



A poluição (intradomiciliar e extradomiciliar) é fator facilitador para o adoecimento pela COVID-19?

Is (indoor and outdoor) air pollution a facilitating factor for illness with COVID-19?

Marilyn Urrutia-Pereira¹, Luciana Varanda Rizzo², Dirceu Solé³

RESUMO

A associação positiva entre poluição atmosférica e COVID-19 tem sido confirmada por pesquisadores ao redor do mundo, sobretudo em localidades poluídas. A exposição de longo prazo à poluição atmosférica foi associada a maior gravidade da infecção pelo SARS-CoV-2. As medidas de afastamento social fizeram com que os níveis de poluentes atmosféricos caíssem de forma drástica. Além disso, a exposição à poluição intradomiciliar também foi relacionada à COVID-19. Os pobres, incluindo refugiados e trabalhadores migrantes que ficam em condições frágeis, são os mais vulneráveis. Como consequência da pandemia, muitas pessoas permanecem em ambientes fechados, sobretudo os indivíduos de risco (idosos, diabéticos, obesos, cardiopatas e pneumopatas crônicos). O isolamento domiciliar em ambiente com ventilação inadequada poderá determinar, nessas populações, outros problemas de saúde. A queima de biomassa e do tabaco no interior dos domicílios são fontes importantes de poluentes. Portanto, é essencial entender as consequências da relação entre a poluição intradomiciliar e a doença pandêmica COVID-19.

Descritores: Poluição extradomiciliar, poluição intradomiciliar, biomassa, tabaco, COVID-19, SARS-CoV-2.

ABSTRACT

A positive association between air pollution and COVID-19 has been confirmed by researchers around the world, especially in polluted locations. Long-term exposure to air pollution was associated with greater severity of SARS-CoV-2 infection. Social withdrawal measures caused the levels of air pollutants to drop dramatically. In addition, exposure to indoor air pollution was also related to COVID-19. The poor, including refugees and migrant workers who are in fragile conditions, are the most vulnerable. As a consequence of the pandemic, many people remain indoors, especially at-risk individuals (older, diabetic, obese, cardiac, and chronic lung disease patients). Home isolation in an environment with inadequate ventilation may determine other health problems in these populations. Burning biomass and tobacco are important sources of household air pollutants. Therefore, it is essential to understand the consequences of the relationship between indoor air pollution and COVID-19.

Keywords: Air pollution, household air pollution, biomass, tobacco, COVID-19, SARS-CoV-2.

Introdução

No último ano, o mundo foi assolado pela pandemia da COVID-19. Em 11 de fevereiro de 2021 haviam sido relatados mais de 107 milhões de indivíduos que adoeceram (maioria com formas moderadas/graves)

e mais de 2,35 milhões que morreram vitimados pela doença, ao redor do mundo. As maiores taxas foram observadas nos Estados Unidos da América (EUA), Brasil, México, Índia e Reino Unido¹.

1. Departamento de Medicina, Universidade Federal do Pampa - Uruguaiana, RS, Brasil.

2. Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal de São Paulo, Campus Diadema - SP, Brasil.

3. Disciplina de Alergia, Imunologia Clínica e Reumatologia, Departamento de Pediatria, Escola Paulista de Medicina, Universidade São Paulo - São Paulo, SP, Brasil.

Submetido em: 26/02/2021, aceito em: 08/03/2021.

Arq Asma Alerg Imunol. 2021;5(1):7-14.

Para as pessoas que não foram contaminadas, a doença provocou, sobretudo no início, mudanças importantes no seu estilo de vida, e algumas consequências inesperadas, como o fechamento de indústrias, do comércio de itens não essenciais, das redes de transporte e empresas, acompanhadas de quedas drásticas dos níveis de poluição ambiental, à medida que os governos introduziam restrições rígidas para combater a pandemia pelo novo coronavírus².

O caráter súbito e global dessa pandemia levantou questões urgentes que exigiram informações coordenadas e credenciadas para retardar sua devastação. A aquisição de vacinas contra o novo coronavírus (SARS-CoV-2) aparece na atualidade como uma esperança para o possível controle dessa praga. Entretanto, o surgimento de novas variantes do SARS-CoV-2 mais infectantes, tem colocado em dúvida a ação protetora de algumas dessas vacinas ora em uso³. Durante esse período de um ano, muito se avançou no conhecimento sobre esta doença, pois mais de 100 mil estudos foram publicados e ainda permanecem muitas dúvidas a serem esclarecidas⁴.

Poluição extradomiciliar

Há lacunas no conhecimento sobre a probabilidade de transmissão e a infectividade do SARS-CoV-2 e suas novas variantes com relação aos principais fatores ambientais modificáveis, que podem aumentar a gravidade dos resultados de saúde⁵. A associação positiva entre a exposição de longo prazo à poluição atmosférica e a gravidade da infecção pelo SARS-CoV-2 foi confirmada por vários pesquisadores em diferentes partes do mundo⁶⁻¹⁰.

A poluição do ar é uma ameaça importante e gerenciável à saúde, ao bem-estar e ao desenvolvimento sustentável das pessoas, pois é o principal risco evitável à saúde que afeta a todos, embora para os mais vulneráveis – os com menor nível socioeconômico, doentes, idosos, mulheres e as crianças – esses riscos são desproporcionais e mais elevados¹¹.

O ar contaminado causa danos em muitos órgãos e sistemas corporais, sobretudo o respiratório e o cardiovascular. Em 2015, a poluição atmosférica respondeu por 4,2 milhões de mortes (7,6% do total de mortes globais)¹⁰. Desde o início da pandemia questiona-se se a poluição atmosférica estaria relacionada à extensão e à letalidade da COVID-19, nas áreas altamente poluídas, em todo o mundo.

Estudos chineses identificaram nas fases iniciais da pandemia uma nítida correlação entre a infecção

pelo SARS-CoV-2 e os níveis de poluição^{11,12} e condições climáticas locais, como baixa temperatura, amplitude de temperatura diurna leve e baixa umidade, que favoreceriam a transmissão do vírus¹³. Estudos posteriores confirmaram a associação entre poluição atmosférica e letalidade pela COVID-19, bem como a diminuição dos níveis de poluentes como resultado da instalação de medidas de distanciamento social e bloqueio nacional pela redução da circulação de veículos motores e de atividades industriais^{7,9,10,14-16}.

Sabe-se que a transmissão de SARS-CoV-2, como ocorre com a maioria dos vírus respiratórios, é por aerossol e por fômites, e que o mesmo pode permanecer viável e infectante em aerossóis por horas e em superfícies por dias¹⁵. Assim, o material particulado (PM) poderia atuar como transportador de núcleos de gotículas, desencadeando um efeito de impulso na disseminação do vírus, fato corroborado pela demonstração que a dinâmica de transmissão acelerada do COVID-19 decorreria principalmente da transmissão pela poluição do ar para o homem, além da transmissão de homem a homem¹⁷.

Estudo inglês forneceu mais evidências sobre a relação entre poluição do ar e letalidade por SARS-CoV-2 ao demonstrar associação entre poluentes liberados por combustíveis fósseis e a suscetibilidade à infecção viral, sugerindo que indivíduos expostos a níveis elevados de poluição atmosférica poderiam cronicamente apresentar maior suscetibilidade à infecção por SARS-CoV-2¹⁰. Isto ocorreria em decorrência de respostas comprometidas da defesa do sistema imunológico devidas à poluição, como já foi demonstrado em pacientes afetados por pneumonia viral grave em outras pandemias^{18,19}.

Relatos similares foram obtidos em várias partes do mundo, inclusive nos EUA²⁰ e em alguns países da América Latina²¹⁻²³. Estudo norteamericano documentou que o incremento de 1 µg/m³ nos níveis de PM com diâmetro inferior a 2,5 µm (PM_{2,5}) foi associado a aumento de 11% na taxa de mortalidade pela COVID-19, sendo 20 vezes maior que as observadas por outras causas, sugerindo que a exposição de longo prazo aumentaria a vulnerabilidade e a ocorrência de quadros mais graves de COVID-19²⁰.

No Brasil a instituição de políticas de distanciamento social ficou sob a responsabilidade dos estados e municípios e, portanto, não foram uniformes e/ou concomitantes. Até a presente data (11/02/2021) cerca de 10 milhões de indivíduos adoeceram, mais de 235 mil faleceram, e a distribuição dessas mortes entre os estados tem sido heterogênea²⁴.

Nas capitais estaduais que implantaram medidas de afastamento mais rigorosas e por maior tempo, documentou-se redução significativa dos níveis de poluentes atmosféricos sejam PM ou gasosos (NO, NO₂ e CO)^{22,23}. Segundo o *Centre for Research on Energy and Clean Air* (CREA), as medidas adotadas para o combate ao novo coronavírus determinaram uma redução de aproximadamente 40% nos níveis médios de NO₂ e de 10% nos níveis médios de PM nos últimos 30 dias, o que resultou em 11.000 mortes evitadas pela poluição do ar, na Europa²⁵.

Rizzo e cols. analisaram a evolução das taxas de mortalidade por COVID-19 em 36 cidades da América do Sul, correlacionando-as a várias condições climáticas, exposição à poluição do ar, saúde da população e características socioeconômicas. Os resultados indicaram que as concentrações de NO₂, em seis regiões metropolitanas avaliadas, caíram de modo significativo nos primeiros dois meses da epidemia, como resultado de medidas de distanciamento social e restrição de mobilidade²⁶. Apesar disso, alertam sobre a existência de outros fatores moduladores embutidos na distribuição geográfica das cidades, como socioeconômicos, saúde da população, hábitos culturais e medidas não farmacológicas, que podem superar os efeitos esperados dos fatores ambientais nas taxas de mortalidade pela COVID-19²⁶.

De acordo com o CREA, a exposição a níveis elevados de poluição atmosférica afeta as defesas naturais do organismo humano contra os vírus transportados pelo ar, aumenta a probabilidade de que as pessoas contraiam doenças virais, e isso também é possível com o SARS-CoV-2²⁵. A poluição atmosférica também é um fator de risco essencial para muitas das doenças crônicas que tornam as pessoas mais propensas a adoecer gravemente, exigir cuidados intensivos, ventilação mecânica e morrer de COVID-19²⁵. A exposição à poluição do ar pode piorar os sintomas de indivíduos com infecções respiratórias e aumentar o risco de hospitalização e morte²⁵. Apesar das reduções causadas pelas medidas de controle tomadas contra a propagação do vírus, os níveis atuais de poluição do ar, que permanecem perigosos em grande parte do mundo, estão provavelmente contribuindo para o número de casos graves e mortes por COVID-19²⁵.

Assim, fica claro que precisamos de uma perspectiva de Saúde Planetária que abranja os domínios tradicionais dos setores de conhecimento, governança e economia para enfrentar, de modo adequado, o desafio apresentado pela COVID-19^{27,28} para identificar

e prevenir eventos futuros no contexto mais amplo dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável²⁹.

Poluição intradomiciliar

A instituição do distanciamento social como medida importante para a prevenção mais eficaz da COVID-19 fez com que houvesse maior permanência dos indivíduos no interior das habitações e exposição de modo mais intenso aos poluentes intradomiciliares³⁰. As desigualdades sociais sempre devem ser consideradas quando da recomendação do distanciamento social. Alguns fatores devem ser considerados, pois podem aumentar o risco de contágio pelo novo coronavírus: densidade populacional (contato próximo entre as pessoas); tamanho da família (família grande tem maior chance de que alguém leve o vírus para casa); nível de distanciamento social e regulamentos podem ser um desafio para quem mora em casa pequena³¹. O mesmo deve ser considerado para indivíduos moradores de zonas de conflito, campos de refugiados ou imigrantes³².

As crianças durante a pandemia, por não poderem ir à escola, creches ou brincarem com seus colegas ao ar livre, permaneceram mais tempo em casa, geralmente em ambientes congestionados e poluídos, onde muitas vezes foram expostas a concentrações de poluentes em níveis acima dos recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS)³³. Tal fato aumentou o risco de mortes prematuras em crianças de baixa renda suscetíveis a desenvolver doenças associadas a essa contaminação, como a pneumonia³⁴.

Aproximadamente 13 milhões de brasileiros vivem em favelas, geralmente com mais de três habitantes por aposento, acesso reduzido à água potável, más condições de ventilação³⁵, o que torna quase impossível o distanciamento físico e a aderência às medidas de higiene³⁶.

Estima-se que a poluição intradomiciliar responda por 25% de todas as mortes por acidente vascular cerebral, 15% das por doença cardíaca isquêmica, 17% das por câncer de pulmão e mais de 33% de todas as por doença pulmonar obstrutiva crônica³⁷. Considerando que as populações mais pobres têm maior probabilidade de ter doenças crônicas, isso as coloca em maior risco de mortalidade associada à COVID-19³⁸.

Assim, é mandatório que sejam conhecidos os principais poluentes intradomiciliares, bem como as suas principais fontes^{30,39}.

Evidências recentes sugerem uma associação positiva entre a exposição de longo prazo à poluição do ar ambiente, o PM_{2,5} (interno e externo) e a gravidade da infecção por SARS-CoV-2^{30,40}. Estima-se que entre 2,45 bilhões de pessoas que habitam países de baixa e média renda, morram prematuramente ao ano, sendo 3,8 milhões por doenças atribuíveis à poluição do ar doméstico⁴⁰.

Os aerossóis internos e partículas finas (PM_{2,5}) emitidas por uma variedade de fontes e atividades humanas representam outra rota para abrigar patógenos aerotransportados, incluindo SARS-CoV-2⁴¹. As propriedades do aerossol ou das gotículas, o fluxo de ar interno, fatores específicos do vírus e fatores específicos do hospedeiro influenciam a transmissão respiratória viral por aerossol e gotículas⁴¹.

A geração e a ressuspensão de partículas em aerossol, no ambiente domiciliar, pode ser originada por diferentes atividades que envolvam combustão (cozinhar, fumar, aquecer, velas acesas, queima de incenso e de bobinas com repelente para mosquito) ou não (aspirador, impressão a laser)⁴².

A queima doméstica de combustíveis (carvão, carvão vegetal, madeira, resíduo agrícola, esterco animal e querosene, entre outros), seja para aquecimento ou para cozinhar (fogueiras ou fogões com ventilação limitada) é uma das principais fontes de poluentes domiciliares. Vários poluentes danosos à saúde são liberados durante a queima, incluindo PM_{2,5}, carbono negro e monóxido de carbono⁴³.

Estima-se que cerca de três bilhões de pessoas em todo o mundo ainda usem combustíveis de biomassa para suas necessidades de cozimento e aquecimento, incluindo madeira, esterco e carvão⁴⁴. Mesmo para as famílias que fizeram a transição para combustíveis mais limpos, como eletricidade, gás liquefeito de petróleo ou etanol, a desaceleração econômica atual provocada pela pandemia pode significar um retorno necessário ao consumo de lenha ou a outros métodos poluentes para a culinária⁴⁵.

Em ambientes internos, cozinhar é reconhecido como uma fonte produtora de aerossóis. Durante as atividades de cozimento, em ambientes livres de fumantes, documentou-se aumento dos níveis de PM_{2,5} que atingiram 160 µg/m³ na cozinha e 60 µg/m³ na sala⁴⁶. Na dependência do método de cozimento empregado (vapor, fervura, fritura), o que utilizou óleo gerou mais aerossóis⁴⁷. O azeite de oliva e o óleo de amendoim foram os associados a

maior emissão de PM_{2,5} em comparação aos óleos de coco, de soja, de milho e de canola⁴⁸.

O fumo é outra fonte importante de poluição intradomiciliar, sobretudo em ambientes internos e edifícios⁴⁹. Concentrações de PM_{2,5} dez vezes maiores do que as observadas em casas de não fumantes, sobretudo se com ventilação inadequada, foram documentadas⁵⁰. Segundo Mahabee-Gittens e cols., as partículas geradas pelo fumo do tabaco e por cigarros eletrônicos podem facilitar a transmissão interna de SARS-CoV-2⁵¹. Evidências apontam que a exposição ao tabaco aumenta a expressão de receptores ACE2 (enzima conversora da angiotensina 2) e consequentemente a suscetibilidade do hospedeiro à infecção pelo SARS-CoV-2^{52,53}. Revisão sistemática alerta que os fumantes têm risco 1,4 vezes maior de apresentar sintomas mais graves da COVID-19, e 2,4 vezes mais possibilidades de necessitar de ventilação mecânica ou de morte em comparação a pacientes não-fumantes com COVID-19⁵⁴.

A queima de velas, usadas para fins estéticos e religiosos (meditação, memoriais e cerimônias), geralmente em ambientes internos, é fonte de emissão de partículas⁵⁵. A geração de partículas ultrafinas pela queima de velas é maior do que a gerada por fumar, fritar carne, cozinhar com um fogão elétrico entre outras fontes de emissão de partículas⁵⁶. Essas partículas ultrafinas se depositam na sua maioria na região alveolar⁵⁷.

A queima de espirais “mata mosquitos” é muito empregada como repelente de insetos no verão. Em geral são queimados lentamente em ambientes fechados e geram altas concentrações de PM⁵⁸. O mesmo ocorre com a queima de incensos em ambientes fechados e em casa é fonte importante de material particulado com diâmetro inferior a 10 µm (PM₁₀) e PM_{2,5}⁵⁹.

Os aspiradores de pó também são fontes geradoras de partículas aerotransportadas por sua capacidade de liberar ou ressuspender grandes quantidades de pequenas partículas no ar interno⁶⁰. A impressora a laser pode ser fonte principal de aerossóis em escritórios ou em lares que tenham esse tipo de equipamento, e é maior com as coloridas⁶¹.

Os produtos de limpeza doméstica, sobretudo os desinfetantes mais potentes, para reduzir as taxas de infecção viral, têm tido seu uso mais estimulado causando superexposição dos indivíduos a agentes químicos deles liberados e proporcionado riscos não intencionais para a saúde humana⁶², o mesmo deve

ser lembrado com relação aos produtos de beleza sob a forma de *spray*⁶³.

A existência de diversas fontes internas que podem emitir quantidades de partículas finas e ultrafinas, que podem permanecer suspensas e se acumulam no ar, e a ampla adoção de estilos de vida sedentários pela população nos últimos anos, aumenta de forma significativa a probabilidade de exposição a aerossóis internos, especialmente em espaços fechados com ventilação inadequada^{64,65}.

Poluentes e SARS-CoV-2

Os mecanismos inespecíficos de defesa do trato respiratório têm papel importante na manutenção da integridade e funcionalidade das vias respiratórias. O filtro nasal, a anatomia das vias aeríferas, o fluxo aéreo, a depuração mucociliar e o muco de revestimento da mucosa exercem função de barreira e protegem o trato respiratório de agravos⁶⁶.

Evidências relacionam a exposição a PM_{2,5} com o desenvolvimento e progressão de doenças pulmonares agudas e crônicas, tais como inflamação traqueal e pulmonar, asma e exacerbações da doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC)⁶⁶. A exposição a PM_{2,5} causa estresse oxidativo pela geração direta de espécies reativas de oxigênio (ERO), quer pelas partículas carregadas pelo ar, quer pela produção pelas membranas celulares afetadas, fagossomas, mitocôndrias e o retículo endoplasmático⁶⁷. A exposição a essas ERO comprometem a integridade da barreira respiratória e de células imunológicas, culminando com a perda de sua função, assim como alterações na microecologia respiratória⁶⁶. As ERO ao atuarem sobre a estrutura e função de macromoléculas como lipídios, proteínas e DNA, podem ativar vias de sinalização e determinar a apoptose celular ou necrose⁶⁷.

Assim, a barreira epitelial prejudicada pelo estresse oxidativo apresenta aumento da permeabilidade, o que possibilita a invasão de patógenos e consequentemente o aumento da suscetibilidade a infecções^{68,69}. Uma vez instalada a inflamação da mucosa de revestimento do trato respiratório, macrófagos alveolares e as células epiteliais das vias aéreas atuam de forma decisiva sobre as partículas do ar inaladas, com acentuação da produção e secreção de mediadores pró-inflamatórios⁷⁰.

Os eventos decorrentes da exposição a PM podem facilitar o aumento da expressão do receptor da enzima conversora da angiotensina 2 (ACE2), principal

receptor do SARS-CoV-2 e que permite a sua entrada no interior da célula do hospedeiro⁷¹. Além disso, é descrito que a exposição a aerossóis intradomiciliares pode agravar os sintomas de pacientes com COVID-19 pelo aumento da replicação de vírus RNA, decorrente da supressão da imunidade inata antiviral decorrente da exposição aos aerossóis⁷².

A exposição crônica a PM_{2,5} contribui para reduzir a ativação do sistema hipotálamo-pituitária-adrenal (HPA), resultando em alteração do metabolismo dos glicocorticoides circulantes, ineficiência ou resposta imune retardada à infecção por COVID-19. Assim, implicações importantes de fatores ambientais sobre a gravidade desproporcional das infecções por COVID-19 constatadas em populações com baixos recursos socioeconômicos³⁰.

Outro ponto importante a comentar diz respeito ao microbioma do ar interno que pode ter impacto significativo na saúde humana. A presença de microrganismos aerotransportados e a sua reação com uma variedade de exposições químicas é também de extrema importância para o melhor entendimento da qualidade do ar interno. Assim, verifica-se que a exposição a PM pode mudar a flora bacteriana normal do trato respiratório, importante defesa imunológica natural no combate à invasão de patógenos ou substâncias estranhas^{66,72}.

Dessa forma, a exposição de longo prazo à poluição intradomiciliar, a presença de partículas de aerossol no ambiente interno e os riscos elevados de transmissão de patógenos respiratórios em ambientes fechados, a que as pessoas estão expostas durante a pandemia, exigem uma avaliação urgente principalmente na piora das situações e surtos reemergentes da COVID-19, relatados em alguns países e regiões⁷³⁻⁷⁵.

Conclusões

A redução da poluição do ar ambiente foi notável em todo o mundo. As restrições impostas pela pandemia evitaram muitas mortes decorrentes do impacto da poluição ambiental. Mas, ao mesmo tempo a COVID-19 nos permitiu observar que a taxa de mortalidade e a velocidade de propagação da doença variaram amplamente nas populações menos favorecidas⁷⁶.

A melhora das condições de ventilação dos lares pode reduzir a poluição intradomiciliar⁷⁷. De modo geral, a instituição de medidas para ventilação das habi-

tações, em países desenvolvidos, para prevenção de doenças respiratórias crônicas, como asma e DPOC são mal identificadas nas diretrizes atuais. Embora a GINA reconheça a poluição intradomiciliar como um fator de risco modificável, não especifica quais fontes poluidoras familiares precisam ser tratadas⁷⁸.

As orientações dos profissionais de saúde com relação ao isolamento domiciliar devem incluir alertas especialmente dirigidos ao gerenciamento da qualidade do ar dentro dos lares. Essa comunicação é especialmente importante para idosos, indivíduos imunocomprometidos, mulheres e crianças residentes em regiões frias e áreas rurais, onde o fogão à lenha é a principal fonte de cozimento e aquecimento⁵¹.

Referências

1. Coronavirus data Center. COVID-19 Dashboard by the Center for Systems Science and Engineering (CSSE) at Johns Hopkins University (JHU) [Internet]. Disponível em: <https://coronavirus.jhu.edu/map.html>. Acessado em: 11/02/2021.
2. Forouzanfar MH, Afshin A, Alexander LT, Anderson HB, Brutta ZA, Birykov S, et al. Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990-2015: A systematic analysis for the global burden of disease study 2015. *Lancet*. 2016;388(10053):1659-724.
3. Zimmerman RA, Cadegiani F, Costa RAP, Souza BC. Stay-at-home orders are associated with emergence of novel Sars-Cov-2 variants. *ResearchGate*. 2021. doi: 10.13140/RG.2.2.19538.89283.
4. COVID-19 or SARS-CoV-2. National Library of Medicine – National Center for Biotechnology Information [Internet]. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=COVID-19+or+SARS-CoV-2>. Acessado em 11/2020.
5. Li W, Zhang B, Lu J, Liu S, Chang Z, Cao P, et al. Characteristics of household transmission of COVID-19. *Clin Infect Dis*. 2020;71(8):1943-46.
6. Dutheli F. COVID-19 as a factor influencing air pollution? *Environ Pollut*. 2020;263(Pt A):114466.
7. 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? *Environ Pollut*. 2020;4:114465.
8. Wu X, Nethery RC, Sabath B, Braun D, Dominici F. Exposure to air pollution and COVID-19 mortality in the United States. *MedRxiv*. 2020. doi:10.1101/2020.04.05.20054502.
9. Tobías A, Carnerero C, Reche C, Massagué J, Via M, Minguillón MC, et al. Changes in air quality during the lockdown in Barcelona (Spain) one month into the SARS-CoV-2 epidemic. *Sci Tot Environ*. 2020;726:138540.
10. Travaglio M, Yu Y, Popovic R, Santos Leal N, Martins LM. Links between air pollution and COVID in England 2020. *MedRxiv*. 2020 [pre-print]. doi:10.1101/2020.04.16.20067405.
11. Schraufnagel DE, Balmes JR, Cowl CT, De Matteis S, Jung S, Mortimer K, et al. Air Pollution and Noncommunicable Diseases. A Review by the Forum of International Respiratory Societies' Environmental Committee, Part 1: The Damaging Effects of Air Pollution. *Chest*. 2019;155(2):409-16.
12. Zakaria Aboulesh MY. Indoor Air Quality and Coronavirus Disease (COVID-19). *Pub Health*. 2020. doi:10.1016/j.puhe.2020.04.047.
13. Saadat S, Rawtani D, Hussain CM. Environmental Perspective of COVID-19. *Sci Tot Environ*. 2020;728:138870.
14. van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, Holbrook MG, Gamble A, Williamson BN, et al. Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared With SARS-CoV-1. *N Engl J Med*. 2020;382(16):1564-7.
15. Setti L, Passarini, De Gennaro GF, Barbieri P, Perrone MG, Piazzalunga A, et al. The Potential Role of Particulate Matter in the Spreading of COVID-19 in Northern Italy: First Evidence-Based Research Hypotheses. *MedRxiv*. 2020. Disponível em: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.11.20061713v1>. Acessado em: 04/2020.
16. Why air pollution is linked to a faster spread of coronavirus. *Air Quality News* [site na internet]. Disponível em: <https://airqualitynews.com/2020/04/09/why-air-pollution-is-linked-to-a-faster-spread-of-coronavirus>. Acessado em: 04/2020.
17. Coccia M. 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. Working Paper CocciaLab n. 48/2020, CNR - National Research Council of Italy (April 6, 2020) [Internet]. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=3567841>. Acessado em: 04/2020.
18. Cui Y, Zhang Z, Froines J, Zhao J, Wang H, Yu S, et al. Air pollution and case fatality of SARS in the People's Republic of China: an ecologic study. *Environ Health*. 2003;2:15.
19. Min CK, Cheon S, Ha NY, Sohn KM, Kim Y, Aigerim A, et al. Comparative and kinetic analysis of viral shedding and immunological responses in MERS patients representing a broad spectrum of disease severity. *Sci Rep*. 2016;6:25359.
20. Wu X, Nethery RC, Sabath MB, Braun D, Dominici F. Air pollution and COVID-19 mortality in the United States: Strengths and limitations of an ecological regression analysis. *Sci Adv*. 2020 Nov 4;6(45):eabd4049. doi: 10.1126/sciadv.abd4049.
21. Kirby T. South America prepares for the impact of COVID-19. *Lancet Respir Med*. 2020;8(6):551-2.
22. Nakada LYK, Urban RC. COVID-19 pandemic: Impacts on the air quality during the partial lockdown in São Paulo state, Brazil. *Sci Total Environ*. 2020;730:139087. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.139087.
23. Dantas G, Siciliano B, Boscaro França B, da Silva CM, Arbilla A. The impact of COVID-19 partial lockdown on the air quality of the city of Rio. *Sci Tot Environ*. 2020;729:139085.
24. Coronavirus Brasil – Painel coronavirus (atualizado em 11/02/2021). [Internet]. Disponível em: <https://covid.saude.gov.br/>. Acessado em: 02/2021.
25. Myllyvirta L, Thieriot H. 11.000 air pollution-related deaths avoided in Europe as coal, oil consumption plummet [Internet]. Disponível em: <https://energyandcleanair.org/wp/wp-content/uploads/2020/04/CREA-Europe-COVID-impacts.pdf>. Acessado em: 05/2020.
26. Rizzo LV, Urrutia-Pereira M, Rosário NE, Badellino H, Calderón OL, et al. Evolution of mortality rates by COVID-19 in South America and its relationship with environmental factors. *Environ Res* [In review].
27. Brown A, Horton R. A planetary health perspective on COVID-19: a call for papers. *Lancet*. 2020;395:1099.
28. Whitmee S, Haines A, Beyrer C, Boltz F, Capon A, Ferreira B, et al. Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: report of The Rockefeller Foundation - Lancet Commission on planetary health. *Lancet*. 2015;386(10007):1973-2028.
29. Schroeder P, Anggraeni K, Weber U. The Relevance of Circular Economy Practices to the Sustainable Development Goals: Circular Economy and SDGs. *J Ind Ecol*. 2018;23(1):77-95.
30. Urrutia-Pereira M, Mello-da-Silva CA, Solé D. Household pollution and COVID-19: irrelevante association? *Allergol Immunopathol (Madr)*. 2021;2:49(1):146-9.
31. Saadat S, Rawtani D, Hussain CM. Environmental Perspective of COVID-19. *Sci Total Environ*. 2020;22;728:138870.

32. COVID-19 will not leave behind refugees and migrants. *Lancet*. 2020;395(10230):1090.
33. Ahmed F, Ahmed N, Pissarides C, Stiglitz J. Why inequality could spread COVID-19. *Lancet Pub Health*. 2020 May;5(5):e240.
34. Balmes JR. Household air pollution from domestic combustion of solid fuels and health. *J Allergy Clin Immunol*. 2019;143(6):1979-87.
35. Afshari R. Indoor Air Quality and Severity of COVID-19: Where Communicable and Non-communicable Preventive Measures Meet. *Asia Pac J Med Toxicol*. 2020;9:1-2.
36. Prado B. COVID-19 in Brazil: "So what?". *Lancet*. 2020;395:10234-5.
37. Forouzanfar MH, Afshin A, Alexander LT, Anderson HB, Brutta ZA, Birykov S, et al. Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990-2015: A systematic analysis for the global burden of disease study 2015. *Lancet*. 2016;388(10053):1659-724.
38. Ahmed F, Ahmed N, Pissarides C, Stiglitz J. Why inequality could spread COVID-19. *Lancet Pub Health*. 2020 May;5(5): e240. doi: 10.1016/S2468-2667(20)30085-2.
39. Zakaria Abouleish MY. Indoor Air Quality and Coronavirus Disease (COVID-19). *Public Health*. 2020. doi: 10.1016/j.puhe.2020.04.047.
40. Deek SA. Chronic exposure to air pollution implications on COVID-19 severity. *Med Hypotheses*. 2020;145:110303.
41. Chen B, Jia P, Han J. Role of indoor aerosols for COVID-19 viral transmission: a review. *J Environ Chem Lett*. 2021;13:1-18.
42. Kohanski MA, Lo LJ, Waring MS. Review of indoor aerosol generation, transport, and control in the context of COVID-19. *Int Forum Allergy Rhinol*. 2020;10(10):1173-9.
43. Nott D. The COVID-19 response for vulnerable people in places affected by conflict and humanitarian crises. *Lancet*. 2020;395(10236):1532-3.
44. Thakur M, Boudewijns EA, Babu GR, van Schayck OCP. Biomass use and COVID-19: A novel concern. *Environ Res*. 2020;186:109586.
45. Goldemberg J, Martinez-Gomez J, Sagar A, Smith KR. Household air pollution, health, and climate change – clearing the air. *Environ Res Lett*. 2018. doi.org/10.1088/1748-9326/aaa49d.
46. Wan MP, Wu CL, Szeto GN, Chan TC, Chao CYH. Ultrafine particles, and PM2.5 generated from cooking in homes. *Atmos Environ*. 2011;45:6141-8.
47. See SW, Balasubramanian R. Physical characteristics of ultrafine particles emitted from different gas cooking methods. *Aerosol Air Qual Res*. 2006;6:82-92.
48. Torkmahalleh MA, Goldasteh I, Zhao Y, Udochu NM, Rossner A, Hopke PK, et al. PM2.5 and ultrafine particles emitted during heating of commercial cooking oils. *Indoor Air*. 2012;22:483-91.
49. Havey CD, Dane AJ, Abbas-Hawks C, Voorhees KJ. Detection of nitro-polycyclic aromatic hydrocarbons in mainstream and sidestream tobacco smoke using electron monochromator mass spectrometry. *Environ Chem Lett*. 2009;7:331-6.
50. Semple S, Apsley A, Ibrahim TA, Turner SW, Cherrie JW. Fine particulate matter concentrations in smoking households: just how much secondhand smoke do you breathe in if you live with a smoker who smokes indoors? *Tob Control*. 2015;24:E205–E211.
51. Mahabee-Gittens EM, Merianos AL, Matt GE. Letter to the editor regarding: "an imperative need for research on the role of environmental factors in transmission of novel coronavirus (COVID-19)"- secondhand and thirdhand smoke as potential sources of COVID-19. *Environ Sci Technol*. 2020;54:5309-10.
52. Brake SJ, Barnsley K, Lu W, McAlinden KD, Eapen MS, Sohal SS. Smoking upregulates angiotensin-converting enzyme-2 receptor: a potential adhesion site for novel coronavirus SARSCoV 2 (Covid-19). *J Clin Med*. 2020;20;9(3):841.
53. Smith JC, Sausville EL, Girish V, Yuan ML, Vasudevan A, John KM, et al. Cigarette smoke exposure and inflammatory signaling increase the expression of the SARS-CoV-2 receptor ACE2 in the respiratory tract. *Dev Cell*. 2020;53(5):514-529.
54. Vardavas CI, Nikitara K. COVID-19 and smoking: A systematic review of the evidence. *Tob Induc Dis*. 2020;18:20.
55. Rogula-Kopiec P, Rogula-Kozłowska W, Pastuszka JS, Mathews B. Air pollution of beauty salons by cosmetics from the analysis of suspended particulate matter. *Environ Chem Lett*. 2019;17:551-8.
56. Afshari A, Matson U, Ekberg LE. Characterization of indoor sources of fine and ultrafine particles: a study conducted in a full-scale chamber. *Indoor Air*. 2005;15:141-50.
57. Wallace L, Jeong S-G, Rim D. Dynamic behavior of indoor ultrafine particles (2.3-64 nm) due to burning candles in a residence. *Indoor Air*. 2019;29:1018-27.
58. Zhang L, Jiang Z, Tong J, Wang Z, Han Z, Zhang J. Using charcoal as base material reduces mosquito coil emissions of toxins. *Indoor Air*. 2010;20:176-84.
59. Amoatey P, Omidvarborna H, Baawain MS, Al-Mamun A. Impact of building ventilation systems and habitual indoor incense burning on SARS-CoV-2 virus transmissions in Middle Eastern countries. *Sci Total Environ*. 2020;733:139356.
60. Knibbs LD, He C, Duchaine C, Morawska L. Vacuum cleaner emissions as a source of indoor exposure to airborne particles and bacteria. *Environ Sci Technol*. 2012;46:534-42.
61. Koivisto AJ, Hussein T, Niemela R, Tuomi T, Hameri K. Impact of particle emissions of new laser printers on modeled office room. *Atmos Environ*. 2010;44:2140-6.
62. Sangion A, Li L. Evaluating consumer exposure to disinfecting chemicals against coronavirus disease 2019 (COVID-19) and associated health risks. *Environ Int*. 2020;145:106108.
63. Rogula-Kopiec P, Rogula-Kozłowska W, Pastuszka JS, Mathews B. Air pollution of beauty salons by cosmetics from the analysis of suspended particulate matter. *Environ Chem Lett*. 2019;17:551-8.
64. Gong WJ, Fong DYT, Wang MP, Lam TH, Chung TWH, Ho SY. Increasing socioeconomic disparities in sedentary behaviors in Chinese children. *BMC Public Health*. 2019;13;19(1):754.
65. Yang L, Cao C, Kantor ED, Nguyen LH, Zheng X, Park Y, et al. Trends in sedentary behavior among the US population, 2001-2016. *JAMA*. 2019;321:1587-97.
66. Miyata R, van Eeden SF. The innate and adaptive immune response induced by alveolar macrophages exposed to ambient particulate matter. *Toxicol Appl Pharmacol*. 2011;257:209-26.
67. Feng S, Gao D, Liao F, Zhou F, Wang X. The health effects of ambient PM2.5 and potential mechanisms. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2016;128:67-74.
68. Yang L, Li C, Rnag X. The Impact of PM2.5 on the Host Defense of Respiratory System. *Front Cell Dev Biol*. 2020 doi: 10.3389/fcell.2020.00091.
69. Liu J, Chen X, Dou M, He H, Ju M, Ji S, et al. Particulate matter disrupts airway epithelial barrier via oxidative stress to promote *Pseudomonas aeruginosa* infection. *J Thorac Dis*. 2019. 11:2617-27.
70. Azad MB, Chen Y, Gibson SB. Regulation of autophagy by reactive oxygen species (ROS): implications for cancer progression and treatment. *Redox Signal*. 2009; 11:777-90.
71. Hoffmann M, Kleine-Weber H, Schroeder S, Krueger N, Herrler T, Erichsen S, et al. SARS-CoV-2 cell entry depends on ACE2 and TMPRSS2 and is blocked by a clinically proven protease inhibitor. *Cell*. 2020;181:271-280 e8.
72. Mishra R, Krishnamoorthy P, Gangamma S, Raut AA, Kumar H. Particulate matter (PM10) enhances RNA virus infection through modulation of innate immune responses. *Environ Pollut*. 2020;266:115148.
73. Adams RI, Bateman AC, Bik HM, Meadow JF. Microbiota of the indoor environment: a meta-analysis. *Microbiome*. 2015;3:49.

74. Han J, Zhang X, He S, Jia P. Can the coronavirus disease be transmitted from food? a review of evidence, risks, policies and knowledge gaps. *Environ Chem Lett.* 2020;1:1-12.
75. Sun S, Han J. Open defecation and squat toilets, an overlooked risk of fecal transmission of COVID-19 and other pathogens in developing communities. *Environ Chem Lett.* 2020;29:1-9.
76. Jin S. COVID-19, Climate Change, and Renewable Energy Research: We Are All in This Together, and the Time to Act is now. *ACS Energy Lett.* 2020;5(5):1709-11.
77. Dai X, Bui D, Perret JL, Lowe A, Peter A, Bowatte G, et al. Exposure to household air pollution over 10 years is related to asthma and lung function decline. *Eur Respir J.* 2020 [in press]. doi: 10.1183/13993003.00602-2020.
78. GINA- Global Initiative for Asthma – update 2020. Disponível em: www.ginasthma.org. Acessado em: 01/2021.

Não foram declarados conflitos de interesse associados à publicação deste artigo.

Correspondência:
Marilyn Urrutia-Pereira
E-mail: urrutiamarilyn@gmail.com