a insuficiência de recursos. Se estima que nas áreas afetadas pela epidemia houve uma redução de 80 % no atendimento de gestantes, 40 % nas internações e tratamentos de malária e uma redução substancial nas campanhas de vacinação.³⁵

Desde o ponto de vista da educação, nos países com menos recursos não há possibilidades de implementar educação a distância de uma forma eficiente e acessível para todos os estudantes. Isso poderá aumentar as desigualdades sociais por limitar o acesso de crianças e jovens, principalmente dos sistemas públicos de ensino que se encontrem impossibilitados de implementar uma forma de substituir as aulas presenciais, tanto pela falta de recursos das unidades de ensino como pela falta de acesso de muitos estudantes a ferramentas digitais e de conexão a internet. Em alguns lugares, a escola é o mais importante, ou até o único lugar, onde os menores recebem uma alimentação adequada por dia. Em 17 de março de 2020, a Unesco publicou um documento mostrando que, como consequência da pandemia, mais de 776 milhões de alunos ficaram fora das escolas, aumentando as desigualdades, diminuindo as oportunidades de desenvolvimento e aprendizado dos menos favorecidos e inclusive aumentando a exposição a comportamentos de risco de menores que ficam sozinhos em casa ou sem supervisão dos educadores.³⁶ No Brasil, o debate sobre as dificuldades enfrentadas por alunos e professores, em todos os níveis de ensino, após a suspensão das aulas presenciais,³⁷ tem crescido e colocado em evidência a falta de recursos de muitos estudantes que não possuem acesso à internet, computador ou um espaço adequado para o desenvolvimento de estudos nas residências e, também, a falta de apoio aos professores que se enfrentaram com um situação inédita para a qual não estavam preparados.³⁸⁻³⁹

3. O Impacto Ambiental da Pandemia de COVID-19

A pandemia mostrou, também, como as ações locais afetam o planeta e como as condições ambientais são diretamente afetadas pelas atividades antrópicas. A diminuição ou interrupção de diversas atividades econômicas e da circulação de pessoas, aparentemente melhoraram a qualidade do ar e da água em diversas cidades como registrado não apenas pelos jornais, meios de comunicação e redes sociais, mas também por imagens de satélite e agências ambientais de diversos países e publicado em dezenas de artigos científicos com dados de diversas regiões do mundo.⁴⁰⁻⁵²

Em um primeiro momento a interrupção das atividades (ou permanências nos lares) de mais de 2,5 bilhões de pessoas levou à diminuição de alguns poluentes primários, principalmente dióxido de nitrogênio (NO_2) e material particulado fino de até 2,5 μm ($\text{PM}_{2,5}$) nos países que adotaram esse tipo de medidas.⁴²

Assim, inicialmente, na China as concentrações de NO_2 , emitido principalmente pelos veículos,

usinas de geração de energia e indústrias, tiveram uma redução de 10-30 % no período de *lockdown* com respeito ao mesmo período nos anos 2015-2019, conforme as imagens obtidas pelo satélite *Sentinel-5P* com o *Tropospheric Monitoring Instrument* (TROPOMI). O *Copernicus Atmospheric Monitoring Service* (CAMS) observou, também, um decréscimo nas concentrações de $\text{PM}_{2,5}$ em fevereiro de 2020 quando comparado com os três anos anteriores, e resultados de modelagem estimaram uma redução de 20-30 % no material particulado fino em várias regiões da China.⁵³ A partir de março com o relaxamento das medidas e a retomada das atividades econômicas, os níveis de dióxido de nitrogênio começaram a aumentar novamente como mostrado num vídeo divulgado pela Agência Espacial Europeia (*European Space Agency, ESA*).⁵⁴ Na Figura 1 são mostradas imagens obtidas pelo satélite *Sentinel-5P* para os períodos 1 a 20 de janeiro de 2020 (antes do *lockdown*) e 10 a 25 de fevereiro de 2020 (durante o *lockdown*), nas quais se observa a diminuição das concentrações de NO_2 sobre o território da China.

No dia 13 de março foram divulgadas imagens do satélite *Sentinel-5P* para o norte da Itália, onde

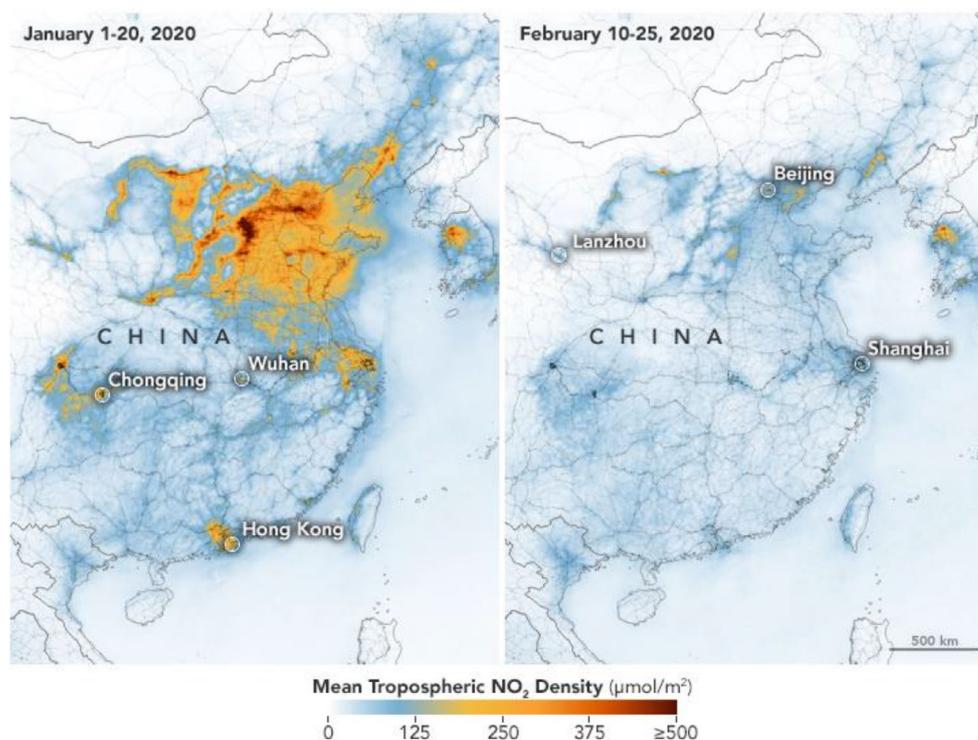


Figura 1. Imagens de satélite *Sentinel-5P* mostrando os níveis de NO_2 sobre o território da China, para os períodos 1 a 20 de janeiro de 2020 (antes do *lockdown*) e 10 a 25 de fevereiro de 2020 (durante o *lockdown*). Fonte: satélite *Sentinel-5P*, imagens fornecidas pelo Observatório Earth (*National Aeronautics and Space Administration, NASA*)⁵⁵

foram tomadas as primeiras medidas de *lockdown*, e posteriormente, em 27 de março, imagens das áreas de grandes capitais da Europa (Roma, Paris e Madrid).⁵³ Em todos os casos foi percebido um declínio nas concentrações de dióxido de nitrogênio coincidente com a diminuição das atividades industriais, trânsito terrestre, marítimo e aéreo e movimentação de pessoas.⁴² Valores de concentração de poluentes não estão somente relacionados às emissões e são grandemente afetados por processos de transporte e fatores meteorológicos, mas mesmo assim, essas reduções expressivas mostram o impacto das atividades humanas como foi reconhecido pelos cientistas da Agência Espacial Europeia e da Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (*National Aeronautics and Space Administration, NASA*).⁵⁵

Resultados semelhantes foram observados na Índia, onde um *lockdown* rigoroso começou no dia 25 de março. Na Figura 2 são apresentadas imagens divulgadas pela NASA mostrando a profundidade óptica de aerossol (*aerossol optical depth, AOD*) para o período 31 de março a 5 de abril dos anos 2016-2020. Nas cinco primeiras imagens são mostrados os resultados para os anos 2016 a 2020 e na sexta imagem a diferença entre o ano de 2020 e o valor médio 2016-2019.^{56,57}

Modelos de inventários de emissões para a China, indicam importantes reduções nas emissões de gases de efeito estufa (GEE). Myllyvirta estimou uma redução de aproximadamente 25 % nas emissões de CO₂ nas quatro semanas posteriores ao Ano Novo Lunar como consequência de uma diminuição de 15 a 40 % nas atividades de alguns

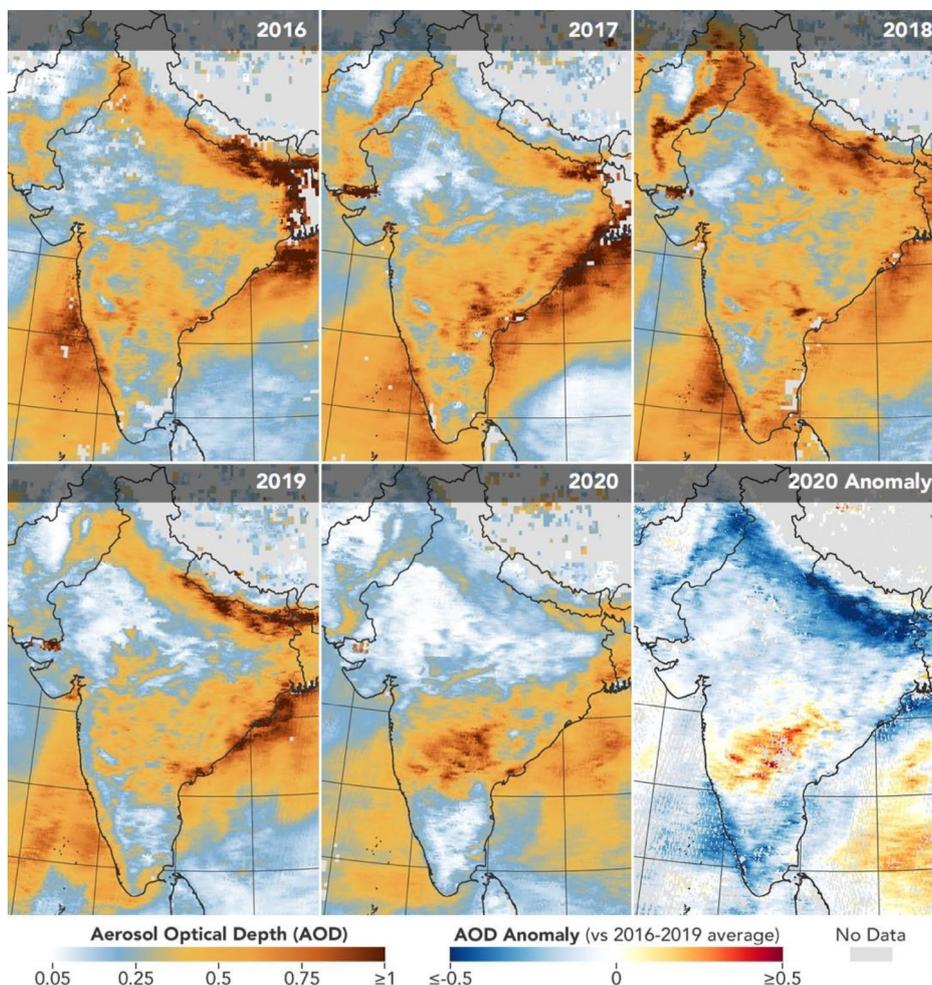


Figura 2. Profundidade óptica de aerossol (*aerossol optical depth, AOD*) para o período 31 de março a 5 de abril dos anos 2016-2020 sobre o território da Índia. Nas cinco primeiras imagens são mostrados os resultados para os anos 2016 a 2020 e na sexta imagem a diferença entre o ano de 2020 e o valor médio 2016-2019. Fonte: imagens obtidas pela NASA com o MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) e fornecidas pelo Observatório Earth (NASA)⁵⁷

setores industriais e de serviços que levaram a um menor consumo de energia, produção de carvão, refino de petróleo e aço e à redução do transporte de passageiros e cargas.⁵⁸ Uma estimativa semelhante foi realizada para Itália, onde após dois meses (março e abril de 2020) de severas medidas que afetaram as atividades econômicas e levaram a uma redução no consumo de energia elétrica, gás natural e combustíveis derivados do petróleo, a redução na emissão de GEE foi estimada em 20 %, comparada com a média 2015-2019. Porém a estimativa de futuros cenários de reabertura da economia mostrou que até final de 2020, as emissões serão maiores ou iguais às do período 2015-2018.⁵⁹ Esses resultados sugerem que a restrição das atividades econômicas não é o caminho adequado para combater as causas das mudanças climáticas globais e, sim, a mudança do padrão energético e o investimento em energia mais sustentáveis.

No Brasil as medidas de distanciamento social também resultaram em impactos sobre a qualidade do ar. O Distrito Federal foi a primeira unidade da federação a estabelecer medidas de distanciamento social com a suspensão das aulas na rede pública de ensino a partir do dia 11 de março. E no dia 16 de março, já com 234 casos reportados em 17 estados e no Distrito Federal,¹⁹ as aulas em escolas, universidades e diversos cursos foram interrompidas nas duas capitais, até esse momento, mais atingidas pela pandemia (São Paulo e Rio de Janeiro) e em diversas cidades do país e diversos segmentos econômicos foram iniciados esforços inéditos para a implementação de trabalho remoto (*home office*).⁵⁰⁻⁵²

No dia 17 de março foi anunciada também a primeira morte devida à COVID-19 e, com o agravamento da crise e a ocorrência de 1893 casos acumulados,¹⁹ a partir de 23 de março, foram adotadas medidas mais restritivas na maioria dos estados. As medidas foram tomadas pelos municípios e os governos estaduais, e não contaram com o apoio da Presidência da República, que se posicionou contrária às recomendações da OMS e da equipe técnica do Ministério da Saúde.^{28,60} Ainda assim, 25 dos 27 governadores aderiram a essas recomendações e, nas principais cidades, foram proibidas concentrações de pessoas em eventos culturais, esportivos e políticos. Foram fechados *shopping centers*, museus, teatros, cinemas e o comércio em geral, sendo mantidas as atividades básicas de

serviços e a venda de alimentos, medicamentos, combustíveis e materiais de construção. Essas medidas tiveram um grande impacto na vida das pessoas e no meio ambiente, em especial no que diz respeito às emissões e concentrações de alguns poluentes atmosféricos primários.

Na Figura 3 são mostradas imagens de satélite comparando as concentrações de $PM_{2.5}$ para o dia 23 de março de 2020 (o primeiro dia de aplicação das medidas restritivas) e período equivalente no ano anterior (25 de março de 2019), sendo coincidentemente ambos os dias segundas-feiras. Os dados foram obtidos pelo Sistema CAMS/Copernicus/European Commission + ECMWF e disponibilizados ao público através do Sistema Earth, e mostram uma expressiva redução dos níveis de material particulado fino nas regiões metropolitanas de São Paulo e Rio de Janeiro.⁶¹

A NASA registra, também, as concentrações de NO_2 em quase todas as regiões do mundo, pelo TROPOMI, e os resultados são tratados pela equipe do AVDC (*Aura Validation Center Data*) do Observatório Earth no *Goddard Space Flight Center*. Todos os dados, assim como os das Figuras 1 a 3, são de domínio público.⁶² Na Figura 4 são mostradas as imagens da “coluna vertical de NO_2 ”, sobre a área da cidade de Rio de Janeiro, para o dia 27 de março de 2020 em comparação com o período de referência (*base line*) para 2015-2019. A “coluna vertical de NO_2 ” é a concentração observada pelo instrumento desde o satélite, descontando a contribuição dos óxidos de nitrogênio presentes na estratosfera, e as unidades são moléculas cm^{-2} (os dados são obtidos com uma resolução de 1° em latitude e longitude). Os resultados mostram uma diminuição de 20 % com respeito à média dos anos 2015-2019.⁶²

Resultados similares foram mostrados pelas estações de monitoramento terrestres, como informado, para o Estado de São Paulo, pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB),⁶³ e para Rio de Janeiro, pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA),⁶⁴ e a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAC),⁶⁵ através dos boletins de Qualidade do Ar e comunicados à imprensa.

O primeiro artigo para América Latina foi publicado por Dantas *et al.* mostrando o impacto das medidas na qualidade do ar na cidade do Rio de Janeiro e,⁵⁰ em seguida, Nakada e Urban publicaram resultados para São Paulo.⁵² As variações das concentrações de poluentes foram diferentes para as diversas localidades estudadas,

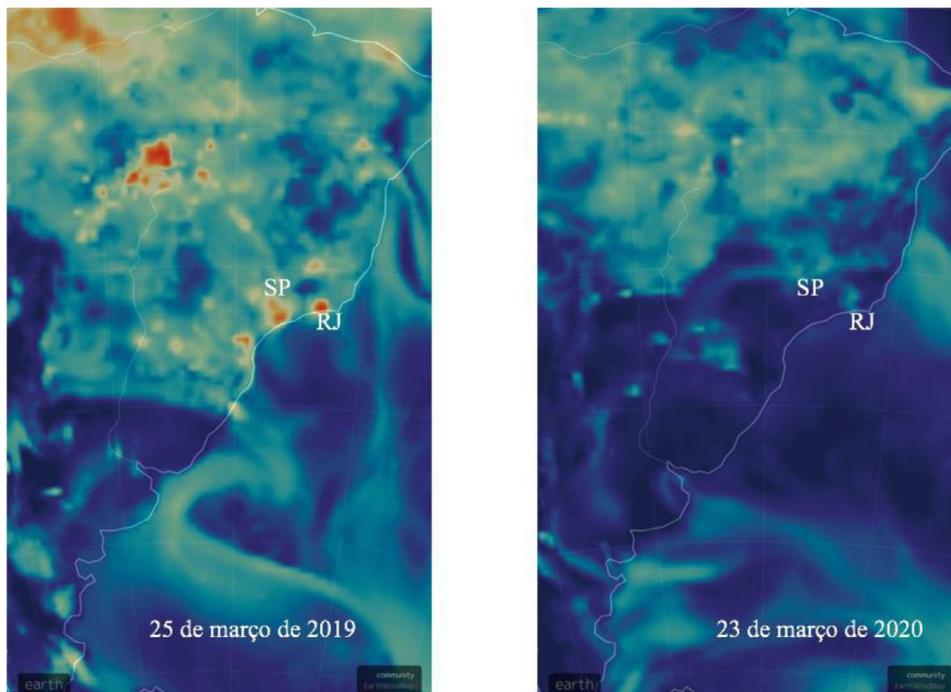


Figura 3. Imagens de satélite mostrando os níveis de $PM_{2.5}$ nos dias 25 de março de 2019 e 23 de março de 2020. As regiões metropolitanas de São Paulo e Rio de Janeiro estão indicadas nos mapas. Fonte: Satélites CAMS/Copernicus/European Commission + ECMWF⁶¹

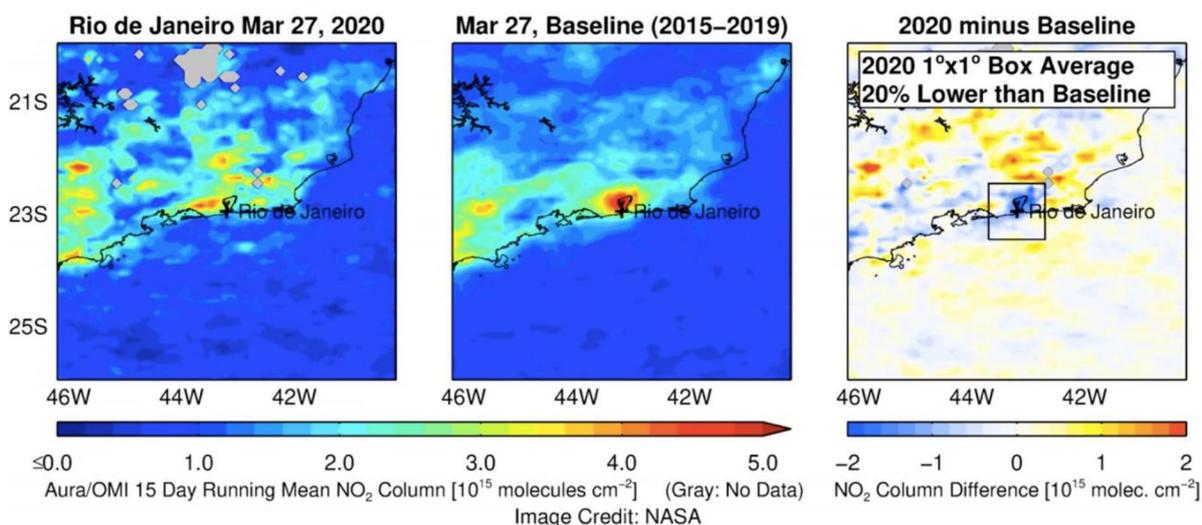


Figura 4. “Coluna vertical de NO_2 ”, sobre a área da cidade de Rio de Janeiro, para o dia 27 de março de 2020 em comparação com o período de referência (*base line*) para 2015-2019. Fonte: Atmospheric Chemistry and Dynamics Laboratory (NASA)⁶²

dependendo de diversos fatores como emissões locais, transporte de massas de ar desde outras áreas, fatores meteorológicos (temperatura, radiação solar, precipitação e ventos) e a aderência da população às medidas adotadas.

Na cidade do Rio de Janeiro, de uma forma geral, entre os dias 16 e 20 de março não foi observada

nenhuma melhoria na qualidade do ar, mas a partir do dia 23, com as medidas mais severas e a interrupção de atividades não essenciais, houve um decréscimo nas concentrações dos poluentes primários legislados, principalmente CO e NO_2 , com respeito aos dias anteriores e ao mesmo período de 2019. O CO é emitido principalmente

pelos veículos que utilizam gasolina e etanol como combustível (veículos leves e motocicletas) e, por esse motivo, a redução nas concentrações, nas estações estudadas, foi expressiva (30,3-48,5 %) já que, inicialmente, a diminuição do trânsito, especialmente veículos leves, chegou a 75-80 %.⁵⁰ As concentrações de NO₂ tiveram decréscimos entre 32,2 e 53,9 %, relacionados à diminuição do trânsito de veículos leves e ônibus.⁵⁰ Já a diminuição de material particulado com diâmetro até 10 µm (PM₁₀) foi menos expressiva, provavelmente pela contribuição majoritária de outras fontes como os caminhões que continuaram circulando, obras de construção civil, indústrias, ressuspensão de poeira e fontes naturais.⁵⁰

Resultados similares foram obtidos no estado de São Paulo (na Região Metropolitana de São Paulo e em Cubatão), entre os dias 24 de março e 20 de abril de 2020 com diminuições nos níveis de PM_{2,5} (29,8 %) e de NO₂ e CO de até 54,3 e 64,8 %, respectivamente.⁵²

Melhorias semelhantes nos níveis de poluentes primários foram encontradas em outras grandes centros urbanos de Europa, Ásia, África e América.^{45-49, 66-69} Porém, esses foram efeitos

locais e restritos aos períodos de interrupção ou diminuição das atividades antrópicas, como observado no Brasil quando o relaxamento das medidas restritivas levou a uma maior circulação de pessoas e o aumento nos níveis de poluentes primários.^{50,51,69} O aumento nos níveis de poluição com a retomada da circulação de pessoas e as atividades comerciais e industriais, foi observado também em outros países. Por exemplo em Beijing, já em 29 de março de 2020, as concentrações de PM_{2,5} chegaram a 37 mg m⁻³, como informado pela agência ambiental chinesa (IQAir), caracterizando uma qualidade do ar "Inadequada".⁷⁰ Na Figura 5 novas imagens do satélite *Sentinel-5P* mostram os níveis de NO₂ sobre a região próxima a Beijing, para os períodos 15 a 25 de fevereiro de 2020 (durante o *lockdown*) e 20 de abril a 12 de maio de 2020 (após o *lockdown*), evidenciando a volta das concentrações aos valores típicos para essa área.⁷¹

Assim, esses aparentes efeitos favoráveis sobre o meio ambiente são temporários e a Agência Internacional de Energia (*International Energy Agency*, IEA) advertiu em um documento que a crise econômica que irá acontecer como consequência da pandemia poderá diminuir

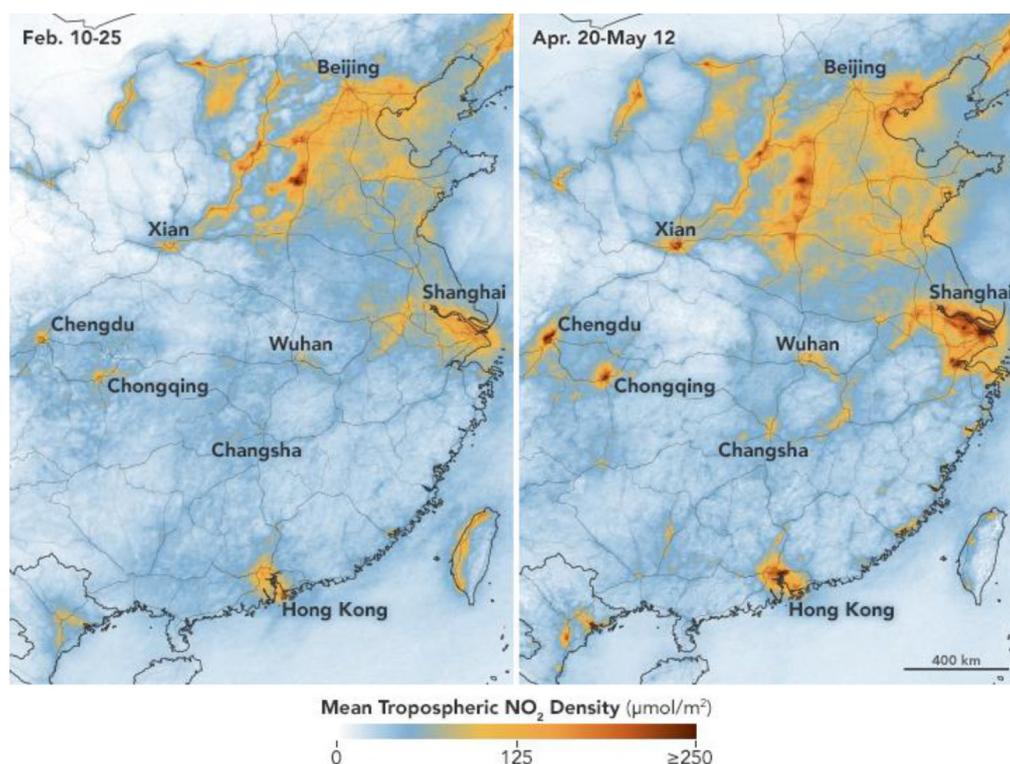


Figura 5. Imagens de satélite *Sentinel-5P* mostrando os níveis de NO₂ sobre o território da China para os períodos 15 a 25 de fevereiro de 2020 (durante o *lockdown*) e 20 de abril a 12 de maio de 2020 (após o *lockdown*). Fonte: satélite *Sentinel-5P*, imagens fornecidas pelo Observatório Earth (*National Aeronautics and Space Administration*, NASA)⁷¹

os investimentos futuros em energias limpas e projetos sustentáveis de infraestrutura, levando à demora na obtenção de medidas permanentes de melhoria da qualidade do ar e diminuição dos gases de efeito estufa.⁷²

Além disso, as medições das concentrações de ozônio nos grandes centros urbanos, mostraram que as mesmas aumentaram ou se mantiveram nos níveis anteriores.^{51,73} Num estudo detalhado realizado nos bairros de Irajá e Bangu, na cidade do Rio de Janeiro, Siciliano *et al.*,⁵¹ concluíram que esse comportamento pode ser atribuído à diminuição das concentrações de NO₂ e ao aumento da razão entre os compostos orgânicos voláteis e óxidos de nitrogênio (COV/NO_x) em cenários urbanos onde o processo de formação de ozônio é controlado por COV e altamente dependente das concentrações e especiação desses compostos. No caso dos locais analisados na cidade do Rio de Janeiro, a contribuição predominante de massas de ar provenientes das áreas industriais, onde as atividades foram continuadas durante o período de medidas restritivas, contribuiu para aumentar a reatividade e potencial formador de ozônio da atmosfera.⁵¹ Alguns estudos recentes sugerem que a exposição ao ozônio (a curto e longo prazo) está associada a maiores riscos de mortalidade, problemas respiratórios e danos aos pulmões, inclusive para valores de concentração menores que o limite recomendado pela Organização Mundial da Saúde (média máxima de 8 horas de 100 mg m⁻³).^{74,75}

Assim, a afirmação tão divulgada pelos meios de comunicação e muitas publicações científicas de que as medidas de distanciamento social, quarentena e *lockdown*, associadas à pandemia, tiveram um efeito positivo na qualidade do ar e no meio ambiente em geral, devem ser consideradas com cautela e observadas no conjunto de todos os poluentes atmosféricos, bem como nos futuros possíveis impactos negativos após a retomada das atividades em um contexto de baixos investimentos em tecnologias limpas e efeitos nocivos em outras matrizes ambientais.

Nesse contexto, a pandemia pode ter efeitos ambientais nocivos especialmente no caso de resíduos relacionados à COVID-19, como resíduos de serviços de saúde (RSS), quer sejam hospitalares e/ou domiciliares, assim como outros materiais contaminados descartados pelas pessoas em seus domicílios.⁷⁶ Segundo informações do Ministério de Ecologia e Meio Ambiente da China, durante o pico do surto, os hospitais de Wuhan produziam mais de

240 toneladas diárias de RSS em comparação com 40 toneladas no período anterior. A situação foi tão grave que se fez necessário construir uma nova usina de tratamento de RSS na cidade.⁷⁷ No Brasil, onde existem graves problemas de descarte de resíduos sólidos urbanos (RSU), este pode ser um problema num futuro próximo especialmente pelo despreparo da população em geral para lidar com este tipo de situações, como já vinha ocorrendo mesmo antes da pandemia.

Desde o ponto de vista da discussão do Antropoceno, esses resultados mostram o impacto das atividades antropogênicas no meio ambiente, de uma forma nem sempre possível de ser prevista, por estarem sujeitas a outros fatores como as próprias condições ambientais. Mostram, também, algumas características que têm marcado profundamente parte da sociedade atual: a falta de comprometimento com ações coletivas e a desvalorização da ciência. Baseados em conceitos científicos e técnicos, a OMS, o Ministério de Saúde, os governos estaduais, assim como, a comunidade médica e científica em geral têm recomendado medidas de distanciamento e isolamento social para frear a dispersão do vírus e “achatar” a curva de contágio para evitar a sobrecarga do sistema de saúde e a transmissão da infecção às pessoas mais vulneráveis. Mas, mesmo assim, a quarentena não teve adesão efetiva por grande parte da população.

4. Aprendendo para o Futuro

A pandemia mostrou que a maior parte dos países não estava preparada para lidar com a disseminação do vírus, nem do ponto de vista de suas estruturas sanitárias, nem do ponto de vista da capacidade para gerenciar a crise com a rapidez que a situação requeria. Surpreendentemente, nem os países economicamente mais desenvolvidos conseguiram implementar uma estratégia suficientemente eficiente que permitisse evitar a entrada e saída de pessoas contaminadas do país, a disseminação do vírus e o colapso dos sistemas de saúde. Em um mundo globalizado e altamente conectado, os países não conseguiram unir esforços para controlar a COVID-19 e, alguns deles, nem conseguiram seguir estratégias coerentes e unificadas dentro do seu próprio território. O Antropoceno revelou uma humanidade incapaz de lidar com as forças que ela mesma ajudou a gerar e/ou intensificar. O desenvolvimento da pandemia

não foi uma obra do acaso, nem tampouco um acontecimento inesperado, mas sim o resultado da incapacidade de gerenciar a transmissão de patógenos agravadas por condições de pobreza, falta de saneamento e controle, e degradação ambiental. Notoriamente, a preparação tanto dos governos como dos cidadãos é essencial para enfrentar uma situação dessa gravidade possivelmente recorrente no futuro.²⁸

Por outro lado, a pandemia ao colocar em evidência as fraquezas socioambientais do Antropoceno, abre a possibilidade de desafios e mudanças positivas, tais como:

- Mudanças nas condições de vida da população mais vulnerável, através de melhores condições sanitárias, transporte e moradia;

- Maiores investimentos e valorização da educação e do conhecimento científico;

- Maiores investimentos e valorização de pesquisas relacionadas a estas e outras doenças, medicamentos e vacinas;

- Maiores investimentos e infraestrutura de saúde pública, hospitais, equipamento e formação de profissionais;

- Maior conscientização do impacto das atividades humanas no equilíbrio do Planeta;

- Melhor acessibilidade à informação responsável, completa e cientificamente fundamentada;

- Cooperação entre os países no gerenciamento de recursos, compartilhamento de informações e experiências;

- Conscientização da população em geral e tomadores de decisão sobre a importância de ações coletivas e da responsabilidade comum a todos.

Como discutido por Lewis e Maslin, no livro publicado em 2018, existem algumas possibilidades que podem ser consideradas para o futuro da humanidade: a continuação do modo de vida atual, o colapso e a opção de um novo modo de vida e uma nova relação com o planeta.²⁵ A pandemia mostra claramente que a situação atual não só tem um custo imenso sobre o meio ambiente e as outras espécies, mas também sobre a própria humanidade. Uma segunda escolha que deve ser realizada é se cada país irá resolver seus problemas isoladamente ou em forma solidária e articulada junto aos demais. Novamente, a pandemia mostra que tanto a disseminação e controle do vírus quanto a crise econômica são problemas globais. Assim, a alternativa ao colapso passa pelo entendimento

de que é necessário um acordo global efetivo para gerenciar o futuro da Terra em forma coletiva.

5. Conclusões

O desenvolvimento da pandemia de COVID-19 é uma consequência da urbanização, mobilidade extrema e hábitos de consumo do mundo globalizado e foi agravada pelos grandes problemas do Antropoceno (degradação ambiental, fluxo de patógenos entre seres humanos e animais, principalmente selvagens, desigualdades sociais e falta de medidas preventivas sociais e de saúde pública). Concomitantemente, as melhorias momentâneas em alguns parâmetros de qualidade do ar evidenciaram o impacto do homem no planeta e a degradação ambiental.

A pandemia mostra que, num mundo globalizado, as ações e decisões de algumas poucas pessoas, que detêm o poder político e econômico nos países, irão afetar a saúde, a economia e o futuro de toda a humanidade. Não existem barreiras para uma epidemia num mundo interconectado e globalizado.

Mostra, também, que, para evitar crises no futuro, os indivíduos terão que fazer a escolha entre pensar apenas no seu próprio bem-estar ou no bem-estar de todas as espécies e, que, também, deverão fazer a escolha entre investir em educação e ciência ou continuar a acreditar em promessas muitas vezes infundadas das pessoas que estão no poder. A pandemia e as crises econômicas e sociais que ela gerou são fenômenos globais, e portanto deverão ser resolvidos globalmente através do conhecimento científico e a educação de todos.

A crise do COVID-19 lembra que para estar preparado para o futuro será necessária uma mudança de valores. Será necessário mudar a forma de vida da sociedade e concentrar os esforços coletivos para achar meios que permitam gerenciar os próximos desafios que certamente virão.

As pandemias não são eventos aleatórios, tais como as guerras, são as consequências das interações humanas e da relação do homem com o meio ambiente. Nesse sentido, estar preparado para o futuro é essencial. Dessa forma, o Antropoceno, a “Idade dos Humanos” pode deixar de ser uma ameaça para todo o Planeta e para a própria humanidade e se converter numa oportunidade de crescimento coletivo.

A grande lição da COVID-19 é mostrar à humanidade que, apesar dela ter se convertido numa força geológica, o Sistema Terra como um todo não lhe pertence e as consequências das ações humanas podem ser catastróficas e imprevisíveis.

Agradecimentos

Graciela Arbilla e Cleyton Martins da Silva agradecem, respectivamente, bolsas de pesquisa do CNPq e FUNADESP.

Wilson Machado agradece ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referencias Bibliográficas

- ¹ Arbilla, G.; Silva, C. M.; Machado, W.; Soares, R. A Química no Antropoceno. *Revista Virtual de Química* **2018**, *10*, 1618. [CrossRef]
- ² Silva, C. M.; Arbilla, G. Anthropocene: The challenges of a new world. *Revista Virtual de Química* **2018**, *10*, 1619. [CrossRef]
- ³ Waters, C. N., Zalasiewicz, J.; Summerhayes, C.; Barnosky, A. D.; Poirier, C.; Galuszka, A.; Cearreta, A.; Edgeworth, M.; Ellis, E. C.; Ellis, M.; Jeandel, C.; Leinfelder, R.; McNeill, J. R.; Ritcher, D. de B.; Steffen, W.; Syvitski, J.; Vidas, D.; Wapreisch, M.; Williams, M.; Zhisheng, A.; Grinevald, J.; Odada, E.; Oreskes, N.; Wolfe, A. P. The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene. *Science*, **2016**, *351*, aad2622. [CrossRef]
- ⁴ Zalasiewicz, J.; Waters, C. N.; Summerhayes, C. P.; Wolfe, A. P.; Barnosky, A. D.; Cearreta, A.; Crutzen, P.; Ellis, E.; Fairchild, I. J.; Galuszka, A.; Haff, P.; Hajdas, I.; Head, M. J.; Ivar do Sul, J. A.; Jeandel, C.; Leinfelder, R.; McNeill, J. R.; Neal, C.; Odada, E.; Oreskes, N.; Steffen, W.; Syvitski, J.; Vidas, D.; Wapreisch, M.; Williams, M. The Working Group on the Anthropocene: Summary of evidence and interim recommendations. *Anthropocene* **2017**, *19*, 55. [CrossRef]
- ⁵ Silva, C. M.; Arbilla, G.; Machado, W.; Soares, R. Radionuclides as markers of a new time: The Anthropocene. *Química Nova* **2020**, *43*, 506. [CrossRef]
- ⁶ Arêas, L. S.; Cunha, C. E. S. C. P.; Santelli, R. E.; Machado, W.; Bielschowsky, C.; Rocha, R. T.; Soares, R. Would the Contaminated Areas of Rio de Janeiro State be a legacy of the Great Acceleration in the Anthropocene? *Revista Virtual de Química* **2020**, *12*, 775. [CrossRef].
- ⁷ Steffen, W.; Crutzen, P. J.; McNeill, J. R. The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature. *AMBIO: A Journal of the Human Environment* **2008**, *36*, 614. [CrossRef]
- ⁸ WHO, World Health Organization, Past Pandemics. Disponível em: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/communicable-diseases/influenza/pandemic-influenza/past-pandemics>. Acesso em: 30 maio 2020.
- ⁹ Lucey, D. R.; Shotts, S.; Donaldson, H.; White, J.; Mitchell, S. R. On health education for future physicians in the pan-epidemic “Age of Humans”. *International Journal of Infectious Diseases* **2017**, *64*, 1. [CrossRef]
- ¹⁰ Villela, D. A. M. The value of mitigating epidemic peaks of COVID-19 for more effective public health responses. *Journal of the Brazilian Society of Tropical Medicine* **2020**, *53*, e20200135. [CrossRef]
- ¹¹ Croda, J.; Oliveira, W. K.; Frutuoso, R. L.; Mandetta, L. H.; Baia-Dasilva, D. C.; Brito-Souza, J. D.; Monteiro, W. M.; Lacerda, M. V. G. COVID-19 in Brazil: advantages of a socialized unified health system and preparation to contain cases. *Journal of the Brazilian Society of Tropical Medicine* **2020**, *53*, e20200167. [CrossRef]
- ¹² WHO. World Health Organization. Novel coronavirus (2019-nCoV). Disponível em: http://www.euro.who.int/en/health-topics/health-emergencies/novel-coronavirus-2019-ncov_old. Acesso em: 30 maio 2020.
- ¹³ Rodriguez-Morales, A. J.; Bonilla-Aldana, D. K.; Tiwari, R.; Sah, R.; Rabaan, A. A.; Dhama, K. COVID-19, an Emerging Coronavirus Infection: Current Scenario and Recent Developments - An Overview. *Journal of Pure and Applied Microbiology* **2020**, *14*, 6150. [CrossRef]
- ¹⁴ Mapping the novel coronavirus pandemic Esri's Story Maps. Disponível em: <https://storymaps.arcgis.com/stories/4fdc0d03d3a34aa485de1fb0d2650ee0>. Acesso em: 31 maio 2020.
- ¹⁵ Rodriguez-Morales, A. J.; Gallego, V.; Escalera-Antezana, J. P.; Méndez, C. A.; Zambrano, L.; Franco-Paredes, C.; Suárez, J. A.; Rodriguez-Enciso, H. D.; Balbin-Ramon, G. J.; Savio-Larriera, E.; Riquez, A.; Cimerman, S. COVID-19 in Latin America. The implications of the first confirmed case in Brazil. *Travel Medicine and Infectious Diseases* **2020**, *35*, 101613. [CrossRef] [PubMed]
- ¹⁶ Argentina, Ministerio de Salud. Disponível em: <https://www.argentina.gob.ar/coronavirus/informe-diario>. Acesso em: 31 maio 2020.

- ¹⁷ Johns Hopkins University of Medicine. Coronavirus Research Center. Disponível em: <https://coronavirus.jhu.edu/map.html>. Acesso em: 10 junho 2020.
- ¹⁸ World Health Organization. WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19 - 11 March 2020. Disponível em: <https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19-11-march-2020>. Acesso em: 30 maio 2020.
- ¹⁹ Covid Brasil. Coronavirus Brasil. Ministério da Saúde. Disponível em: <https://covid.saude.gov.br/>. Acesso em: 30 maio 2020.
- ²⁰ World Health Organization. Coronavirus disease (COVID-19) advice for the public. Disponível em: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public>. Acesso em: 02 abril 2020.
- ²¹ Ebrahim, S. H.; Ahmed, Q. A.; Gozzer, E.; Schlagenhauf, P.; Memish, Z. A. COVID-19 and community mitigation strategies in a pandemic. Editorials. *The BMJ* **2020**, 368. [CrossRef]
- ²² Zambrano-Monserrate, M. A.; Ruano, M. A.; Sanchez-Alcalde, L. Indirect effects of COVID-19 on the environment. *Science of Total Environment* **2020**, 728, 138813. [CrossRef]
- ²³ Imran, A.; Alharbi, O. M. L. COVID-19: Disease, management, treatment, and social impact. *Science of Total Environment* **2020**, 728, 138861. [CrossRef]
- ²⁴ Koch, A.; Brierley, C.; Maslin, M. M.; Lewis, S. L. Earth system impacts of the European arrival and Great Dying in the Americas after 1492. *Quaternary Science Reviews* **2019**, 207, 13. [CrossRef]
- ²⁵ Lewis, S. L.; Maslin, M. A. *The Human Planet. How we created the Anthropocene*, 1^a ed, Yale University Press: London, 2018.
- ²⁶ Chin, A.; Cui, X.; Gillson, L.; Nelson, D.; Taylor, M. P.; Vanacker, V.; Wnag, V. Anthropocene in an age of pandemics. *Anthropocene* **2020**, 100247. [CrossRef]
- ²⁷ Hirschfeldt, K. Microbial insurgency: Theorizing global health in the Anthropocene. *The Anthropocene Review* **2020**, 7, 3. [CrossRef]
- ²⁸ Da Silva, C. M.; Arbilla, G. COVID-19: challenges for a new epoch. *Journal of the Brazilian Society of Tropical Medicine* **2020**, 53, e202000270. [CrossRef]
- ²⁹ Conticini, E.; Frediani, B., Caro, D. Can atmospheric pollution be considered a co factor in extremely high level of SARS-CoV-2 lethality in Northern Italy? *Environmental Pollution* **2020**, 261, 114465. [CrossRef]
- ³⁰ Xu, H.; Yan, C.; Fu, Q.; Xiao, K.; Yu, Y.; Han, D.; Wang, W.; Cheng, J. Possible environmental effects of the spread of COVID-19 in China. *Science of Total Environment* **2020**, 731, 139211. [CrossRef]
- ³¹ Wu, Y.; Jing, W.; Liu, J.; Ma, Q.; Yuan, J.; Wang, Y.; Du, M.; Liu, M. effects of temperature and humidity on the daily new cases and new deaths of COVID-19 in 166 countries. *Science of Total Environment* **2020**, 729, 139051. [CrossRef]
- ³² Prata, D. N.; Rodrigues, W.; Bermejo, P. H. Temperature significantly changes COVID-19 transmission in (sub)tropical cities in Brazil. *Science of Total Environment* **2020**, 729, 138862. [CrossRef]
- ³³ Requia, W. J.; Kondo, E. K.; Adams, M. D.; Gold, D. R.; Struchiner, C. J. Risk of the Brazilian health care system over 5572 municipalities to exceed health care capacity due to the 2019 novel coronavirus (COVID-19). *Science of Total Environment* **2020**, 730, 139144. [CrossRef]
- ³⁴ World Health Organization. WHO releases guidelines to help countries maintain essential health services during the COVID-19 pandemic. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/detail/30-03-2020-who-releases-guidelines-to-help-countries-maintain-essential-health-services-during-the-covid-19-pandemic>. Acesso em: 30 maio 2020.
- ³⁵ Elston, J. W. T.; Cartwright, C.; Ndumbi, P.; Wright, J. *The health impact of the 2014–15 Ebola outbreak. Public Health* **2017**, 143, 60. [CrossRef]
- ³⁶ Agência Brasil. Unesco: COVID-19 deixa mais de 776 milhões de alunos for a da escola. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2020-03/unesco-covid-19-deixa-mais-de-776-milhoes-de-alunos-fora-da-escola>. Acesso em: 30 maio 2020.
- ³⁷ Ministério de Educação, Diário Oficial da União, Portaria número 491 de 19/03/2020. [Link]
- ³⁸ Barreto, A. C. F.; Rocha, D. S. COVID-19 e educação: resistências, desafios e (im)possibilidades. *Revistas Encanta. Educação, Cultura e Sociedade* **2020**, 2, 1. [CrossRef]
- ³⁹ Arruda, E. P. Educação remota emergencial: elementos para políticas públicas na educação brasileira em tempos de COVID-19. *EmRede Revista de Educação a Distância* **2020**, 7, 257. [Link]
- ⁴⁰ Braga, F.; Scarpa, G. M.; Brando, V. E.; Manfe, G.; Zaggia, L. COVID-19 lockdown measures reveal human impact on water transparency in the Venice Lagoon. *Science of Total Environment* **2020**, 736, 139612. [CrossRef]

- ⁴¹ Wang, Y.; Yuan, Y.; Wang, Q.; Liu, C. G.; Zhi, Q.; Cao, J. Changes in air quality related to the control of coronavirus in China: Implications for traffic and industrial emissions. *Science of Total Environment* **2020**, *731*, 139133. [CrossRef]
- ⁴² Muhammad, S.; Long, X.; Salman, M. COVID-19 pandemic and environmental pollution: A blessing in disguise? *Science of Total Environment* **2020**, *728*, 138820. [CrossRef]
- ⁴³ Zhao, Y.; Zhang, K.; Xu, X.; Shen, H.; Zhu, X.; Zhang, Y.; Hu, Y.; Shen, G. Substantial Changes in Nitrogen Dioxide and Ozone after Excluding Meteorological Impacts during the COVID-19 Outbreak in Mainland China. *Environmental Science and Technology Letters* **2020**. [CrossRef]
- ⁴⁴ Wang, Q.; Su, M. A preliminary assessment of the impact of COVID-19 on environment - A case study for China. *Science of Total Environment* **2020**, *728*, 138915. [CrossRef]
- ⁴⁵ Tobias, A.; Carnerero, C.; Reche, C.; Massagué, J.; Via, M.; Minguillón, M. C.; Alastuey, A.; Querol, X. Changes in air quality during the lockdown in Barcelona (Spain) one month into the SARS-CoV-2 epidemic. *Science of Total Environment* **2020**, *726*, 138540. [CrossRef]
- ⁴⁶ Collivignarelli, M. C.; Abba, A.; Bertanza, G.; Pedrazzani, R.; Ricciardi, P.; Miino, M. C. Lockdown for CoViD-2019 in Milan: What are the effects on air quality. *Science of Total Environment* **2020**, *732*, 139280. [CrossRef]
- ⁴⁷ Otmani, A.; Benchrif, A.; Tahri, M.; Bounakhla, M.; Chakir, E. M.; Bouch, M. E.; Krombi, M. Impact of COVID-19 lockdown on PM₁₀, SO₂ and NO₂ concentrations in Salé City (Morocco). *Science of Total Environment* **2020**, *735*, 139541. [CrossRef]
- ⁴⁸ Mahato, S.; Pal, S.; Ghosh, K. G. Effect of lockdown amid COVID-19 pandemic on air quality of the megacity Dehli, India. *Science of Total Environment* **2020**, *730*, 139086. [CrossRef]
- ⁴⁹ Sharma, S.; Zhang, M.; Anshika; Gao, J.; Zhang, H.; Kota, S. H. Effect of restricted emissions during COVID-19 on air quality in India. *Science of Total Environment* **2020**, *728*, 138878. [CrossRef]
- ⁵⁰ Dantas, G.; Siciliano, B.; França, B. B.; da 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 Total Environment* **2020**, *729*, 139085. [CrossRef]
- ⁵¹ Siciliano, B., Dantas, G.; da Silva, C. M.; Arbilla, G. Increased ozone levels during the COVID-19 lockdown; Analysis for the city of Rio de Janeiro, Brazil. *Science of Total Environment* **2020**, *730*, 139087. [CrossRef]
- ⁵² Nakada, L. Y. K.; Urban, R. C. COVID-19 pandemic: Impacts on the air quality during the partial lockdown in São Paulo state, Brazil. *Science of Total Environment* **2020**, *737*, 139765. [CrossRef]
- ⁵³ Copernicus: Sentinel-5P. Disponível em: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/copernicus-sentinel-5p>. Acesso em 31 maio 2020.
- ⁵⁴ Nitrogen dioxide emissions in China. Disponível em: <https://youtu.be/6DWBhp-oKOI>. Acesso em 31 maio 2020.
- ⁵⁵ Earth Observatory. Airborne Nitrogen Dioxide Plummets Over China. Disponível em: <https://earthobservatory.nasa.gov/images/146362/airborne-nitrogen-dioxide-plummets-over-china>. Acesso em 31 maio 2020.
- ⁵⁶ Gautam, S. The Influence of COVID-19 on Air Quality on India: A Boon or Inutile. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* **2020**, *104*, 724. [CrossRef]
- ⁵⁷ Earth Observatory. Airborne Particle Levels Plummet in Northern India. Disponível em: <https://earthobservatory.nasa.gov/images/146596/airborne-particle-levels-plummet-in-northern-india>. Acesso em 31 maio 2020.
- ⁵⁸ Myllyvirta, L. Carbon Brief. Analysis Coronavirus temporarily reduced China's CO₂ emissions by a quarter. Disponível em: <https://www.carbonbrief.org/analysis-coronavirus-has-temporarily-reduced-chinas-co2-emissions-by-a-quarter>. Acesso em: 30 maio 2020.
- ⁵⁹ Rugani, B.; Caro, d. Impact of COVID-19 outbreak measures of lockdown on the Italian Carbon Footprint. *Science of Total Environment* **2020**, *737*, 139806. [CrossRef]
- ⁶⁰ Editorial. COVID-19 in Brazil: "Sowhat?" The Lancet 2020, 395, 1461. Disponível em: <https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S0140-6736%2820%2931095-3>. Acesso em: 30 maio 2020.
- ⁶¹ Earth Nullschool. Disponível em: <http://earth.nullschool.net>. Acesso em: 30 maio 2020.
- ⁶² NASA. Global Nitrogen Dioxide Monitoring Home Page. Disponível em: https://so2.gsfc.nasa.gov/no2/no2_index.html. Acesso em: 30 maio 2020.
- ⁶³ Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. CETESB. Qualidade do Ar. Qualar. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/qualar/>. Acesso em: 30 maio 2020.
- ⁶⁴ Instituto Estadual do Ambiente. INEA. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/ar-agua-e-solo/>. Acesso em: 30 maio 2020.
- ⁶⁵ Secretaria Municipal de Meio Ambiente. SMAC. MonitorAr-Rio. Boletim de Qualidade do Ar. Disponível em: <http://jeap.rio.rj.gov.br/je-metinfosmac/boletim>. Acesso em: 30 maio 2020.

- ⁶⁶ La Nación. Coronavirus: se redujo un 50% la contaminación del aire por la disminución del tránsito en la ciudad de Buenos Aires. Disponível em: <https://www.lanacion.com.ar/sociedad/coronavirus-aire-menos-contaminado-nid2348073>. Acesso em: 30 maio 2020.
- ⁶⁷ Kerimray, A.; Baimatova, N.; Ibragimova, O. P.; Bukenov, B.; Kenessov, B.; Plotitsyn, P.; Karaca, F. Assessing air quality changes in large cities during COVID-19 lockdowns: The impacts of traffic-free conditions in Almaty, Kazakhstan. *Science of Total Environment* **2020**, *730*, 139179. [CrossRef]
- ⁶⁸ Otmani, A.; Benchrif, A.; Tahri, M.; Bounakhla, M.; Chakir, E. M.; Bouch, M.; E.; Krombi, M. Impact of Covid-19 lockdown on PM₁₀, SO₂ and NO₂ concentrations in Salé City (Morocco). *Science of Total Environment* **2020**, *735*, 139541. [CrossRef]
- ⁶⁹ Siciliano, B.; Carvalho, G.; da Silva, C. M.; Arbilla, G. The impact of COVID-19 partial lockdown on primary pollutant concentrations in the atmosphere of Rio de Janeiro and São Paulo megacities (Brazil). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* **2020**. No prelo. <https://doi.org/10.1007/s00128-020-02907-9>
- ⁷⁰ IQAir, Air Quality in Beijing. Disponível em: <https://www.iqair.com/china/beijing>. Acesso em: 30 maio 2020.
- ⁷¹ Earth Observatory. Nitrogen Dioxide Levels Rebound in China. Disponível em: <https://earthobservatory.nasa.gov/images/146741/nitrogen-dioxide-levels-rebound-in-china>. Acesso em: 30 maio 2020.
- ⁷² IEA, Global oil demand to decline in 2020 as coronavirus weighs heavily on markets. Disponível em: <https://www.iea.org/news/global-oil-demand-to-decline-in-2020-as-coronavirus-weighs-heavily-on-markets>. Acesso em: 30 maio 2020.
- ⁷³ Sicard, P.; De Marco, A.; Agathokleous, E.; Feng, Z.; Xu, X.; Paoletti, E.; Rodrigues, J. J. D.; Calatayud, V. Amplified ozone pollution in cities during COVID-19 lockdown. *Science of Total Environment* **2020**, *735*, 139542. [CrossRef]
- ⁷⁴ Di, Q., Dai, L., Wang, Y., Zanobetti, A., Choirat, C., Schwartz, J. D., Dominici, F. Association of Short-term Exposure to Air Pollution With Mortality in Older Adults. *JAMA* **2017**, *318*, 2446. [CrossRef]
- ⁷⁵ World Health Organization. Air Quality Guidelines-Global update 2005. Disponível em: <https://www.who.int/airpollution/publications/aqg2005/en/>. Acesso em: 30 maio 2020.
- ⁷⁶ World Health Organization. Water, sanitation, hygiene, and waste management for the COVID-19 virus: interim guidance. Disponível em: <https://www.who.int/publications-detail/water-sanitation-hygiene-and-waste-management-for-covid-19>. Acesso em: 30 maio 2020.
- ⁷⁷ Coronavirus leaves China with mountains of medical waste. Disponível em: <https://www.scmp.com/news/china/society/article/3074722/coronavirus-leaves-china-mountains-medical-waste>. Acesso em: 30 maio 2020.