

Nota Informativa

# VENTILAÇÃO DE MASSAS DE AR NO CONTEXTO DA PANDEMIA DE COVID-19

## RESUMO:

À medida que a comunidade científica compreende melhor os fatores de risco para transmissão do vírus SARS-CoV-2, recomendações de segurança mais assertivas podem ser elaboradas. Esta nota avalia características do modo de transmissão que tornam a circulação de massas de ar um fator chave para compreender as intervenções necessárias nos ambientes compartilhados visando diminuir o risco de infecção.

**SALA DE SITUAÇÃO DE SAÚDE DA FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

## AUTORES:

Beatriz Vieira do Nascimento  
Luiza Pereira Salto  
Guilherme S. S. Tonelli Silveira

Brasília-DF  
07 de julho de 2021

# SUMÁRIO

1. Introdução	03
2. Infecção por Sars-CoV-2 e sua correlação com a circulação e filtração de ar	03
3. Equipamentos e esquemas de ventilação e ocupação de espaços	04
4. Estudos de caso	04
5. Conclusões	07
6. Referências	08



## 1. INTRODUÇÃO

No início da pandemia da COVID-19 a atenção da comunidade científica e da sociedade em geral se voltou para a transmissão por contato próximo e para procedimentos de desinfecção de superfícies. Naquela época, ainda havia um grande debate sobre o vírus ser ou não aerotransportado. (Noorimotlagh *et al.*, 2021)

Com a constatação amplamente evidenciada na literatura científica que o vírus é transmitido por aerossóis e que a transmissão por superfícies é menos provável do que parecia ser, finalmente a ventilação começa a ser pensada como um fator essencial no controle da transmissão da doença. A transmissão do vírus não ocorre apenas entre contatos próximos, uma vez que o patógeno permanece viável e infeccioso em partículas suspensas no ar (Setti *et al.*, 2020)

Nesta nota informativa, recolhemos produção científica especializada sobre a importância de pensar na ventilação de massas de ar em ambientes confinados ou semi-confinados com a finalidade de diminuir a transmissão viral.

## 2. INFECÇÃO POR SARS-COV-2 E SUA CORRELAÇÃO COM A CIRCULAÇÃO E FILTRAÇÃO DE AR

A transmissão de doenças infecciosas pelo ar depende fortemente da concentração de patógenos que podem ser potencialmente inalados (Miller-leiden *et al.* 1996). Por isso, quando pensamos em ambientes fechados, a ventilação de ar pode influenciar a transmissão. A prevenção da transmissão pode ocorrer por duas maneiras principais de esquemas de ventilação: a ventilação de diluição e a ventilação de exaustão. (Medical Advisory Secretariat, 2005)

A ventilação de diluição diminui a concentração de patógenos que podem ser potencialmente respirados, espalhando-os pelo ambiente e, de certa forma, reduzindo a ocorrência de regiões de alto risco com grande concentração de patógenos. Já a circulação de exaustão remove o ar contaminado de um dado ambiente. (Medical Advisory Secretariat, 2005)

A filtração de ar consiste na desinfecção de partículas contagiosas do ar que pode ser re-circulado ou do ar que é direcionado para o interior ou exterior do ambiente.

Sabemos de experiências prévias, como por exemplo a *influenza*, que o risco de infecção por doenças respiratórias é negativamente correlacionado com a renovação de ar limpo. (Chen & Liao, 2010)

Como o vírus é aerotransportado, a remoção de aerossóis e partículas em suspensão acumuladas no ambiente deve ser elencada, juntamente do distanciamento físico e da utilização de máscaras e higienização de mãos, como um fator crucial para evitar a transmissão. (Morawska & Cao, 2020)



### 3. EQUIPAMENTOS E ESQUEMAS DE VENTILAÇÃO E OCUPAÇÃO DE ESPAÇOS

O foco neste momento deve ser em promover a maximização da ventilação natural sempre que esta for uma alternativa viável, garantindo que a taxa de renovação do ar seja suficientemente alta. Isto é ainda mais importante em espaços públicos onde o risco de infecção é maior devido ao acúmulo de partículas virais no ar. (Morawska & Cao, 2020; Yao *et al.*, 2020)

Sistemas de ventilação operados pelo homem podem por um lado criar riscos de difusão do vírus e, por outro, criar oportunidades de reduzir o risco de transmissão. Por exemplo, alterando os sistemas de recirculação para ventilação do ar oriundo do ambiente externo obteríamos diferentes probabilidades de risco de infecção para o mesmo ambiente. O risco então parece depender bastante da duração da exposição e da taxa de renovação do ar. (Jarvis, 2020)

Abaixo, elencamos publicações relevantes nesta problemática:

- A publicação da Medical Advisory Secretariat (2005) cobre extensivamente as recomendações para sistemas de filtragem de ar e sua circulação, principalmente considerando aparelhos portáteis de purificação de ar.
- Um grupo Brasileiro sugere sistemas de descontaminação do ar simples e eficaz utilizando um equipamento de radiação ultravioleta (Correa *et al.*, 2021) e também que Instrumentos portáteis com filtros HEPA removem aerossol de salas com pouca ventilação. (Ren *et al.* 2021)
- Stadnytskyi *et al.* (2020) elenca os diferentes tipos de filtros no mercado, enquanto Nazarenko (2020) cita boas recomendações de uso de diferentes sistemas de filtragem especializada no controle de infecções em sua revisão. Hinds (1999) explica a relação entre estes sistemas e as propriedades e comportamento de partículas, sobretudo evidenciando a utilização de filtros HEPA em contexto não hospitalar.

### 4. ESTUDOS DE CASO

De acordo com Augenbraun *et al.* (2020), a densidade de um vírus em um cômodo depende do estado do sistema de aquecimento, ventilação e ar condicionado (HVAC), e da posição das pessoas que se encontram no local. Tomando em conta o cenário de um escritório em que se encontram duas pessoas, o risco de infecção por COVID-19 seria de 99% durante 1 semana de exposição. Mas, se durante o tempo de exposição, se mantém o uso de máscaras N95, a probabilidade de infecção reduz a 40%. Se encontrou



também que, em laboratórios e escritórios que têm sistemas HVAC, a possibilidade de infecção por COVID-19 é menor a 1%, apesar de estar exposto a uma pessoa infectada durante 3 semanas. Para que esta condição se cumpra, é necessário que o local seja ocupado por um indivíduo de cada vez, utilizando máscara, e mantendo 1 a 6 intercâmbios de ar do ambiente, de acordo com a capacidade de filtração do sistema, antes do uso do local por outro indivíduo. (Augenbraun *et al.*, 2020)

Em outros estudos, realizados em uma sala de aula, se evidenciou que com a abertura de uma janela, a quantidade de partículas no ar se reduz em um 30%, e com o uso do sistema HVAC, mais de 80% das partículas infectadas podem ser eliminadas em 30 minutos. Mas, se a pessoa infectada se posicionar longe do sistema de ventilação, o número de partículas no ar aumentará. (Burgmann, *et al.*, 2021; Curtius, *et al.*, 2021) Do mesmo modo, ao avaliar a exposição das partículas de COVID-19 em uma sala de conferências, se encontrou que, ao utilizar dois filtros HEPA o número de partículas exaladas reduz a 65% sem o uso de máscaras, e ao utilizar estas, a quantidade de partículas eliminadas chega a 90%. Ademais, a efetividade do filtro será maior quanto mais perto estiver da pessoa infectada. (CDC, 2021)

Zhang e colaboradores (2021), ao estudar o efeito dos aerossóis do COVID-19 em um ônibus, encontraram que, o fluxo de ar dentro deste veículo é turbulento ao utilizar o sistema HVAC, o que facilita o deslocamento da partícula infectada a qualquer passageiro susceptível. No entanto, o risco de infecção se reduz pois a turbulência originada pelo HVAC permite que as partículas infectadas se misturem com o ar do ambiente, diluindo a concentração de aerossóis. Além disso, se as janelas se mantêm abertas, a concentração de partículas se reduz pela metade, e se também se utilizam máscaras, a possibilidade de transmissão do vírus é eliminada. (Zhang, *et al.*, 2021)

Em outro cenário, se evidenciou a disseminação de COVID-19 através do sistema HVAC de um cruzeiro, permitindo que as partículas virais, ao misturar-se com 30% de ar nos ductos, fossem expelidas de novo a diversas cabines. O sistema HVAC tem a capacidade de filtrar partículas de 1000 a 3000 nm, porém, o vírus SARS-CoV-2 tem um diâmetro que varia de 60 a 140 nm, o que impede a filtração do mesmo por este tipo de sistemas, aumentando a propagação do vírus. (Almilaji, *et al.*, 2020). Elias e Bar-Yam (2020) apresentam a importância da adição de filtros no sistema HVAC, pois a filtração de ar mostrou-se responsável pela diminuição da quantidade de partículas dispersas no ambiente, principalmente no ar. Em ambientes de cuidado e tratamento, como hospitais, os autores apontam que a utilização de filtros podem auxiliar no aumento da eficiência dos equipamentos de proteção individual dos profissionais da saúde.

Por outro lado, durante um surto de COVID-19 que ocorreu em um restaurante na cidade de Guangzhou, na China, se descobriu que o ar condicionado do ambiente pode

ter sido o propagador da infecção, ocasionando o contágio de 10 pessoas que pertenciam a 3 famílias diferentes. Normalmente, gotículas respiratórias grandes se mantêm por pouco tempo no ar e atravessam menos de 1 metro de distância. Mas, devido ao sistema de ar condicionado e a ausência de janelas, as partículas virais percorreram mais de 1 metro de distância, infectando pessoas de outras mesas. (Lu, *et al.*, 2020) Além disso, se evidenciou que, em regiões de altas temperaturas, a utilização do ar condicionado em locais fechados prolonga o período de vida das partículas virais de COVID-19. (Shadloo-Jahromi, *et al.*, 2020)

Da mesma maneira, outro surto de COVID-19 foi descrito em um restaurante na Korea, em que 3 pessoas foram infectadas, apesar de se encontrarem a um mínimo de distância de 4,8 metros. Apenas os indivíduos que se encontravam na via do fluxo do ar condicionado, proveniente do paciente infectado, foram contaminados. (Kwon, *et al.*, 2020)

Ao avaliar diferentes cenários de propagação do vírus pelo ar em um Unidade de Terapia Intensiva (UTI) cardiológica, Anghel e colaboradores (2020) encontraram a possibilidade da transmissão de SARS-Cov-2 por meio de sistemas de ar-condicionado. Também destacam a importância de se considerar a posição das grades de entrada e saída no sistema HVAC visto que a alteração da posição desses gerou, em um dos cenários, uma maior dispersão de partículas.

Chirico e colaboradores (2020) fizeram uma breve revisão de alguns artigos para entender se existe uma relação entre a transmissão do SARS-Cov-2 e os sistemas de ar-condicionado em ambientes fechados. Foram considerados artigos que analisaram diferentes tipos de coronavírus. Os autores concluíram que não há evidências suficientes que corroborem com a relação. No entanto, experiências anteriores com coronavírus apresentam uma relação de facilitação da disseminação de SARS-Cov-1 e MERS-Cov a partir do sistema de aquecimento, ventilação e ar-condicionado (HVAC) não pensados para espaços de possível infecção. Sendo assim, os autores apontam que os sistemas devem ser repensados e adaptados para que possam funcionar como uma ferramenta de controle da disseminação e apontam como importante a utilização de filtros no ar-condicionado para se buscar evitar uma possível transmissão. Outra revisão sistemática da literatura (2021) também apontou que não há evidências suficientes para se fazer uma relação definitiva entre os sistemas de ar-condicionado e a transmissão de SARS-Cov-2, no entanto destacam a importância de se buscar aumentar a efetividade da ventilação dos ambientes já que diferentes artigos apontaram a ventilação adequada como um meio para diminuir o risco de transmissão em ambientes fechados (Fadaei, 2021).

Já em uma outra revisão da literatura (2021) que também investigou uma possível ligação da transmissão de SARS-COV-2 em ambientes fechados e o sistema de ar-condicionado. Os autores apontam que a transmissão por meio de aerossóis pode ocorrer

por meio do fluxo de ar dos sistemas de HVAC, além disso destacam que as condições dos sistemas podem influenciar a transmissão, seja como forma de controle ou de potencialização da transmissão. Os autores apresentam uma nova circulação de ar que se associada ao uso de luz ultravioleta e ao uso de filtros podem ser utilizados para controlar uma possível transmissão de SARS-Cov-2 em ambientes fechados (Sodiq, *et al.*, 2021).

Portanto, a correlação entre transmissão e ar-condicionado permanece ainda inconclusiva. Correia *et al.* (2020) afirma que o uso de ar-condicionado central ou inadequado pode difundir o vírus para demais ambientes, hipótese sustentada por exemplo por casos como o visto por Gunther *et al.* (2020) em que um único funcionário com COVID-19 transmitiu a doença para outros colaboradores a distâncias superiores a oito metros de distância em uma área com grande recirculação de ar resfriado. Jia *et al.* (2021), por outro lado, trazem a tona evidências que o ar-condicionado não deve ser por si só uma preocupação com relação ao contágio, mas sim que devem ser utilizados como ferramentas que reduzem o risco de infecção em ambientes confinados quando operacionalizados de forma profissional por profissionais capacitados em engenharia e outras ciências.

## 5. CONCLUSÕES

A circulação de ar deve ser encarada como um tópico que requer planejamento e execução multidisciplinar por profissionais da engenharia, epidemiologia, biossegurança, dentre outros.

O controle de infecções é alcançado por um equilíbrio ajustado entre administração, infraestrutura e medidas de prevenção pessoais nos espaços semi-confinados ou confinados de usos compartilhados (Miller-Leiden *et al.*, 1996)

Por outro lado, o uso dos filtros HEPA é recomendado como complemento ao sistema HVAC, principalmente em locais de escassa ventilação. Porém, para que a filtragem do ar seja efetiva, é necessário uma manutenção constante do aparelho. (Zhao, *et al.*, 2020)

Para verificar um modelo matemático de um Sistema de ocupação de cinco pessoas em ambiente de pesquisa laboratorial, considerando inclusive para cada sistema de ventilação e filtração quantas horas de espaço entre os ocupantes consulte Augenbraun *et al.* (2020) e para ações práticas no contexto hospitalar, Mousavi *et al.* (2021)

Apesar da necessidade de avaliação caso a caso para definir os melhores protocolos e intervenções, é possível elencar uma série de recomendações depreendidas da literatura:

- Aumentar a taxa de renovação do ar (Qian & Zheng, 2018);
- Usar, sempre que possível, ventilação natural (Qian & Zheng, 2018; Allen & Marr, 2020);

- Minimizar o número de pessoas ocupando o mesmo espaço (Qian & Zheng, 2018);
- Promover mudanças operacionais adequadas ao contexto específico dos sistemas de transporte público e prédios (Jarvis, 2020);
- No caso de recirculação de ar, utilizar filtros de alta eficiência (Allen & Marr, 2020);
- Considerar estratégias de controle adicionais, como irradiação UV (Allen & Marr, 2020);
- Utilizar equipamento de proteção individual.

## 6. REFERÊNCIAS

ABUHEGAZY, M.; TALAAT, K.; ANDEROGLU, O.; POROSEVA, S.V. (2020) **Numerical investigation of aerosol transport in a classroom with relevance to COVID-19.** *Physics of Fluids*. vol. 32, nº 10, p. 103311.

ALMILAJI, O.; THOMAS, P.W. (2020) **Air recirculation role in the infection with COVID-19, lessons learned from Diamond Princess cruise ship.** Cold Spring Harbor Laboratory.

ANGHEL, L., POPOVICI, C. G., STATESCU, C., SASCAU, R., VERDES, M., CIOCAN, V.; ȚURCANU, F. E. (2020). **Impact of HVAC-Systems on the Dispersion of Infectious Aerosols in a Cardiac Intensive Care Unit.** *International journal of environmental research and public health*, 17(18), 6582.

AUGENBRAUN, B.L.; LASNER, Z.D.; MITRA, D.; PRABHU, S.; RAVAL, S.; SAWAOKA, H.; DOYLE, J.M. (2020) **Assessment and mitigation of aerosol airborne SARS-CoV-2 transmission in laboratory and office environments.** *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. vol. 17, nº 10, p. 447–456.

BURGMANN, S.; JANOSKE, U. (2021) **Transmission and reduction of aerosols in classrooms using air purifier systems.** *Physics of Fluids*. vol. 33, nº 3, p. 033321.

CDC. (2021) **Efficacy of Portable Air Cleaners and Masking for Reducing Indoor Exposure to Simulated Exhaled SARS-CoV-2 Aerosols – United States, 2021.** *Morbidity and Mortality Weekly Report*. vol. 70, nº 27, p. 972-976.

CHIRICO, F., SACCO, A., BRAGAZZI, N. L.; MAGNAVITA, N. (2020). **Can Air-Conditioning Systems Contribute to the Spread of SARS/**

**MERS/COVID-19 Infection? Insights from a Rapid Review of the Literature.** *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 17, nº (17), p. 6052.

CURTIUS, J.; GRANZIN, M.; SCHROD, J. (2021) **Testing mobile air purifiers in a school classroom: Reducing the airborne transmission risk for SARS-CoV-2.** *Aerosol Science and Technology*. vol. 55, nº 5, p. 586–599

ELIAS, B.; BAR-YAM, Y. (2020). **Could air filtration reduce COVID-19 severity and spread.** New England Complex Systems Institute, 9.

FADAEI, A. (2021). **Ventilation Systems and COVID-19 Spread: Evidence from a Systematic Review Study.** *European Journal of Sustainable Development Research*, 5(2).

KWON, K.-S.; PARK, J.-I.; PARK, Y.J.; JUNG, D.-M.; RYU, K.-W.; LEE, J.-H. (2020) **Evidence of Long-Distance Droplet Transmission of SARS-CoV-2 by Direct Air Flow in a Restaurant in Korea.** *Journal of Korean Medical Science*. vol. 35, nº 46.

LU, J.; GU, J.; LI, K.; XU, C.; SU, W.; LAI, Z.; ZHOU, D.; YU, C.; XU, B.; YANG, Z. (2020) **COVID-19 Outbreak Associated with Air Conditioning in Restaurant, Guangzhou, China, 2020.** *Emerging Infectious Diseases*. vol. 26, nº 7, p. 1628–1631.

PARK, S.; CHOI, Y.; SONG, D.; KIM, E.K. (2021) **Natural ventilation strategy and related issues to prevent coronavirus disease 2019 (COVID-19) airborne transmission in a school building.** *Science of The Total Environment*. vol. 789, p. 147764.



SHADLOO-JAHROMI, A.; BAVI, O.; HOSSEIN-HEYDARI, M.; KHARATI-KOOPAEE, M.; AVAZZADEH, Z. (2020) **Dynamics of respiratory droplets carrying SARS-CoV-2 virus in closed atmosphere.** Results in Physics. vol. 19, p. 103482.

SODIQ, A., KHAN, M. A., NAAS, M., & AMHAMED, A. (2021). **Addressing COVID-19 contagion through the HVAC systems by reviewing indoor airborne nature of infectious microbes: Will an innovative air recirculation concept provide a practical solution?** Environmental research, 111329.

ZHANG, Z.; HAN, T.; YOO, K.H.; CAPECELATRO, J.; BOEHMAN, A.L.; MAKI, K. (2021) **Disease transmission through expiratory aerosols on an urban bus.** Physics of Fluids. vol. 33, nº 1, p. 015116.

ZHAO, B.; LIU, Y.; CHEN, C. (2020) **Air purifiers: A supplementary measure to remove airborne SARS-CoV-2.** Building and Environment. vol. 177, p. 106918.

---

Esse material foi produzido no âmbito do projeto **Epi-Ride**, Ações integradas de pesquisa e serviço para o enfrentamento da pandemia de Covid-19 no Distrito Federal, realizado pela Sala de Situação de Saúde da Universidade de Brasília apoiado pelo Ministério da Educação.

A ação faz parte da **Força-tarefa TiLS Covid-19**, iniciativa coordenada pela ProEpi em parceria da Sala de Situação de Saúde da Universidade de Brasília e apoio da Skoll Foundation.

**COORDENAÇÃO EPI-RIDE:**

Jonas Brant e Mauro Sanchez

**AUTORIA:**

Beatriz Vieira do Nascimento, Luiza Pereira Salto, Guilherme S. S. Tonelli Silveira

**REVISÃO:**

Rafaela dos Santos Ferreira, Marcela Santos e Luciano Pamplona

**DIAGRAMAÇÃO:**

Victor Braz de Queiroz

