

# Informações Básicas sobre Máscaras e Respiradores

Jeffrey Yin Lam Yam<sup>1†</sup>, Andy Chi Keung Ng<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Residente em Anestesiologia, Queen Mary Hospital, Hong Kong

<sup>2</sup> Consultor Associado em Anestesiologia, Queen Mary Hospital, Hong Kong

Editado por: Dra. Clara Poon, Consultora em Anestesiologia, Queen Mary Hospital, Hong Kong

<sup>†</sup>Email do autor correspondente: [yyl254@ha.org.hk](mailto:yyl254@ha.org.hk)

Publicado em 13 de Outubro de 2020



**Tradução e supervisão pela Comissão de Educação Continuada / Sociedade Brasileira de Anestesiologia**

## PONTOS CHAVE

- O SARS-CoV2 é principalmente transmitido via gotículas e rotas de contato, porém já há evidências a respeito de transmissão pelo ar.
- Máscaras cirúrgicas e respiradores são recomendados para prevenção contra a disseminação de gotículas e contração de COVID-19.
- O material que compõe as máscaras é o "tecido não tecido" (TNT), formado por polipropileno *spunbound* e *meltblown*. A eficiência da filtração depende da capacidade da camada de filtração, que é feita deste material, de filtrar partículas e bactérias (um fator chave que determina o seu nível de classificação).
- O uso prolongado, a reutilização limitada e a descontaminação de respiradores têm sido sugeridos como métodos para conservar os estoques durante a pandemia atual de COVID-19.

## INTRODUÇÃO

A pandemia recente de COVID-19, causada pelo novo coronavírus SARS-CoV2, levou o mundo a uma escassez de equipamentos de proteção individual (EPI) para profissionais da saúde, especialmente máscaras. Houve muita confusão em relação às diferenças entre os diversos tipos de máscaras e suas recomendações de uso em diferentes ambientes de assistência médica. Neste tutorial, revisamos os diferentes modos de transmissão de patógenos respiratórios com ênfase específica na COVID-19. Além disso, descrevemos a estrutura básica de vários tipos de máscaras, recomendações de uso e sugestões para conservação. Em face à continuidade da pandemia e à consequente escassez de EPIs, a sua conservação é de importância máxima, desde que preservada a segurança.

## TRANSMISSÃO DE PATÓGENOS

A transmissão de patógenos exige três componentes: uma fonte, um hospedeiro suscetível e um modo de transmissão.<sup>1</sup> Dependendo do patógeno, o modo de transmissão varia.

### Transmissão por Contato: Direto Versus Indireto

A transmissão direta ocorre quando microorganismos são transferidos de um indivíduo infectado para um indivíduo suscetível através do contato físico. A transmissão por contato indireto ocorre quando não há contato direto entre seres humanos. Há um objeto intermediário que transmite o microorganismo.

---

Um exame online está disponível para educação médica continuada auto-direcionada (self-directed continuous medical education \_ CME). O tempo estimado de realização do exame é 01 (uma) hora. Favor registrar o tempo gasto e relatar ao seu órgão credenciador se desejar obter pontos de CME. Será emitido um certificado ao passar no exame. Ver política de credenciamento aqui [here](#).

[TAKE ONLINE TEST](#)

## Transmissão Respiratória: Gotículas Versus Aerossol Versus ‘Pelo Ar’

Gotículas contendo patógenos infecciosos podem ser geradas via tosse, espirro ou ao falar. A maior parte das gotículas é grande demais para permanecer em suspensão no ar por um longo período de tempo e irá rapidamente se assentar. Partículas de gotículas de 5-10 µm de diâmetro são transmitidas dessa forma.

Especialidades	Exemplos de procedimentos médicos Geradores de Aerossóis
Cirurgia	<ul style="list-style-type: none"><li>- Broncoscopia rígida</li><li>- Traqueostomia</li><li>- Perfuração de alta velocidade</li></ul>
Anestesia	<ul style="list-style-type: none"><li>- Intubação com fibra ótica acordado</li><li>- Ventilação com máscara</li><li>- Intubação e extubação</li><li>- Cânula nasal de alto fluxo</li><li>- Ventilação não invasiva</li><li>- Sucção de catarro</li><li>- Reanimação cardiopulmonar</li></ul>

Tabela 1. Exemplos de Procedimentos Médicos Geradores de Aerossóis

Um aerossol é uma gotícula mais fina (< 5-10 µm) que pode permanecer suspensa no ar quando as velocidades da corrente de ar excedem as velocidades terminais das partículas. Alternativamente, as gotículas podem evaporar antes de caírem ao chão, deixando núcleos ainda menores de gotículas livres para flutuarem por longas distâncias. Em tais situações, os patógenos são considerados ‘transmissíveis pelo ar’. A transmissão pelo ar é definida como material infeccioso seco menor que 5 µm que pode viajar em correntes de ar por distâncias consideráveis.

A distância que uma gotícula pode alcançar e resultar em transmissão de doença depende dos seguintes fatores:

- a velocidade e o mecanismo pelo qual é impulsionada;
- a densidade das secreções respiratórias e carga infecciosa da secreção;
- fatores ambientais como fluxo de ar concomitante, temperatura e umidade; e
- a capacidade do patógeno de manter a infecciosidade ao longo dessa distância.

Aerossóis respiratórios são criados naturalmente ou durante procedimentos geradores de aerossóis (ver abaixo). Eles podem carregar o patógeno diretamente do trato respiratório do portador para as superfícies da mucosa do receptor. As evidências que corroboram tal transmissão advêm de estudos epidemiológicos de surtos de doenças como o surto de SARS-CoV, bem como de estudos experimentais sobre a dinâmica de aerossóis.

Os procedimentos geradores de aerossóis (PGAs) são procedimentos médicos que criam aerossóis, além daqueles que o próprio paciente cria durante a respiração normal, tosse, espirro e fala. Eles podem produzir gotículas grandes e pequenas e, se isso ocorrer em uma concentração alta o suficiente, podem causar transmissão oportunista pelo ar de micróbios que, de outra forma, não seriam comumente disseminados pela rota aérea (ex., SARS-CoV2, influenza). Exemplos de PGAs estão demonstrados na Tabela 1.<sup>3</sup> É importante observarmos que os aerossóis são comumente gerados como uma mistura de gotículas pequenas a grandes. Sendo assim, a distinção entre a transmissão por gotículas e a transmissão pelo ar deve ser vista como um espectro ao invés de duas entidades dicotomizantes. Em resumo, o vírus SARS-CoV2 pode ser disseminado por contato direto ou indireto, via gotículas e aerossóis, com evidências crescentes que corroboram a hipótese de transmissão pelo ar.<sup>4</sup>

## MÁSCARAS CIRÚRGICAS

Uma máscara facial é uma máscara que cobre o nariz e a boca do usuário e pode ou não obedecer os níveis de barreira contra fluidos ou eficiência de filtração. Em contrapartida, uma máscara cirúrgica é uma máscara descartável, de ajuste frouxo, que cobre o nariz e a boca do usuário e cria uma barreira física contra fluidos e outros materiais particulados. Ao contrário do que se pensa, ela é projetada para limitar a disseminação expiratória de gotículas do usuário para o seu

entorno. Entretanto, uma revisão sistemática recente sugere que o uso de máscaras cirúrgicas pode evitar que indivíduos infectados transmitam patógenos expiratórios para indivíduos não infectados.<sup>5</sup> A implementação do uso disseminado de máscaras cirúrgicas ainda é controversa, sendo necessários mais estudos sobre o assunto.

## Composição das Máscaras Cirúrgicas

As máscaras cirúrgicas são compostas por camadas múltiplas de tecido. Geralmente chamadas de configuração SMS ou design de três folhas. SMS significa *spunbond-meltblown-spunbond* e descreve a técnica de fabricação das três camadas. (Figura 1)<sup>6</sup>:

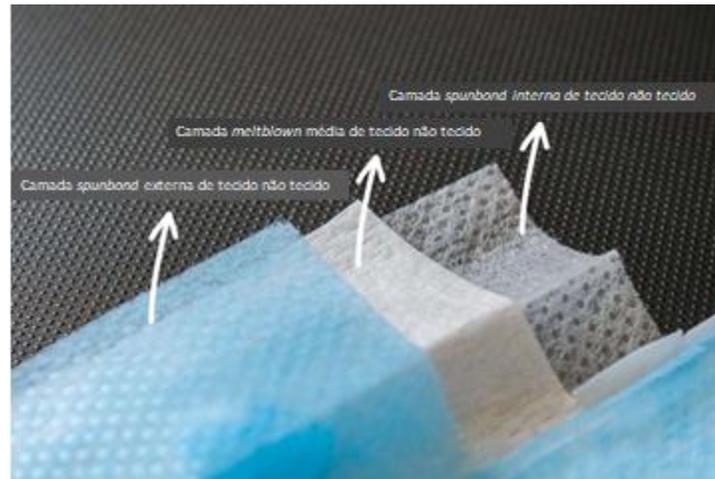


Figura 1. Foto em aumento das 03 camadas diferentes de não tecido.

- Camada externa: camada de não tecido de polipropileno *spunbond* tratado com repelente hidrofóbico
- Camada média: camada de não tecido filtrante de polipropileno *meltblown*
- Camada interna: camada de não tecido de polipropileno *spunbond* tratado com surfactante hidrofílico.

As características destes materiais são as seguintes:

- Polipropileno *spunbond* (de filamentos contínuos termossoldados): Os polímeros são extrudados através de uma fiação, formando uma manta a partir de filamentos finos de polipropileno. A folha de não tecido é então submetida à calandra, na qual é comprimida e submetida a tratamento térmico (Figure 2).
- Polipropileno *Meltblown*: Jatos de ar quente em alta velocidade são usados para fazer a extrusão dos polímeros de polipropileno em filamentos ainda mais finos. À medida que os filamentos se sobrepõem, o material fica mais espesso para formar a camada filtrante (Figura 3).
- O material *spunbond* possui boa resistência e durabilidade, bem como excelente resistência à umidade e resistência térmica. Por outro lado, o material *meltblown* possui propriedades de resistência à tração relativamente fracas, porém com excelentes propriedades de filtração, absorção e barreira devido à menor fibra e à maior área de superfície acumulada. A técnica de sobreposição destes dois materiais é fácil de ser realizada, é econômica e resulta em uma máscara com boa eficiência de filtração bacteriana e permeabilidade ao ar. Com a adição do tratamento com repelente e surfactante, a prevenção contra transmissão de gotículas é maximizada.
- Além do polipropileno, materiais alternativos podem ser usados na fabricação de não tecido, como polietileno, poliésteres e material à base de celulose.

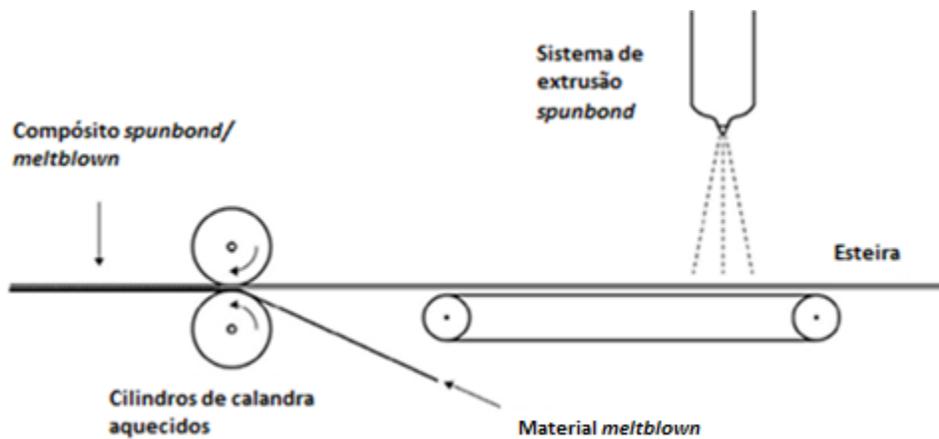


Figura 2. Polipropileno *Spunbond*: é extrudido através de uma fieira giratória. Múltiplas fibras são dispostas em camadas e depois recebem tratamento de aquecimento por compressão através de um processo chamado *calandragem*

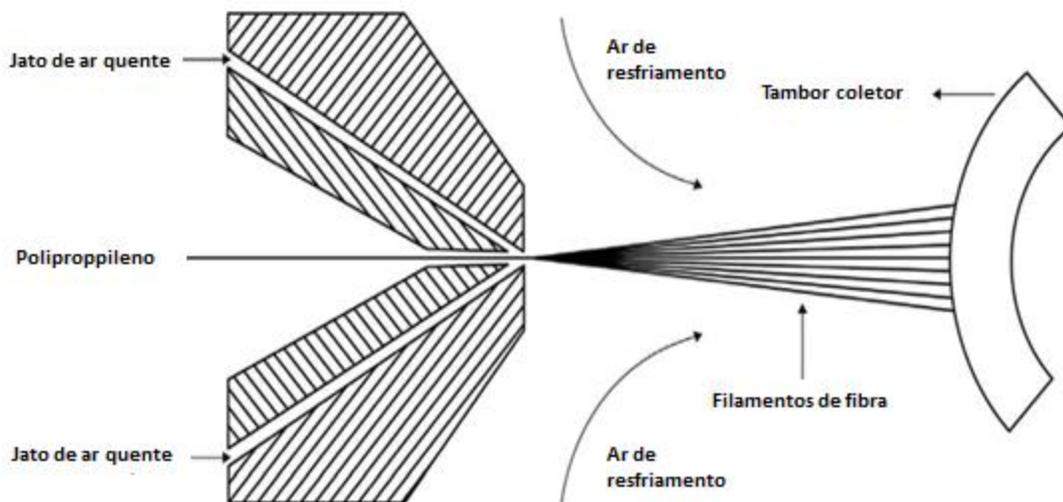


Figura 3. *Meltblown*: Jatos de ar quente são usados para fazer a extrusão do polipropileno em filamentos finos de fibra. As fibras são então dispostas em um tambor giratório, formando uma fina folha de não tecido

## Avaliação e Classificação de Máscaras

Uma vez fabricadas, recortadas e adaptadas ao formato de uma máscara cirúrgica, esses não tecidos são submetidos a ensaios de acordo com os seguintes critérios<sup>7</sup>:

- Eficiência de filtração bacteriana: Aerossóis contendo a bactéria *Staphylococcus aureus* são impulsionados até as máscaras a uma taxa e volume controlados. Uma eficiência de filtração mínima de 95% é exigida.
- Eficiência de filtração de partículas: Aerossóis de microesferas de poliestireno medindo 0.1 a 5  $\mu\text{m}$  são borrifados nas máscaras para assegurar que as máscaras consigam filtrar partículas de diversos tamanhos. O percentual indica a taxa de eficiência de filtração da máscara para partículas.
- Resistência à respiração: Este ensaio é feito soprando ar em direção à máscara e medindo a diferença de pressão de ar em ambos os lados da máscara. A unidade de medida é  $\text{mmH}_2\text{O}/\text{cm}^2$ .
- Resistência a respingos: Sangue sintético é forçado na superfície da máscara para assegurar que o líquido não consiga penetrar e contaminar o usuário. A pressão de ensaio usada é semelhante à pressão arterial humana.
- Inflamabilidade: Todas as máscaras devem ser resistentes a chamas para evitar risco de incêndio.
- Alergenicidade: As máscaras devem ser testadas de acordo com uma norma internacional (ISO 10993-5,10) com relação à sensibilidade cutânea.<sup>8</sup>
- Limpeza microbiana: As máscaras são fabricadas em um ambiente limpo e controlado de modo a manter a contagem microbiana viável

total (cfu/g) na superfície o mais baixa possível.

Com base nos resultados dos ensaios acima, as máscaras são classificadas em diferentes níveis. As Tabelas 2 e 3 descrevem as classificações de acordo com as normas americana e européia, respectivamente.

## RESPIRADORES FACIAIS COM FILTRO

Um Respirador Facial Filtrante (FFR) é um dispositivo respiratório protetor usado para cobrir o nariz e a boca do usuário de modo a ajudar a reduzir a exposição do usuário a partículas biológicas patogênicas suspensas no ar. Ao contrário de uma máscara cirúrgica, seu desenho permite um melhor ajuste facial e filtração eficiente de partículas suspensas no ar.

Ensaio	Nível 1 (baixo)	Nível 2 (Moderado)	Nível 3 (Alto)
BFE (Eficiência de Filtração Bacteriana) em 3,0micron	≥95%	≥98%	≥98%
PFE (Eficiência de Filtração de partículas) em 0,1 micron	≥95%	≥98%	≥98%
Resistência à Respiração (mmH2O/cm2)	<4.0	<5.0	<5.0
Resistência a Respingos (mmHg)	80	120	160
Propagação de Chama	Classe 1	Classe 1	Classe 1

Tabela 2. Sociedade Americana de Ensaios e Materiais (ASTM) F2100-11 (2011) Define Máscaras em 3 Níveis

Ensaio	Tipo I	Tipo II	Tipo IIR
BFE (Eficiência de Filtração Bacteriana) em 3,0 micron	≥95%	≥98%	≥98%
PFE (Eficiência de Filtração de Partículas) em 1,0 micron	Não exigido	Não exigido	Não exigido
Resistência à Respiração (mmH2O/cm2)	<3.0	<3.0	<5.0
Resistência a Respingos (mmHg)	Não exigido	Não exigido	120mmHg / 16kPa
Propagação de Chama	Não exigido	Não exigido	Não exigido
Limpeza microbiana (cfu/g)	≤30	≤30	≤30

Tabela 3. Norma Européia EN 14683 Define Máscaras em 3 Tipos

## Composição dos Respiradores

Respiradores descartáveis como os comumente usados N95 ou FFP2 geralmente são compostos por quatro camadas.<sup>9</sup>

- Camada externa: camada de nãotecido hidrofóbico de polipropileno *spunbond* com tratamento repelente.
- Camada de pré-filtração: material nãotecido que é perfurado por agulha em conjunto e submetido a tratamento térmico, formando uma camada mais espessa e mais rígida que pode então ser moldada na forma desejada. Alguns fabricantes utilizam material à base de celulose para esta camada, que tem implicações diferentes quando se trata de descontaminação (ver abaixo).
- Camada de filtração: Camada de nãotecido polarizada de polipropileno *meltblown*, o que determina a eficiência de filtração do respirador.
- Camada interna: camada de nãotecido hidrofílica de polipropileno *spunbond* tratado com surfactante.

Embora o processo de fabricação seja semelhante ao das máscaras cirúrgicas, os respiradores possuem maior eficiência de filtração com um fator de forma que permite uma melhor vedação ao redor do rosto. (Tabela 4). São desenhados para proteger o usuário contra partículas suspensas no ar e gotículas respiratórias mais finas. São especialmente recomendados

quando há expectativa de alta concentração de aerossóis e gotículas.

## Classificação dos Respiradores

Os respiradores são classificados conforme segue:

- Características de barreira e eficiência de filtração;
- Grau de resistência a óleo do filtro;
- Como são desenhados para serem usados.

### Características da Barreira e and Eficiência de Filtração

Os respiradores são submetidos a uma série de ensaios para determinar sua classificação e certificação. Os critérios de ensaios são semelhantes entre os diferentes órgãos normatizadores, porém podem variar de acordo com seus limites mínimos (*cutoffs*) As normas mais comumente usadas para FFRs são a norma americana NIOSH- 42CFR84 (Tabela 5) e a europeia EN 149-2001 (Table 6).<sup>9</sup> Os dois FFRs mais reconhecidos certificados por estas duas normas são o N95 e o FFP2. O KN95 (GB2626-2006) de fabricação chinesa vem ganhando popularidade devido ao aumento da demanda, porém mais ensaios podem ser justificados para estabelecer sua confiabilidade.<sup>10</sup>

### Grau de Resistência a Óleo do Filtro

#### Séries

O Instituto Nacional Americano para Segurança e Saúde Ocupacional (NIOSH) classifica os filtros de respiradores em três séries com base na resistência a óleo :

- Série N filtram partículas sólidas e à base de água;
- Série R são resistentes a óleo;
- Série P são à prova de óleo.

	Máscara cirúrgica	Respirador
Ensaio e Aprovação	Liberada pelo U.S. Food and Drug Administration (FDA)	Avaliado, testado e aprovado pelo NIOSH
Uso pretendido e finalidade	Protege o usuário contra grandes gotículas, respingos ou borrifos de fluidos corporais ou perigosos. Limita a emissão de gotículas do trato respiratório do usuário	Reduz a exposição do usuário a partículas no ar, aerossóis e gotículas grandes
Ajuste	Ajuste frouxo Ensaio de ajuste não exigido	Ajuste firme Ensaio de ajuste exigido Verificação de vedação pelo usuário exigida a cada uso do respirador
Vazamento	Vazamento ocorre ao redor da borda da máscara quando usuário inspira	Quando adequadamente ajustado, ocorre vazamento mínimo ao redor das bordas do respirador quando o usuário inspira
Filtração	Não oferece ao usuário o nível de proteção adequada contra inalação de partículas menores e não é considerada proteção respiratória	Filtra pelo menos 95% de partículas no ar, grandes e pequenas
Limitações	Descartável. Descartar após cada encontro com o paciente.	Idealmente, deve ser descartado após cada encontro com o paciente e após PGAs. Também deve ser descartado quando <ul style="list-style-type: none"><li>• Danificado ou deformado e quando não oferece vedação eficiente à face</li><li>• Úmido ou visivelmente sujo</li><li>• Respiração se torna difícil</li><li>• Contaminado com sangue, secreção respiratória ou nasal ou outro fluido corporal de pacientes</li></ul>

Tabela 4. Comparação Entre Máscara Cirúrgica e Respirador (Reproduzido de CDC Infographic)

Partículas à base de água são responsáveis pela transmissão de doenças; portanto, a série N é mais adequada para a maioria dos ambientes de assistência médica.

### Avaliação de Respiradores

Antes da realização do ensaio, os respiradores são condicionados a 38°C e 85% de umidade relativa por 24 horas. Após o condicionamento, são submetidos a ensaios em relação aos seguintes critérios<sup>11</sup> (Tabela 7):

- Eficiência de filtração: Para testar a penetração de partículas utiliza-se aerossol de cloreto de sódio neutralizado por carga elétrica com diâmetro médio de 0,3 µm. A eficiência de filtração é relatada em termos de porcentagem de partículas filtradas.
- Vazamento: O vazamento para dentro é avaliado, uma vez que deve ser o mais baixo possível para evitar exposição a doenças transmitidas pelo ar. Um vazamento para dentro de 8% ou menos é aceitável. Entretanto, isto é exigido somente pelas normas européia e chinesa.
- Taxa de fluxo: O respirador é avaliado quanto ao movimento rápido de ar para dentro e para fora para que o usuário possa usá-lo com facilidade mesmo com respiração pesada/rápida. Uma taxa de fluxo aproximada de 85L/min é exigida.

N95	Filtra pelo menos 95% de partículas no ar	Não resistente a óleo
N99	Filtra pelo menos 99% de partículas no ar	
N100	Filtra pelo menos 99,97% de partículas no ar	
R95	Filtra pelo menos 95% de partículas no ar	Alguma resistência a óleo
R99	Filtra pelo menos 99% de partículas no ar	
R100	Filtra pelo menos 99,97% de partículas no ar	
P95	Filtra pelo menos 95% de partículas no ar	Forte resistência a óleo
P99	Filtra pelo menos 99% de partículas no ar	
P100	Filtra pelo menos 99,97% de partículas no ar	

Tabela 5. Os Respiradores com Filtração de Partículas Aprovados pelo Instituto Nacional Americano para Segurança e Saúde Ocupacional (NIOSH-42CFR84) são Definidos por sua Eficiência de Filtração e Características Específicas.

- Resistência à inspiração e expiração: A resistência à respiração é avaliada e deve ser mantida o mais baixa possível com uma taxa de fluxo de ar específica para minimizar o esforço respiratório.

Ao longo de todo o ensaio, a capacidade de filtração do respirador deve permanecer acima do nível de sua classe de certificação durante todo o tempo. Além desses critérios, os respiradores devem ser resistentes à chama, hipoalergênicos e resistentes a fluidos.

Os termos respiradores cirúrgicos N95 e respiradores médicos se referem aos respiradores N95 aprovados pelo NIOSH que também foram validados pelo FDA (Food and Drug Administration) americano para serem usados como máscaras cirúrgicas em instalações médicas. São recomendados apenas para profissionais da saúde que precisam de proteção contra riscos de transmissão tanto pelo ar como por fluidos, comparativamente com outros respiradores N95 'industriais'. Se houver expectativa de respingos, borrifos ou derramamento de sangue ou fluidos em alta velocidade, os respiradores N95 padrão devem ser usados juntamente com os *face shields*. Os *face shields* evitam contaminação da superfície e sujeira nos respiradores mas não acrescentam nada à filtração. Alguns modelos de respiradores possuem válvulas de expiração. São desenhados para reduzir a resistência do fluxo expiratório e contribuem com o conforto no uso prolongado de máscara. Entretanto, não protegem outros de exposição em potencial se a pessoa que está usando a máscara estiver infectada.<sup>12</sup>

## Como os Respiradores São Projetados para Serem Usados pelos Profissionais da Saúde

O NIOSH subdivide os respiradores em três categorias dependendo de como os filtros são desenhados para uso por profissionais da saúde (Tabela 8).

- FFRs: Estes são relativamente baratos e leves. São descartáveis, não afetam a mobilidade e não exigem manutenção ou limpeza se forem descartados após um único uso. Não oferecem proteção aos olhos e a vedação abaixo do ideal é um problema para quem tem pelos faciais.

Classe de Respirador EU (EU-OSHA)	Limite de penetração do filtro (em 95L/ml de fluxo de ar)	Vazamento para dentro	Classe de Respirador US (NIOSH)
FFP1	Filtra pelo menos 80% de partículas no ar	<22%	
FFP2	Filtra pelo menos 94% de partículas no ar	<8%	N95
FFP3	Filtra pelo menos 99% de partículas no ar	<2%	N99

Tabela 6. Norma Europeia EN 149-2001 Definiu as Peças Faciais Filtrantes (PFFs) em 3 Classes

Norma da Classe	Norma americana N95 (NIOSH_42CFR84)	Norma européia FFP2 (EN149-2001)	Norma chinesa KN95 (GB2626-2006)
Eficiência de Filtração	≥ 95%	≥ 94%	≥ 95%
Vazamento total para dentro	N/A	≤ 8% vazamento	≤ 8% vazamento
Taxa de fluxo inspiratório e Taxa de fluxo expiratório	85L/min e 85L/min	30 - 95 L/min e 160 L/min	85L/min
Resistência à inspiração	≤ 343 Pa	≤ 70 Pa (em 30 L/min)* ≤ 240 Pa (em 95 L/min) ≤ 500 Pa (entupimento)	≤ 350 Pa
Resistência à expiração	≤ 245 Pa	≤ 300 Pa	≤ 250 Pa

\* Quando uma taxa de fluxo inspiratório de 30L/min é atingida, a diferença de pressão em toda a máscara não deve ser mais de 70 Pa e quando a taxa de fluxo inspiratório chega a 95L/min a diferença de pressão não deve ser maior que 240 Pa

Tabela 7. Critérios de Ensaio para N95 Versus PFF2 Versus KN95. Quanto uma taxa de fluxo inspiratório de 30 L/min é alcançada, a diferença de pressão atravessando a máscara não deve ser mais que 70 Pa e quando a taxa de fluxo inspiratório atinge 95 L/min, a diferença de pressão não deve ser mais que 240 Pa

- Respiradores elastoméricos (EFRs) com ou sem cobertura para os olhos: Oferecem eficiência de filtração mais alta contra patógenos suspensos no ar e podem ser usados por várias horas, dependendo das especificações do fabricante. Entretanto, são volumosos e podem dificultar a mobilidade e a comunicação. Os Centros para Controle e Prevenção de Doenças (CDC) levantaram algumas questões em relação ao uso de respiradores com válvulas em ambientes cirúrgicos, uma vez que a disseminação de gotículas através das válvulas expiratórias ainda representa um risco em potencial. Alguns recomendam o uso de uma máscara cirúrgica padrão sobre o respirador para minimizar o risco.<sup>13</sup>
- Respiradores com purificador de ar motorizado (PAPRs): Estes dispositivos oferecem cobertura total da cabeça, incluindo cabelo, olhos, rosto e boca (e até de pescoço em alguns modelos). Eles oferecem uma melhor vedação para indivíduos com pelos faciais, falta de dentes ou cicatrizes no rosto.

<b>Respiradores faciais com filtro de partículas (FFRs)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Também conhecidos como respiradores descartáveis ou comumente chamados N95</li> <li>Classificados ainda como série N, R, P com diferentes níveis de eficiência de 95, 99, 100</li> <li>Ensaio de ajuste necessário</li> </ul>	
<b>Respiradores elastoméricos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Também conhecidos como respiradores reutilizáveis pois a peça facial é limpa e reutilizada, porém os cartuchos do filtro são descartados e substituídos quando não estão mais adequados ao uso</li> <li>Ensaio de ajuste necessário</li> </ul>	
<b>Respiradores com purificador de ar motorizado (PAPRs)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Um sistema de filtração de ar alimentado por bateria que sopra ar para dentro de uma peça de cabeça de ajuste firme</li> <li>Oferece proteção à face e olhos</li> <li>Pode proteger contra gases, vapor ou partículas com o cartucho de filtro adequado</li> <li>Pode ser usado com pelos faciais</li> </ul>	

Tabela 8. Respiradores NIOSH-Aprovados Estão Subdivididos em 3 Categorias

Proteção	Guia de EPI Recomendado
Proteção Respiratória	Respirador FFP2 ou FFP3
Proteção ocular	Óculos ou faceshield
Proteção corporal	Jaleco de mangas longas resistente à água
Proteção manual	Luvas

*Realização de procedimentos geradores de aerossol. Aventais plásticos de uso único podem ser usados sobre jalecos resistentes à água em caso de escassez. Diretriz NB atualizada em fevereiro de 2020*

Tabela 9. Composição de EPI Recomendada pelo Centro Europeu Para Prevenção e Controle de Doenças (ECDC) para o Manejo de Casos Suspeitos ou Confirmados de 2019-nCoV. O ECDC enfatizou a importância de ensaios ajustados e que um respirador equivalente ao PFF3 deve sempre ser usado ao se realizar procedimentos geradores de aerossóis. Aventais plásticos de uso único podem ser usados por cima de jalecos não resistentes à água no caso de escassez. A Diretriz NB foi atualizada pela última vez em fevereiro de 2020.

Em comparação com os respiradores N95, os PAPRs oferecem eficiência de filtração superior, menor resistência respiratória e maior nível de conforto durante o uso prolongado, apesar do peso da peça sobre a cabeça, da bateria e da bomba. Entretanto, são mais caros, a bateria exige carregamento e é necessária manutenção regular para assegurar que todas as conexões permaneçam firmes. A despeito das preocupações iniciais, estudos mais recentes têm demonstrado que a utilização de PAPR no centro cirúrgico não aumenta a transferência de partículas para o campo cirúrgico, ao contrário dos EFRs.<sup>13</sup>

## RECOMENDAÇÕES PARA A COVID-19

As Tabelas 9 e 10 resumem as recomendações do Centro Europeu para Prevenção e Controle de Doenças (ECDC) e da Organização Mundial da Saúde (OMS) para EPIs que os profissionais da saúde devem usar ao atenderem pacientes com COVID-19. A Tabela 11 resume as recomendações do CDC em relação aos EPIs que os profissionais da saúde devem usar ao atenderem pacientes com COVID-19. Ao contrário das recomendações do ECDC e da OMS, as recomendações do CDC levam em consideração a disponibilidade de estoque.<sup>14</sup>

Público alvo	Atividade	EPI recomendado
Profissionais da saúde	Atendimento direto a pacientes com COVID-19	Máscara médica Jaleco Luvas Proteção ocular (óculos ou face shield)
	Procedimentos geradores de aerossol realizados em pacientes com COVID-19	Respirador N95 ou FFP padrão ou equivalente Jaleco Luvas Proteção ocular Avental

Tabela 10. Composição de EPI Recomendada pela Organização Mundial da Saúde para o Manejo de Casos Suspeitos ou Confirmados de 2019-nCoV. Uma extensa lista de recomendações também está disponível com várias classificações de situações, equipe de trabalho e atividades.

Grau de escassez	Implementação recomendada
<b>Capacidade convencional</b>	Continuar atendimento ao paciente sem alteração nas práticas diárias. Este conjunto de controles do equipamento de proteção (EPI) já deve estar implementado em planos de prevenção e controle de infecção em geral no ambiente hospitalar.
<b>Capacidade contingencial</b>	Algumas medidas podem mudar as práticas padrão diárias mas podem não ter impacto significativo nos profissionais da saúde. Estas práticas podem ser usadas temporariamente durante períodos de escassez esperada de EPIs.
<b>Capacidade de crise</b>	Estratégias que não correspondam com o padrão de cuidado dos EUA. Estas medidas, ou uma combinação das mesmas, podem ser necessárias durante esses períodos conhecidos de escassez de EPIs.

Tabela 11. Três Níveis de Recomendações do CDC Para Uso dos Estoques de EPI

### Uso Prolongado e Reutilização Limitada de Respiradores

Devido ao aumento dramático na demanda de respiradores N95 ou equivalentes (FFR), muitos países têm adotado estratégias para conservar os respiradores.<sup>15</sup> As diretrizes do CDC incluem uma variedade de abordagens para conservar os estoques e, ao mesmo tempo, garantir a segurança dos profissionais da saúde em tempos de escassez. A estratégia mais básica inclui o uso prolongado e a reutilização limitada.

*Uso prolongado* se refere à prática de usar o mesmo FFR continuamente em contatos próximos repetidos com diversos pacientes, sem remover o respirador entre encontros. Esta prática pode ser implementada quando o mesmo patógeno respiratório infecta múltiplos pacientes e os pacientes estão localizados juntos em enfermarias dedicadas. Os profissionais da saúde podem precisar usar o mesmo por algumas horas até que possam retirá-lo para uma refeição ou ao final do turno.

*Reutilização limitada* refere-se à prática de usar o mesmo FFR para múltiplos encontros com pacientes, porém retirando-o

entre encontros com pacientes. O FFR é guardado entre encontros e colocado novamente antes do próximo encontro com o mesmo paciente ou com um paciente diferente. O número de vezes que o mesmo FFR é reutilizado deve ser restrito e normalmente refere-se a isto como 'reutilização limitada'.

Embora o uso prolongado e a reutilização limitada estejam sendo praticados por necessidade em muitos países durante a pandemia de COVID-19, o NIOSH especifica que tal prática deve ainda levar em conta a higiene do FFR, danificação e resistência à respiração. Os respiradores FFR ainda devem ser substituídos sempre que estiverem perceptivelmente danificados ou sujos ou se houver dificuldade de respiração devido à resistência aumentada. A Tabela 12 enumera alguns passos recomendados pelo CDC para reduzir a transmissão por contato se a reutilização de N95 ou de respirador equivalente ao FFR for permitida.<sup>16</sup>

## Descontaminação e Reutilização de RFFs

O FDA americano não recomenda a reutilização ou compartilhamento de respiradores N95 descartáveis.<sup>17</sup> Entretanto, a descontaminação e reutilização do FFR podem ser consideradas necessárias durante uma crise como a da pandemia de COVID-19, para assegurar disponibilidade continuada. Por isto, o CDC e o grupo N95 DECON sugerem três processos de descontaminação em potencial: peróxido de hidrogênio vaporizado, irradiação germicida ultravioleta e calor úmido.<sup>18,19</sup> Independentemente do método utilizado, um FFR individual deve ser devidamente identificado com o nome do usuário e armazenado individualmente. Deve-se manter um registro de descontaminação para que o FFR possa ser claramente identificado e devolvido ao dono.<sup>20</sup>

### Peróxido de Hidrogênio Vaporizado

A descontaminação por vapor e plasma de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) é um método estabelecido de descontaminação industrial usado em hospitais, no setor da saúde e na indústria farmacêutica.<sup>21</sup> O vapor de peróxido de hidrogênio (HPV úmido ou VHPe seco) e o plasma de peróxido de hidrogênio (HPGP) inativam patógenos altamente resistentes, entre eles esporos bacterianos e vírus nosocomiais. Em um estudo recente, O Instituto Nacional Americano para Segurança e Saúde Ocupacional constatou que este método inativou o SARS-CoV-2 em todas as máscaras do tipo N95 submetidas aos ensaios.<sup>22</sup>

Uma possível preocupação com relação ao seu uso é que concentrações prejudiciais de peróxido de hidrogênio possam permanecer na máscara por dias após a descontaminação.<sup>23</sup> Além disso, ciclos de descontaminação repetidos podem levar à deformação das máscaras e afetar a eficiência de filtração.<sup>24</sup>

**Recomendação do CDC para reduzir transmissão por contato se a reutilização de N95 ou FFR for permitida**

- Descartar FFR após o uso durante procedimentos geradores de aerossóis.
- Descartar FFR contaminado com sangue, secreções respiratórias ou nasais, ou outros fluidos corporais de pacientes.
- Descartar FFR após contato próximo com qualquer paciente co-infectado com uma doença infecciosa que exige precauções de contato.
- Considerar o uso de um faceshield limpável sobre um FFR e/ou colocar máscara no paciente para reduzir contaminação da superfície do FFR.
- Pendurar FFR usado em uma área de armazenamento designada ou mantê-lo em um recipiente limpo e arejado como um saco de papel entre um uso e outro. Para minimizar contaminação cruzada em potencial, guarde os FFRs individualmente para que não encostem um no outro e a pessoa que está usando o FFR deve ser claramente identificada. Os recipientes de armazenamento devem ser de uso único ou limpos regularmente.
- Higiene das mãos com água e sabão ou um sanitizante de mãos à base de álcool antes e após tocar ou ajustar o respirador.
- Evitar tocar na parte interna do respirador.
- Usar um par de luvas limpas (não-estéreis) quando colocar um FFR usado e realizar a verificação de vedação. Descarte as luvas após ter colocado o FFR e quaisquer ajustes são feitos para garantir que o respirador está assentado confortavelmente em seu rosto com uma boa vedação.

Tabela 12. Recomendação do CDC para Reduzir Transmissão por Contato no Caso de Reutilização Permitida de RFF N95 ou Equivalente<sup>12</sup>

O Sistema de Descontaminação de Bioquell Battelle é um sistema HPV para descontaminação de máscaras N95. O método recebeu autorização do FDA para uso emergencial em 28 de março de 2020 e pode ser usado por 20 ciclos sem degradação da qualidade do filtro ou das alças para o FFR 3M modelo 1860.<sup>25</sup> É importante observar que os métodos HPV, VHPe, e HPGP não são compatíveis com celulose, que está ausente nas máscaras N95 modelo 1860 da 3M mas que pode estar presente em outros FFR como no modelo 1870 e nas máscaras 1870 da 3M. A presença de celulose é uma consideração importante na adoção de estratégias baseadas em VHP, pois o peróxido de hidrogênio degrada os produtos à base de celulose (ex., algodão, presente em algumas alças de cabeça ou em algumas camadas do FFR). Além disso, a celulose absorve o peróxido de hidrogênio, o que pode diminuir a concentração de vapor de peróxido de hidrogênio nos dispositivos, afetando o desempenho da esterilização.

### Irradiação Germicida Ultravioleta

A Irradiation Germicida Ultravioleta (UVGI) utiliza ultravioleta de comprimento de ondas curto, principalmente ultravioleta C (UVC), para matar ou inativar microorganismos através do rompimento do seu DNA e das funções celulares vitais. A radiação UVC possui o menor comprimento de ondas (100 a 280 nm) e a maior energia se comparada à ultravioleta A e ultravioleta B. A UVGI é um método promissor, porém a eficácia de desinfecção depende dos seguintes fatores.<sup>26,27</sup>

#### *Dose (Nível de Energia e Duração da Exposição)*

A UVGI de 1 J/cm<sup>2</sup> foi considerada eficaz na inativação de vários vírus, entre eles o MERS-CoV e SARS-CoV, na superfície externa da máscara de 99,9% a 99,999% em aproximadamente 60 segundos.<sup>26</sup> Uma dose mais elevada de UVC pode aumentar a eficácia em termos de penetração mas pode degradar os materiais e afetar as condições de reutilização.

#### *Efeitos de Sombra*

A presença de sombras indica o bloqueio de luz ultravioleta, diminuindo assim a eficiência de descontaminação na área exposta. Este efeito sombra é particularmente relevante para máscaras que têm nervura ou prega horizontal na frente do rosto.<sup>26</sup> São necessárias várias lâmpadas UV para facilitar exposição suficiente de diferentes direções. Além disso, produtos cosméticos ou filtro solar deixado na N95 pelo usuário podem reduzir a eficácia de descontaminação.

#### *Composição da Máscara e da Alça*

A peça facial FFR e as alças variam em design (ex., material, espessura, formas e elasticidade), o que pode influenciar a eficácia da descontaminação. Como a luz UV age principalmente nas superfícies, a absorção do inóculo viral abaixo da superfície poderia potencialmente proteger o vírus da exposição, limitando assim a eficiência da descontaminação por UVGI. O material hidrofílico tende a absorver tanto mucina como vírus, afetando assim a eficácia da UVGI.<sup>26</sup>

Métodos	Peróxido de hidrogênio vaporizado	Irradiação Germicida ultravioleta	Calor úmido
Aprovado pelo FDA	Sim	Não	Não
Duração do tratamento	2 horas a 8 horas	~ 5 minutos	~1,5 horas
Uso em N95 contendo celulose ou FFR equivalente	Não	Sim	Não especificado
Eficácia no coronavírus	Não há dados (estudos baseados no B. anthracis, G. stearothermophilus e outros vírus)	99,9 a 99,999% de inativação	Não há dados (estudos baseados no influenza e outros vírus)
Fatores a considerar	Vários métodos _ seco úmido ou plasma ionizado	Dose, efeitos sombra e materiais	Temperatura, umidade e pressão
No. máximo de ciclos de descontaminação	2 a 20 dependendo do método	2 a 5	Não especificado

Tabela 13. Três Tipos de Métodos de Descontaminação

### Calor Úmido

Com este método, calor úmido morno (60-75°C a 80% de umidade relativa) por pelo menos 30 minutos age como um processo de descontaminação biocida. Este processo tem sido considerado preferencial em relação à esterilização por calor seco. O calor úmido é mais eficaz na eliminação de microorganismos através da desnaturação proteica e menos sujeito a prejudicar o desempenho do filtro.<sup>27</sup>

O calor úmido tem tido sua eficácia comprovada da desinfecção de FFRs contaminados com H1N1, embora não tenham sido publicados dados com relação à inativação semelhante no caso de coronavírus e esporos de outras bactérias ou fungos. Embora o CDC tenha lançado diretrizes sobre o uso de calor úmido para descontaminação de FFRs N95 ou equivalentes, este método não é validado pelo FDA e sua utilização deve ser feita mediante cautela.

A Tabela 13 resume as características importantes dos vários processos de descontaminação propostos.

## CONCLUSÃO

Em geral, as máscaras usadas em ambientes de assistência médica podem ser divididas em dois grupos: máscaras cirúrgicas e FFRs. As máscaras cirúrgicas são de encaixe frouxo e são amplamente usadas para evitar a disseminação de doenças transmissíveis por gotículas como a infecção por SARS-CoV-2. São feitas de materiais não tecidos e submetidas a ensaios baseados em normas rígidas. Por outro lado, os respiradores são de encaixe firme, têm maior eficiência de filtração e são desenhados para proteger o usuário contra gotículas e também partículas suspensas no ar. Pode ser encontrados na forma de N95, EFRs, ou PAPRs. Devido aos estoques limitados e aumento dramático na demanda, a descontaminação e reutilização de FFRs podem ser necessárias. Os métodos atuais recomendados para descontaminação incluem irradiação germicida UV, peróxido de hidrogênio vaporizado e descontaminação por calor úmido. Recomenda-se a familiarização com os vários tipos de PGAs em potencial e a escolha do nível de máscara mais adequado com base no risco de exposição.

## REFERÊNCIAS

1. Access Continuing Education, Inc. Element II: the modes and mechanisms of transmission of pathogenic organisms in the healthcare setting and strategies for prevention and control. <https://www.accesscontinuingeducation.com/ACE1000-10/c2/index.htm>. Accessed April 4, 2020.
2. Van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, et al. Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. *N Engl J Med*. 2020;382(16):1564.
3. Tang C, Chan A. Perioperative management of suspected/confirmed cases of COVID-19. *ATOTW*. 2020;421:1-13
4. Wilson NM, Norton A, Young FP, Collins DW. Airborne transmission of severe acute respiratory syndrome coronavirus-2 to healthcare workers: a narrative review. *Anaesthesia*. 2020;75(8):1086-1095.
5. Cowling BJ, Zhou Y, Ip, Leung GM, Aiello AE. Face masks to prevent transmission of influenza virus: a systematic review. *Epidemiol Infect*. 2010;138:449-456.
6. Science Direct. Melt blown process. <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/melt-blown-process>. Accessed April 5, 2020.
7. Chellamani KP, Veerasubramanian D, Vignesh Balaji RS. Surgical face masks: manufacturing methods and classification. *J Acad Indust Res*. 2013;2(6):320-324.
8. ISO 10993-5,10 Biological evaluation of medical devices. Part 10: Tests for irritation and skin sensitization. <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:10993:-5:ed-3:v1:en>. Accessed April 11, 2020.
9. Centers for Disease Control and Prevention. Standards for respirators with chemical, biological, radiological, and nuclear protection. <https://www.cdc.gov/niosh/npptl/RespStds.html>. Accessed April 7, 2020.
10. International Respirator Assessment Request. <https://www.cdc.gov/niosh/npptl/respirators/testing/NonNIOSH.html>. Accessed July 16, 2020.
11. 3M. Comparison of FFP2, KN95, and N95 and other filtering facepiece respirator classes. <https://multimedia.3m.com/mws/media/17915000/comparison-ffp2-kn95-n95-filtering-facepiece-respirator-classes-tb.pdf>. Accessed April 26, 2020.
12. Vincent M, Edwards P. Disposable surgical face masks for preventing surgical wound infection in clean surgery. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016;4(4):CD002929.
13. The use of personal protective equipment by anesthesia professionals during the COVID-19 pandemic. <https://www.apsf.org/news-updates/the-use-of-personal-protective-equipment-by-anesthesia-professionals-during-the-covid-19-pandemic/>. Accessed August 2, 2020.
14. Centers for Disease Control and Prevention. Crisis capacity strategies (during known shortage). <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/respirators-strategy/index.html>. Accessed April 6, 2020.
15. ECRI. Safety of extended use and reuse of N95 respirators. Clinical evidence assessment. [https://www.elsevier.com/data/assets/pdf\\_file/0006/997863/COVID-ECRI-N95-Respirators\\_2020-03.pdf](https://www.elsevier.com/data/assets/pdf_file/0006/997863/COVID-ECRI-N95-Respirators_2020-03.pdf). Accessed April 8, 2020.
16. National Institute for Occupational Safety and Health. Recommended guidance for extended use and limited reuse of N95 filtering facepiece respirators in healthcare settings. <https://www.cdc.gov/niosh/topics/hcwcontrols/recommendedguidanceextuse.html>. Accessed April 8, 2020.
17. US Food and Drug Administration. Coronavirus (COVID-19) update: FDA issues second emergency use authorization to decontaminate N95 respirators. 2020. <https://www.fda.gov/news-events/press-announcements/coronavirus-covid-19-update-fda-issues-second-emergency-use-authorization-decontaminate-n95>. Accessed April 8, 2020.
18. Centers for Disease Control and Prevention. Decontamination and reuse of filtering facepiece respirators. <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/ppe-strategy/decontamination-reuse-respirators.html>. Accessed April 8, 2020.
19. N95 Decon group. COVID N95 decon and reuse. <https://www.n95decon.org/publications>. Accessed April 8, 2020.
20. N95 respirators, surgical masks, and face masks. <https://www.fda.gov/medical-devices/personal-protective-equipment->

infection-control/n95-respirators-surgical-masks-and-face-masks. Accessed May 15, 2020.

21. Viscusi D, Bergman M, Eimer B, et al. Evaluation of five decontamination methods for filtering facepiece respirators. *Ann Occup Hyg*. 2009;53(8):815-827.
22. Oral E, Wannomae K, Connolly R, et al. Vapor H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sterilization as a decontamination method for the reuse of N95 respirators in the COVID-19 emergency. *medRxiv*. 2020;04.11.20062026.
23. N95 Decon. Technical report for H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-based N95 reuse risk management. N95 Decon research document. [https://static1.squarespace.com/static/5e8126f89327941b9453eeef/t/5e86d8be51cbbf1de3b3688e/1585895615567/200402\\_N95DECON\\_HP\\_V\\_technicalreport\\_v1.2\\_final.pdf](https://static1.squarespace.com/static/5e8126f89327941b9453eeef/t/5e86d8be51cbbf1de3b3688e/1585895615567/200402_N95DECON_HP_V_technicalreport_v1.2_final.pdf). Accessed April 8, 2020.
24. RIVM. Reuse of FFP2 masks. National Institute for Public Health and the Environment. <https://www.rivm.nl/en/documenten/reuse-of-ffp2-masks>. Accessed April 8, 2020.
25. Battelle. FDA letter of approval (3/28/2020) for emergency use authorization for the Battelle Decontamination System, an HPV system for decontaminating N95 respirators. <https://www.battelle.org/inb/battelle-critical-care-decontamination-system-for-covid19>. Accessed April 8, 2020.
26. Mills D, Harnish D, Lawrence C, et al. Ultraviolet germicidal irradiation of influenza-contaminated N95 filtering facepiece respirators. *Am J Infect Control*. 2018;46(7):e49-e55.
27. Lore M, Heimbuch B, Brown T, et al. Effectiveness of three decontamination treatments against influenza virus applied to filtering facepiece respirators. *Ann Occup Hyg*. 2012;56(1):92-101.



This work by WFSA is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. To view this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>