

## PROGRAMA DE VOLUNTARIADO ACADÊMICO

### TRADUÇÃO LIVRE DE ARTIGOS CIENTÍFICOS SOBRE O COVID-19

Este projeto visa realizar a tradução livre de artigos científicos relacionados ao COVID-19, publicados em revistas internacionais de renome, com o objetivo de fornecer material traduzido e facilitar a compreensão e acesso à informação relevante aos profissionais de saúde de diversas áreas e a população em geral. Não há conflitos de interesse.

**Título original:** Aerodynamic analysis of SARS-CoV-2 in two Wuhan hospitals

**Autores:** LIU, Yang; NING, Zhi; CHEN, Yu; *et. al*

**Publicado em:** Nature. Published online 27 April, 2020

**DOI:** 10.1038/s41586-020-2271-3 (2020).

## Análise aerodinâmica do SARS-CoV-2 em dois hospitais de Wuhan

Esse é um documento em PDF revisado por pares que foi aceito para publicação. Embora não editado, o conteúdo foi submetido a uma formatação preliminar. *Nature* está providenciando essa versão anterior do artigo digitado como um serviço para nossos autores e leitores. O texto e as figuras serão submetidos a uma correção e uma revisão de prova antes que o artigo seja publicado em sua forma final. Por favor, note que durante a produção do processo, erros podem ser descobertos, o que pode afetar o conteúdo e todas as isenções legais se aplicam.

### RESUMO

O surto da COVID-19 em andamento espalhou-se rapidamente em escala global. Ao passo que a transmissão de SARS-CoV-2 via gotículas respiratórias humanas e contato direto está clara, o potencial de transmissão por aerossol é pouco entendido<sup>1-3</sup>. Este estudo investigou a natureza aerodinâmica do SARS-CoV-2 por meio da medida do RNA viral em aerossóis em diferentes aéreas de dois hospitais de Wuhan

durante o surto da COVID-19 em fevereiro e março de 2020. A concentração de RNA de SARS-CoV-2 em aerossóis detectada em enfermarias de isolamento e em quartos ventilados de pacientes foi muito baixa, mas estava elevada no banheiro dos pacientes. Os níveis de SARS-CoV-2 transportados pelo ar na maioria das áreas públicas foi indetectável, exceto em duas áreas propensas a aglomeração, possivelmente por conta de pessoas infectadas na aglomeração. Nós encontramos altas concentrações de RNA viral em algumas áreas da equipe médica, com o tamanho da distribuição de aerossol mostrando picos em regiões submicrométricas e/ou supermicrométricas, mas esses níveis foram reduzidos para níveis indetectáveis depois da implementação de procedimentos rigorosos de sanitização. Embora nós não tivéssemos estabelecido a infecciosidade do vírus detectado nessas áreas do hospital, nós propomos que o SARS-CoV-2 pode ter o potencial de ser transmitido via aerossóis. Nossos resultados indicam que a ventilação do quarto, espaço aberto, sanitização do vestuário de proteção, e o uso correto e a desinfecção de banheiros podem limitar efetivamente a concentração de RNA de SARS-CoV-2 em aerossóis. Trabalhos futuros devem explorar a infecciosidade do vírus no aerossol.

## ARTIGO

Circulando em 206 países e áreas, o surto da COVID-19 resultou em 857.641 casos incluindo 42.006 mortes ao redor do mundo até 2 de abril de 2020. Devido a essa ameaça crescente a saúde global, a OMS declarou o surto da COVID-19 como uma pandemia e uma emergência global de saúde pública. O agente causador do surto da COVID-19 foi identificado como um novo coronavírus altamente infeccioso que é referido como o coronavírus 2 relacionado a síndrome respiratória aguda grave (SARS-CoV-2)<sup>4-6</sup>. As vias de transmissão relatadas de SARS-CoV-2 em humanos são: 1) inalação de gotículas carregadas de vírus, 2) contato próximo com pessoas infectadas e 3) contato com superfícies contaminadas com SARS-CoV-2<sup>1</sup>. Além disso, a transmissão por aerossol foi sugerida como via adicional mais importante, por meio de observações clínicas em espaços confinados<sup>2-3</sup>. Existem muitas doenças respiratórias espalhadas por meio do ar, como a tuberculose, sarampo e catapora<sup>7-8</sup>. Um estudo de coorte retrospectivo conduzido depois da epidemia de SARS em Hong Kong em 2003, sugeriu que a disseminação por meio do ar pode ter tido um importante papel na transmissão dessa doença<sup>9</sup>. No presente, pouco se sabe das características aerodinâmicas e as vias de transmissão de SARS-CoV-2 em aerossóis, em parte, por conta das dificuldades em conseguir uma amostra de aerossol contendo o vírus no mundo real e os desafios na sua quantificação em baixas concentrações.

Neste estudo, nós coletamos SARS-CoV-2 do ar e sua deposição de aerossol em 30 locais de dois hospitais designados e áreas públicas em Wuhan, e então quantificamos a contagem de cópia de SARS-CoV-2 de amostras de aerossol usando um método de gotícula robusta baseado na detecção de PCR digital (ddPCR)<sup>10</sup>. Os dois hospitais eram usados exclusivamente para o tratamento de pacientes com COVID-19 durante o surto, mas cada um com características únicas servindo a diferentes propósitos. O Hospital de Renmin da Universidade de Wuhan (Hospital de Remnin no prosseguimento do texto) representa hospitais terciários escala A para o tratamento de sintomas

graves de pacientes com a COVID-19, enquanto que o Hospital de Wuchang Fangcang Field (Hospital de Fangcang no prosseguimento do texto) é representante do campo dos hospitais de campanha que foram construídos em instalações *indoor* de esportes ou centros de exibição para quarentena e tratamento de pacientes com sintomas leves. Os locais de coleta de amostras foram classificados em três categorias de acordo com a sua acessibilidade para diferentes grupos: 1) áreas de pacientes (PAA - *Patient Areas*), onde os pacientes com COVID-19 estiveram presentes fisicamente. Isto inclui Unidades de Tratamento Intensivo (UTI), Unidades de Cuidados Coronários (UCC) e salas de enfermaria dentro do Hospital de Remnin, um banheiro e estações de trabalho de equipe dentro do Hospital de Fangcang; 2) Áreas de Equipe Médica (MSA – *Medical Staff Areas*), os locais de trabalho nos dois hospitais acessadas exclusivamente pela equipe médica que teve contato direto com os pacientes e 3) Áreas Públicas (PUA – *Public Areas*), locais abertos para o público em geral (Tabela Suplementar 1). Três tipos de amostras de aerossol foram coletadas: 1) Amostras de aerossol coletadas de partículas totalmente suspensas (PTS) sem nenhuma limite superior para quantificar as concentrações de RNA de SARS-CoV-2 no aerossol; 2) Amostras de aerossol aerodinâmicas separadas por tamanho para determinar o tamanho da distribuição de SARS-CoV-2 transportado pelo ar; 3) Amostras de deposição de aerossol para determinar a taxa de deposição de SARS-CoV-2 transportado pelo ar.

A existência de SARS-CoV-2 em amostras de aerossol foi determinada pela quantificação de seu material genético (RNA). As concentrações de SARS-CoV-2 no ar em diferentes locais categorizados são mostrados na Tabela 1. Geralmente, concentrações muito baixas ou não detectáveis de SARS-CoV-2 transportado pelo ar foram encontradas na maioria das PAA do Hospital de Renmin, sugerindo que o isolamento de pressão negativa e a alta taxa de troca de ar dentro da UTI, UCC e sala de enfermaria do Hospital de Renmin são muito efetivas em limitar a transmissão pelo ar do SARS-CoV-2. A concentração mais alta na PAA foi observada dentro do banheiro dos pacientes Hospital de Fangcang (19 exemplares/m<sup>3</sup>), o qual é um banheiro temporário de

aproximadamente 1 m<sup>2</sup> sem ventilação. SARS-CoV-2 transportado pelo ar pode vir tanto da respiração do paciente quanto da aerossolização do aerossol carregado de vírus das fezes ou da urina do paciente durante o uso do banheiro<sup>11-12</sup>. Embora a infecciosidade do vírus não seja conhecida neste estudo, os resultados também se relacionam com os achados de Ong *et al.* que mostraram testes positivos de amostras de limpeza de superfícies de banheiros de quartos usados por pacientes com SARS-CoV-2<sup>13</sup>. Nas MSAs, os dois locais de coleta de amostras no Hospital de Renmin tinham baixas concentrações de 6 exemplares por m<sup>3</sup>, enquanto que os locais do Hospital de Fangcang tinham, no geral, concentrações maiores. Particularmente, as salas de remoção de vestuário (PARRs – *Protective Apparel Removal Room*) em três diferentes zonas dentro do Hospital de Fangcang estão entre a faixa superior de concentração de SARS-CoV-2 transportado pelo ar com 16 a 42 exemplares por m<sup>3</sup> no primeiro lote de amostragem. Nas PUA fora dos hospitais, nós observamos que a maioria dos locais têm níveis indetectáveis ou muito baixos de SARS-CoV-2 transportados pelo ar (abaixo dos 3 exemplares por m<sup>3</sup>), exceto por um local de aglomeração a mais ou menos um metro da entrada de uma loja de departamento com clientes passando frequentemente, e outro local próximo ao Hospital de Renmin onde o público, incluindo pacientes, passava. Enquanto ambos os locais eram do lado de fora das construções, é possível que portadores de SARS-CoV-2 na aglomeração possam ter contribuído para a fonte de aerossol carregado de vírus durante o período de coleta das amostras. Os resultados em geral sugerem riscos baixos em locais bem ventilados ou abertos publicamente, mas reforçam a importância de evitar reuniões de multidões e implementar a identificação precoce e o diagnóstico de infectados para quarentena ou tratamento.

Dentro dos quartos de UTI do Hospital Remnin, as duas amostras de deposição de aerossol testaram positivo com uma estimativa de taxa de deposição de 31 e 113 exemplares por m<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup>, embora a concentração da amostra PTS de aerossol dentro desta sala de UTI fosse menor que o limite de detecção (Tabela 1). A amostra com a maior taxa de deposição foi colocada em um

canto do quarto livre de obstáculos, a aproximadamente 3 metros da cama do paciente. A outra amostra teve menos exemplares de vírus e foi colocada em outro canto, a aproximadamente 2 metros da cama do paciente e abaixo do equipamento médico que pode ter bloqueado o caminho dos sedimentos do aerossol do vírus. Os nossos achados, apesar de serem baseados em uma amostra de tamanho pequena, indica que a deposição de aerossol carregado de vírus pode ter um papel na contaminação da superfície e contato subsequente por pessoas suscetíveis resultando em infecção humana.

As MSAs, em geral, obtiveram maiores concentrações de aerossol com SARS-CoV-2 comparado com PAAs em ambos os hospitais no primeiro lote de amostragem durante o pico do surto de COVID-19 (Tabela 1). Para os locais de coleta de amostra do Hospital de Renmin, a circulação de ar nas MSA por desenho é isolada daquela do quarto do paciente. Já para o Hospital de Fangcang, a PARR temporária não ventilada foi isolada da sala dos pacientes onde a concentração de SARS-CoV-2 em aerossol foi geralmente baixa. O segundo lote de coleta de PTS nas MSAs do Hospital de Fangcang foi conduzido após o número de pacientes ser reduzido de mais de 200 para menos de 100 por zona e a implementação de medidas de sanitização mais rigorosas e minuciosas, incluindo pulverização mais frequente de desinfetante clorado no chão da área dos pacientes, desinfecção adicional com peróxido de hidrogênio 3% na PARR uma vez por semana pelo menos, pulverização de desinfetante à base de álcool em todo o vestuário de proteção antes de tirá-la e tempo de operação prolongado de purificadores de ar interior. Todas as amostras deste segundo lote mostraram resultados de não detecção (Tabela 1), confirmando a importância da sanitização na redução de SARS-CoV-2 transportado pelo ar em áreas de alto risco.

O aerossol de SARS-CoV-2 reside principalmente em dois intervalos de tamanho, um na região submícron ( $d_p$  entre 0,25 a 1  $\mu$ m) e outro na região supermícron ( $d_p$  >2,5  $\mu$ m). A região submícron foi notada principalmente na PARRs na Zona B e C do Hospital de

Fangcang (Fig. 1a e 1b) com pico de concentração de 40 e 9 exemplares por m<sup>3</sup> em 0,25 a 0,5 µm e 0,5 a 1 µm, respectivamente. Enquanto que a região supermícron foi observada na PARR da Zona C do Hospital de Fangcang (Fig. 1b) com 7 exemplares por m<sup>3</sup>. O escritório da equipe médica (Fig. 1c) tinha maior carga viral no aerossol no intervalo da região de tamanho supermícron, mas a distribuição de tamanho é mais plana comparada com outras. A ressuspensão de microrganismos a partir do chão, roupas, e móveis foi observada e pode contribuir para a geração de aerossol microbial no ambiente construído<sup>14</sup>. Portanto, nós criamos a hipótese de que a fonte do pico de submícron é a ressuspensão do aerossol carregado de vírus a partir da superfície do vestuário de proteção da equipe médica enquanto ele estava sendo removido. O aerossol carregado de vírus submícron pode ter vindo originalmente da deposição direta das gotículas respiratórias ou do SARS-CoV-2 transportado pelo ar nos aparelhos de proteção como evidenciado pelas amostras de deposição (Tabela 1). A maior mobilidade em virtude de seu menor diâmetro aerodinâmico facilita a ressuspensão vinda da superfície do aparelho depois de ganhar velocidade inicial enquanto este é removido. Por outro lado, o SARS-CoV-2 depositado no chão é possivelmente a fonte do aerossol carregado de vírus supermícron e foi carregado através de diferentes áreas pela equipe médica. Além disso, um estudo recente demonstrou experimentalmente que o SARS-CoV-2 pode manter sua estabilidade biológica no aerossol e em diferentes superfícies de horas até dias<sup>15</sup>. O aerossol com SARS-CoV-2 submícron encontrado neste estudo tinha tempo de residência relativamente mais longo, implicando que eles provavelmente continuam infecciosos durante a transmissão.

Este estudo apresentou suas limitações inerentes ao pequeno tamanho da amostra e a representação da amostra de RNA viral ao invés da infecciosidade do vírus, imposta como acesso restrito ao paciente e áreas da equipe médica no epicentro do surto da COVID-19. Não obstante, os achados deste estudo fornecem a primeira investigação do mundo sobre as reais características aerodinâmicas do SARS-CoV-2 transportado pelo ar em Wuhan com a quarentena

rígida implementada e restrições de viagem durante o pico do surto da COVID-19. Os achados sugerem que o uso do banheiro utilizado por pessoas infectadas pela COVID-19 e reuniões com esse tipo de indivíduo são fontes significativas de SARS-CoV-2 transportado pelo ar, embora sua infecciosidade não seja conhecida. Nós também sugerimos que a via de transmissão por aerossol do SARS-CoV-2 é mediada pela deposição na superfície e resuspensão a partir da aparalagem de proteção da equipe médica e do piso da superfície. Os resultados deste estudo tem implicações importantes para a prevenção da saúde pública e a proteção das equipes médicas. Nós chamamos a atenção para 1) a ventilação e esterilização de banheiros como uma possível fonte de disseminação do vírus; 2) medidas de proteção pessoal para a saúde em geral como o uso de máscaras e evitar a formação desordenada de confusão para reduzir o risco de exposição ao vírus transportado pelo ar; 3) a sanitização efetiva da área de alto risco no hospital para limitar a transmissão do SARS-CoV-2 transportado pelo ar e para proteger a equipe médica; 4) a efetividade da de ventilação natural de grandes estádios para limitar a transmissão de SARS-CoV-2 quando remover para o hospital de campanha pacientes para a quarentena e seu tratamento; 5) sanitização de superfície do vestuário antes de retirá-lo para ajudar a reduzir o potencial risco de infecção da equipe médica.

### Conteúdo online

Qualquer método, referências adicionais, resumos de relatório da *Nature Research*, dados de origem, informações adicionais, reconhecimentos, informação de revisão por pares; detalhes das colaborações do autor e interesses competitivos; e afirmações de dados e disponibilidade de código estão disponíveis em <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2271-3>.

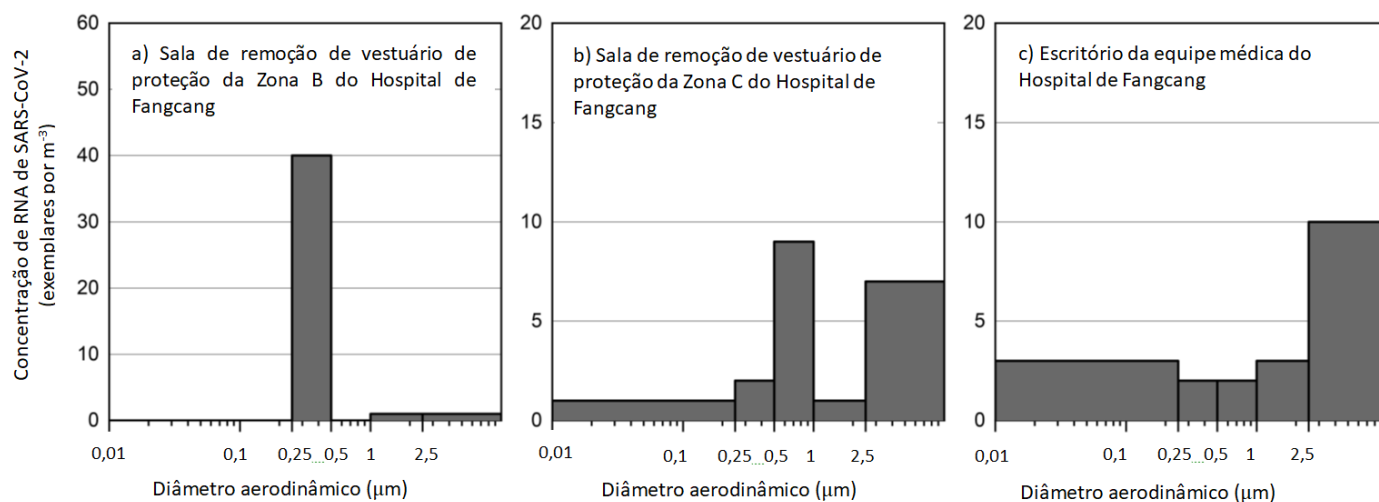
### Referências

1. National Center for Immunization and Respiratory Diseases (NCIRD). D. o. V. D. How COVID-19 spreads, <<https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/about/transmission.html>> (2020).

2. Offord, C. How COVID-19 is spread, <<https://www.the-scientist.com/news-opinion/how-covid-19-is-spread-67143>> (2020).
3. Organization, W. H. Report of the WHO-China Joint Mission on Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) <<https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/who-china-joint-mission-on-covid-19-final-report.pdf>> (2020).
4. Coronaviridae Study Group of the International Committee on Taxonomy of. V. The species Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus: classifying 2019-nCoV and naming it SARS-CoV-2. *Nat. Microbiol.* (2020). <https://doi.org/10.1038/s41564-020-0695-z>
5. Chen, L. et al. RNA based mNGS approach identifies a novel human coronavirus from two individual pneumonia cases in 2019 Wuhan outbreak. *Emerg. Microbes Infect.* 9, 313–319 (2020). <https://doi.org/10.1080/22221751.2020.1725399>.
6. Zhou, P. et al. A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. *Nature* (2020). <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2012-7>
7. Leclair, J. M., Zaia, J. A., Levin, M. J., Congdon, R. G. & Goldmann, D. A. Airborne transmission of chickenpox in a hospital. *N. Engl. J. Med.* 302, 450–453 (1980). <https://doi.org/10.1056/NEJM198002213020807>.
8. Escombe, A. R. et al. The detection of airborne transmission of tuberculosis from HIV-infected patients, using an in vivo air sampling model. *Clin. Infect. Dis.* 44, 1349–1357 (2007). <https://doi.org/10.1086/515397>.
9. Yu, I. T., Qiu, H., Tse, L. A. & Wong, T. W. Severe acute respiratory syndrome beyond Amoy Gardens: completing the incomplete legacy. *Clin. Infect. Dis.* 58, 683–686 (2014). <https://doi.org/10.1093/cid/cit797>.
10. Suo, T. et al. ddPCR: a more sensitive and accurate tool for SARS-CoV-2 detection in low viral load specimens. *MedRxiv*, 2020.2002.2029.20029439, <https://doi.org/10.1101/2020.02.29.20029439> (2020).
11. Peng, L. et al. 2019 Novel Coronavirus can be detected in urine, blood, anal swabs and oropharyngeal swabs samples. *medRxiv*, 2020.2002.2021.20026179, <https://doi.org/10.1101/2020.02.21.20026179> (2020).
12. Wang, W. et al. Detection of SARS-CoV-2 in Different Types of Clinical Specimens. *J. Am. Med. Assoc.* (2020). <https://doi.org/10.1001/jama.2020.3786>
13. Ong, S. W. X. et al. Air, Surface Environmental, and Personal Protective Equipment Contamination by Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) From a Symptomatic Patient. *J. Am. Med. Assoc.* (2020). <https://doi.org/10.1001/jama.2020.3227>
14. Prussin, A. J., II & Marr, L. C. Sources of airborne microorganisms in the built environment. *Microbiome* 3, 78 (2015). <https://doi.org/10.1186/s40168-015-0144-z>.
15. van Doremalen, N. et al. Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS CoV-1. *N. Engl. J. Med.* (2020). <https://doi.org/10.1056/NEJMc2004973>

Nota do editor: A *Springer Nature* permanece neutra em relação a reivindicações jurisdicionais em mapas publicados e afiliações institucionais.

© O autor (es), sob licença exclusiva da *Springer Nature Limited* 2020.



**Fig. 1 | Concentração de RNA de SARS-CoV-2 suspenso no ar em intervalos de classe de diferentes tamanhos de aerossóis.** O eixo x representa o diâmetro aerodinâmico em escala logarítmica para cobrir a magnitude múltipla da medida do diâmetro aerossol.

**Tabela 1. Concentração de RNA de SARS-CoV-2 suspenso no ar em diferentes locais de Wuhan**

Categoria	Locais	Tipo de amostra	Concentração (exemplares por m <sup>3</sup> )
<b>Áreas do paciente (PAA)</b>			
Hospital de Fangcang	1. Estação de trabalho da zona A <sup>#</sup>	PTS <sup>a</sup>	1
		PTS <sup>b</sup>	9
	2. Estação de trabalho da zona B	PTS	1
		3. Estação de trabalho da zona C <sup>#</sup>	PTS <sup>a</sup>
Hospital de Renmin	4. Banheiro portátil do paciente	PTS <sup>b</sup>	0
		PTS	19
	5. Unidade de Terapia Intensiva (UTI)	PTS	0
Hospital de Fangcang	6. Unidade de Terapia Intensiva (UTI)	Deposição	31*
		Deposição	113*
	7. Unidade de Cuidados Coronarianos (UCC)	PTS	0
		PTS	0
<b>Área da Equipe Médica (MSA)</b>			
Hospital de Fangcang	10. Sala de Remoção dos Vestuários de Proteção da zona A (PARR <sup>#</sup> )	PTS <sup>a</sup>	16
		PTS <sup>b</sup>	0
	11. Sala de Remoção dos Vestuários de Proteção da zona B (PAAR)	Segregação por tamanho	42

	12. Sala de Remoção dos Vestuários de Proteção da zona C (PARR) <sup>#</sup>	Segregação por tamanho <sup>a</sup> PTS <sup>b</sup>	20 0
	13. Vestiário da equipe masculina	PTS	20
	14. Vestiário da equipe feminina	PTS	11
	15. Escritório da Equipe Médica	Segregação por tamanho	20
	16. Sala de Reuniões	PTS	18
	17. Almojarifado <sup>#</sup>	PTS <sup>a</sup> PTS <sup>b</sup>	21 0
Hospital de Renmin	18. Corredor para a Equipe Médica	PTS	6
	19. Sala de Refeições para a Equipe Médica	PTS	6
<b>Áreas Públicas (PUA)</b>			
	20. Farmácia do Hospital de Fangcang	PTS	3
	21. Consultório Médico do Hospital de Renmin	PTS	0
	22. Ambulatório do Hospital de Renmin	PTS	0
	23. Área exterior do Hospital de Renmin	PTS	7
	24. Porta do Escritório da Universidade	PTS	0
	25. Ambulatório do Hospital Universitário	PTS	0
	26. Ponto de controle Comunitário	PTS	0
	27. Prédio Residencial	PTS	0
	28. Mercado	PTS	0
	29. Loja de Departamento 1	PTS	11
	30. Loja de Departamento 2	PTS	3
	31. Amostra em Branco <sup>#</sup>	Campo em Branco <sup>a</sup> Campo em Branco <sup>b</sup>	0 0

\* Os valores relatados são as taxas de deposição viral de aerossol em exemplares por m<sup>-2</sup> hora<sup>-1</sup>.

<sup>#</sup> Dois lotes de amostras foram conduzidos para os locais. Informações detalhadas são demonstradas na Tabela Suplementar 1.

<sup>a</sup> As amostras retiradas durante o primeiro lote de amostras de 17 de fevereiro a 24 de fevereiro de 2020.

<sup>b</sup> As amostras retiradas durante o segundo lote de amostras em 2 de março de 2020.

## MÉTODOS

### 1. Coleta das amostras

A amostragem foi coletada nos locais entre 17 de fevereiro e 2 de março de 2020 em 2 lotes, como demonstrado na Tabela 1. Todas as amostras de aerossol foram coletadas em filtros de gelatina pré-esterilizados (*Sartorius*, Alemanha). Um total de 30 amostras de aerossol de PTS foram coletadas em filtros de 25 mm de diâmetro carregados dentro de cassetes de filtros de estireno (SKC Inc., EUA) e uma amostra de ar a uma vazão fixa de 5,0/minuto (LPM – litros por minuto), utilizando uma bomba (APEX2, Casella, EUA). Um total de 3 amostras de aerossol segregadas por tamanho foram coletadas utilizando um mini-impactador em cascata (impactador Sioutas, SKC Inc., EUA) o qual separa o aerossol em cinco faixas (>2,5 µm, 1,0 a 2,5 µm, 0,50 a 1,0 µm e 0,25 a 0,50 µm em um filtro de 25 mm de substratos, e 0 a 0,25 µm em um filtro de 37 mm) a uma vazão de 9,0 LPM. Um total de 2 amostras de deposições de aerossóis foram coletadas utilizando filtros de 80 mm de diâmetro embalados em um suporte com uma área efetiva de deposição de 43,0 cm<sup>2</sup>, e os filtros foram colocados no chão em dois cantos do quarto da UTI do Hospital de Renmin, intactos por 7 dias. A duração da amostragem e o período de operação são detalhados na Tabela Suplementar 1. Todos os instrumentos de amostragem foram localizados no centro das respectivas áreas de amostragem, onde a entrada de amostragem estava a uma altura de  $\cong 1,5$  m do chão. Considerando as condições limitadas do experimento com um pequeno tamanho de amostra, a integridade e a robustez do protocolo do experimento foi examinado extensivamente no laboratório antes da amostragem de campo e descrito na Tabela Suplementar 2.

### 2. Método analítico e análise de dados

Após a coleta de amostras de aerossol, todas as amostras foram processadas imediatamente no laboratório NB-2 (nível de biossegurança-2) da Universidade de Wuhan. As amostras dos filtros de 25 mm, 37 mm e 80 mm foram dissolvidas em água

deionizada e, em seguida, foi adicionado o Reagente TRIzol LS (Invitrogen) para inativar os vírus SARS-CoV-2 e extrair o RNA de acordo com a instrução do fabricante. A primeira fita de DNAC foi sintetizada utilizando-se o kit PrimeScript RT (TaKaRa). Foi utilizado ddPCR otimizado para detectar a presença de vírus de SARS-CoV-2 seguindo nosso estudo anterior<sup>10</sup>. A análise de dados de ddPCR foi feito com o *software Quantasoft* (Bio-Rad). A concentração relatada no procedimento é igual a cópias do modelo por microlitro da reação final de 1x ddPCR, a qual foi normalizada para cópias por m<sup>-3</sup> em todos os resultados e, conseqüentemente, a concentração do vírus ou do RNA viral no aerossol é expressado em cópias por m<sup>-3</sup> daqui em diante. Um protocolo detalhado é fornecido na Informação Suplementar.

### Resumo dos relatórios

Mais informações acerca do projeto de pesquisa estão disponíveis no *Nature Research Reporting Summary* relacionado a esse artigo.

### DISPONIBILIDADE DOS DADOS

Todos os dados gerados e analisados durante esse estudo estão inclusos no Artigo e em seus arquivos de informações suplementares, os quais incluem um documento adicional do Excel contendo a origem dos dados para a fig. 1 e todos os dados brutos.

**Reconhecimentos:** Esse estudo foi apoiado pelo *Special Fund for COVID-19 Research of Wuhan University*. Nós somos gratos ao *Taikang Insurance Group Co., Ltd*, *Beijing Taijiang Yicai Foundation*, Hospital de Renmin e Hospital Wuchang Fangcang pelo grande apoio a esse trabalho. Nós gostaríamos de agradecer ao Prof. Hongmei Xu da *Xi'na Jiaotong University*, *Qingdao Laoying Enviromental Technology Co., Ltd*, *Beijing Top Science Co.*, *Shangai Leon Scientific Envoromental Technology Co., Ltd* pelo apoio em providenciar os instrumentos de amostras e suporte técnico nesse estudo. Os autores também agradecem Cuiping Wang, Qingli Zhang, Guoping Liang, Zhao Song pela assistência



na preparação dos filtros de amostras e suporte logístico.

**Contribuição dos autores:** K.L., Y.C., Z.N., Q.Y.F., H.D.K. e K.F.H. conceituaram o projeto do estudo; Y.L., Y.C., M.G., Y.L.L., e K.L. coletaram as amostras; Y.L., M.G., e X.J.L. fizeram os testes laboratoriais; Y.L., Z.N., Y.C., N.K.G., M.G., X.J.L. e K.L. analisaram os dados; Y.C., Z.N., Y.L., Q.Y.F., H.D.K., J.C., K.F.H. e K.L. interpretaram os resultados; Y.L. e Z.N. escreveram o desenho inicial do manuscrito; Y.L., Z.N., Y.C., e K.L. revisaram o manuscrito; M.G., Y.L.L., N.K.G., L.S., Y.D., J.C., D.W., K.X., H.D.K., Q.Y.F. comentaram no manuscrito. Todos os autores leram e aprovaram o manuscrito final.

**Conflito de interesses:** Os autores declaram não haver conflito de interesses.

#### **Informações adicionais**

**Informação suplementar** está disponível para esse artigo em <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2271-3>.

**Correspondência e requerimento de materiais** devem ser endereçadas para Z.N., Y.C., K.-f.H., H.K., Q.F. ou K.L.

**Informação revisada por pares** *Nature* agradece Linsey Marr e o(s) outro(s) revisor(es) anônimo(s) pela contribuição na revisão paritária desse trabalho. Relatórios dos revisores em pares estão disponíveis.

## RESUMO DO RELATÓRIO

A *Nature Research* deseja melhorar a reprodutibilidade do trabalho que publicamos. Esse formulário oferece estrutura para consistência e transparência nos relatórios. Para mais informações sobre as políticas da *Nature Research*, veja Autores e Referências e o *Checklist* da Política Editorial.

### Estatísticas

Para todas as análises estatísticas, confirme se os seguintes itens estão presentes na legenda da figura, legenda da tabela, texto principal ou seção de Métodos.

n/a	Confirmado
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> O tamanho exato da amostra (n) para cada grupo/condição experimental, dado como um número discreto e unidade de medida.
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Uma declaração se as medidas foram retiradas de diferentes amostras ou se a mesma amostra foi medida repetidamente.
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> O(s) teste(s) estatístico(s) utilizado(s) E se ele(s) é (são) unilateral(is) ou bilateral(is).
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <i>Somente testes comuns devem ser descritos exclusivamente pelo nome; descreva técnicas mais complexas na seção de Métodos.</i>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Uma descrição de todas as covariáveis testadas.
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Uma descrição de qualquer suposição ou correção, como testes de normalidades e ajustes para comparações múltiplas.
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Uma descrição completa dos parâmetros estatísticos, incluindo a tendência central (p.ex., média) ou outras estimativas básicas (p.ex., coeficiente de regressão) E variação (p.ex., desvio padrão) ou estimativas de incerteza associadas (p.ex., intervalo de confiança).
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Para testes de hipóteses nulas (p.ex., F, t, r) com intervalo de confiança, tamanho de efeito, graus de liberdade e valor P observado.
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <i>Forneça o valor P como um valor exato quando apropriado.</i>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Para análise Bayesiana, informações sobre a escolha de priori e configurações de Monte Carlo da cadeia de Markov.
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Para projetos hierárquicos e complexos, identificação do nível apropriado para testes e relatório completo dos resultados.
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Estimativa dos tamanhos de efeitos (p.ex., d de Cohen, r de Pearson), indicando como foram calculados.

*Nossa coleção na web de estatísticas para biólogos contém artigos sobre muitos dos pontos acima.*

### Software e código

Informação da política sobre a disponibilidade do código de programação

Coleção de dados	NENHUM
Análise de dados	O <i>software</i> de análise QuantaSoft v.1.7 .4.0917 (Bio-Rad) foi utilizado para a análise do dado do ddPCR.

Para os manuscritos que utilizam algoritmos ou *software* personalizados que são centrais para a pesquisa, mas que ainda não foram descritos em uma literatura publicada, o *software* deve ser disponibilizado aos editores/revisores. Nós encorajamos fortemente a deposição de código em um repositório comunitário (p.ex., GitHub). Para mais informações, consulte as diretrizes da *Nature Research* para cadastrar o código e *software*.

## Dados

Informação sobre a Política de disponibilidade de dados

Todos os artigos devem incluir uma declaração da disponibilidade de dados. Essa declaração deve possuir as seguintes informações, quando aplicável:

- Código de acesso, identificador único ou *links* da *web* para conjuntos de dados disponíveis publicamente
- Uma lista de imagens que foram associados ao dado bruto
- Uma descrição de qualquer restrição na disponibilidade de dados

Todos os dados gerados e analisados durante esse estudo estão incluídos no Artigo e em seus arquivos de Informações Suplementares, os quais incluem um documento adicional do Excel contendo a origem dos dados da Fig. 1 e todos os dados brutos.

## CAMPO ESPECÍFICO DE AVALIAÇÃO

Por favor, selecione a opção abaixo que mais se adequa a sua pesquisa. Se você não tem certeza, leia as seções apropriadamente antes de fazer sua escolha.

Ciências da vida       Ciências comportamentais e sociais       Ciências ecológicas, evolutivas e ambientais

Para uma cópia de referência do documento com todas as seções, consulte [nature.com/documents/nr-reporting-summary-flat.pdf](http://nature.com/documents/nr-reporting-summary-flat.pdf)

## PROJETO DE ESTUDO DE CIÊNCIAS ECOLÓGICAS, EVOLUTIVAS E AMBIENTAIS

Todos os estudos devem divulgar esses pontos, mesmo que a divulgação seja negativa.

Descrição do estudo	Esse estudo investigou a natureza aerodinâmica e a transmissão por aerossol do SARS-CoV-2 em Wuhan sob quarentena rigorosa e restrição de viagem durante o pico do surto de COVID-19
Amostra da pesquisa	Um total de 35 amostras diferentes de três tipos, total das partículas em suspensão, segregação por tamanho e deposição de aerossol, foram coletados.
Estratégia de amostragem	Nós colhemos três tipos de aerossóis virais em 30 locais, cobrindo as áreas de pacientes e equipe médica dentro de hospitais e áreas públicas em Wuhan. A amostragem foi feita para identificar os <i>hotspots</i> do SARS-CoV-2 suspenso no ar e investigar sua origem, e buscar por evidências de transmissão por aerossol em diferentes zonas de isolamento e mecanismo de transferência entre ar e superfície.
Coleta de dados	Nós coletamos dois lotes de amostras entre 17 de fevereiro a 24 de fevereiro de 2020, e em 2 de março, respectivamente.
Escala temporal e espacial	A duração da coleta varia de 5 a 20 horas para as partículas totalmente suspensas e amostras segregadas por tamanho, e 7 dias para amostras de deposição de aerossol.

Exclusão de dados	Amostragens de volumes de ar variam de 1,5 m <sup>3</sup> a 8,9 m <sup>3</sup> .
Reprodutibilidade	Nenhum dado foi excluído nesse trabalho.
Randomização	As amostras foram distintas por projeto nesse estudo devido às condições únicas dentro dos hospitais durante o surto de COVID-19.
Cegamento/mascaramento	Esse estudo categorizou a localização das amostragens por funções e grupos de usuários. Cada amostra serviu para diferentes propósitos, assim, nenhuma randomização foi feita.
	O processo de amostragem por si mesmo não tem impacto no assunto do estudo e na integridade dos dados pela natureza do estudo, assim, nenhum cegamento foi feito.

O estudo envolveu trabalho em campo?  Sim  Não

### Trabalho em campo, coleta e transporte

Condição de campo	Os locais de amostragem incluem áreas funcionais internas do hospital e áreas externas públicas de Wuhan sob quarentena rigorosa e restrição de viagem.
Localização	Nós coletamos amostras de aerossol de SARS-CoV-2 em 30 locais em dois hospitais designados e áreas públicas de Wuhan.
Acesso e importação/exportação	Esse campo de estudo não envolve qualquer objeto de estudo que requer permissão, assim, nenhuma aprovação foi necessária.
Interferência	O processo de amostragem não possui interferência de assuntos.

## RELATÓRIO PARA MATERIAIS, SISTEMAS E MÉTODOS ESPECÍFICOS

Nós solicitamos informações dos autores sobre alguns tipos de materiais, sistemas experimentais e métodos utilizados em muitos estudos. Aqui, indique se cada material, sistema ou método listado é relevante para seu estudo. Se você não tem certeza se um item listado se aplica à sua pesquisa, leia a seção apropriada antes de selecionar a resposta.

### Materiais e sistemas experimentais

n/a	Envolvido no estudo
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Anticorpos
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Linhas de células eucarióticas
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Paleontologia
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Animais e outros organismos
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Participantes humanos para a pesquisa
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Dados clínicos

### Métodos

n/a	Envolvidos no estudo
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> ChIP-seq
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Citometria de fluxo
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuroimagem baseada em RM

---

**Traduzido por**<sup>1</sup>: Erika Yumi Takahashi e João Vitor Taffarel  
**Revisado por**<sup>1</sup>: Paola Bernardi da Silva e Rodrigo Ribas Azzolini  
**Supervisão**<sup>2</sup>: Ana Paula C. Brandalize

1. Acadêmicos de Medicina da Universidade Federal do Paraná (UFPR), campus Toledo.
2. Professor do curso de Medicina da UFPR, campus Toledo.