

# É possível a descontaminação de máscaras N95 em tempos de pandemia? revisão integrativa da literatura

*Is it possible to decontaminate N95 masks in pandemic times? integrative literature review*

*¿Es posible descontaminar las máscaras N95 en tiempos pandémicos? revisión integrativa de la literatura*

Adriana Cristina de Oliveira<sup>a</sup>   
Thabata Coaglio Lucas<sup>b</sup> 

## Como citar este artigo:

Oliveira AC, Lucas TC. É possível a descontaminação de máscaras N95 em tempos de pandemia? revisão integrativa da literatura. Rev Gaúcha Enferm. 2021;42(esp):e20200146. doi: <https://doi.org/10.1590/1983-1447.2021.20200146>

## RESUMO

**Objetivo:** Avaliar, na literatura, os protocolos disponíveis sobre descontaminação/reutilização das máscaras N95 em tempos de pandemia da Covid-19.

**Método:** Revisão integrativa, no período de 2010 a 2020 nas bases de dados MEDLINE/PubMed, Science Direct, Cochrane, SAGE journals, Web of Science, Scopus, Embase e Wiley, com os descritores *Masks AND Respiratory protective devices; Mask OR N95 AND Covid-19; N95 AND Respirators; Decontamination AND N95 AND Coronavirus; Facemask OR Pandemic*.

**Resultados:** Incluíram-se 12 estudos, dos quais 3 (30,0%) utilizaram irradiação germicida ultravioleta e indicaram deterioração da máscara entre 2 a 10 ciclos, 4 (40,0%) utilizaram o vapor de peróxido de hidrogênio e a perda da vedação variou de 5 a 20 ciclos, 4 (33,3%) avaliaram a integridade estrutural por meio de inspeção visual e 6 (54,4%), a eficiência da filtração da máscara N95.

**Conclusão:** Estratégias de reutilização para suprir a escassez de dispositivos diante da pandemia desafiam o conceito vigente para as boas práticas do processamento de produtos para saúde.

**Palavras-chave:** Máscaras. Dispositivos de proteção respiratória. Descontaminação. Coronavírus. Infecções por coronavírus. Pandemias.

## ABSTRACT

**Objective:** To evaluate the protocols on decontamination/reuse of N95 masks available in the literature in times of the Covid-19 pandemic.

**Method:** Integrative literature review, in the period from 2010 to 2020, on the databases MEDLINE/PubMed, Science Direct, Cochrane, SAGE journals, Web of Science, Scopus, Embase and Wiley, with the descriptors *Masks AND Respiratory protective devices; Mask OR N95 AND Covid-19; N95 AND Respirators; Decontamination AND N95 AND Coronavirus; Facemask OR Pandemic*.

**Results:** Twelve studies were included, of which 3 (30.0%) used ultraviolet germicidal irradiation and indicated mask deterioration between 2 and 10 cycles, 4 (40.0%) used hydrogen peroxide vapor, and seal loss varied from 5 to 20 cycles, 4 (33.3%) evaluated the structural integrity of the N95 mask through visual inspection and 6 (54.4%), its filtration efficiency.

**Conclusion:** Reuse strategies to overcome a shortage of devices in the face of the pandemic challenge the current concept for good practices in health-product processing.

**Keywords:** Masks. Respiratory protective devices. Decontamination. Coronavirus. Coronavirus infections. Pandemics.

## RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar, en la literatura, los protocolos disponibles sobre descontaminación / reutilización de máscaras N95 en tiempos de pandemia de Covid-19.

**Método:** Revisión integrativa, en el período 2010 a 2020 en las bases de datos MEDLINE / PubMed, Science Direct, Cochrane, SAGE, Web of Science, Scopus, Embase y Wiley, con los descriptores *Masks AND Respiratory protective devices; Mask OR N95 AND Covid-19; N95 AND Respirators; Decontamination AND N95 AND Coronavirus; Facemask OR Pandemic*.

**Resultados:** Se incluyeron doce artículos, de los cuales 3 (30,0%) usó irradiación germicida ultravioleta e indicó deterioro de la máscara entre 2 y 10 ciclos, 4 (40,0%) utilizó vapor de peróxido de hidrógeno y la pérdida del sello varió de 5 a 20 ciclos, 4 (33,3%) evaluó la integridad estructural a través de la inspección visual y 6 (54,4%), la eficiencia de filtración de la máscara N95.

**Conclusión:** Las estrategias de reutilización para abordar la escasez de dispositivos frente a la pandemia desafían el concepto actual de buenas prácticas en el procesamiento de productos de salud.

**Palabras clave:** Máscaras. Dispositivos de protección respiratoria. Descontaminación. Coronavirus. Infecciones por coronavirus. Pandemias.

<sup>a</sup> Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Departamento de Enfermagem, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

<sup>b</sup> Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Departamento de Enfermagem, Diamantina, Minas Gerais, Brasil.

## INTRODUÇÃO

As máscaras faciais filtrantes do tipo respirador, certificadas pelo *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH), constituem um dos principais equipamentos de proteção individual (EPI) recomendados para uso pelos profissionais de saúde diante do risco da exposição a partículas de até 0,3 microns de diâmetro transportadas pelo ar e a aerossóis infecciosos, assim como pela sua resistência contra fluidos<sup>(1-2)</sup>. Embora existam vários tipos de máscaras faciais do tipo respirador disponíveis, as N95 ou PFF2 (peça facial filtrante), como denominadas no Brasil<sup>(3)</sup>, recebem um certificado de aprovação (CA) emitido pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), após a realização de testes de resistência e desempenho que seguem a Norma de Equipamento de Proteção Respiratória da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)<sup>(3)</sup>.

Recomendações do NIOSH e da Organização Mundial de Saúde (OMS) apontam para o descarte das máscaras N95 imediatamente após o uso<sup>(1-2)</sup>. No entanto, circunstâncias resultantes de uma doença infecciosa emergente, como a pandemia do novo coronavírus, que requer um uso exponencial pela alta demanda de atendimento a pacientes infectados, tendem a levar à escassez desses respiradores em virtude da oferta disponível. Essa situação tem sido reportada por diversos países, caracterizando um desabastecimento desse dispositivo nos serviços de saúde<sup>(1-2)</sup>. Tal fato foi demonstrado durante a pandemia do H1N1, no ano de 2009, em um estudo do *Institute of Medicine*, que sugeriu como necessária a aquisição de 90 milhões de máscaras N95 para 42 dias de atendimento aos pacientes. No entanto, a taxa real de uso foi 51% superior à linha de base histórica, resultando, na época, em uma falta de tais equipamentos<sup>(4)</sup>.

No contexto da pandemia da Covid-19, em caráter emergencial e diante do risco de desabastecimento, foi proposta, pelo *Food Drug and Administration* (FDA)<sup>(5)</sup> e *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC)<sup>(6)</sup> e aceita pelo NIOSH<sup>(2)</sup>, a sugestão de reutilização das máscaras N95 apenas durante a crise.

Apesar de sua função de filtragem de partículas transportadas pelo ar (mofo, *Bacillus anthracis*, *Mycobacterium tuberculosis*, vírus da influenza, vírus lipídicos e não lipídicos, vírus da síndrome respiratória aguda grave do coronavírus 2 (SARS-Cov-2), *Bacillus subtilis*, e bactérias aerolizadas), esses respiradores não eliminam o risco de contrair a infecção ou doença em virtude da possibilidade de autoinoculação das partículas que podem permanecer nas camadas externas do equipamento ou de sua contaminação interna, favorecidas pelo uso repetido e/ou retirada inadequada das máscaras N95<sup>(4)</sup>.

A reutilização das máscaras N95, no entanto, é controverso e complexo quanto à segurança do seu processamento para novo uso entre profissionais de saúde. Contudo, com essa sinalização da possibilidade, em caráter emergencial, de liberação da descontaminação desses respiradores, algumas empresas de equipamentos médicos estão se propondo a descontaminar as máscaras a partir de protocolos próprios. É preciso, no entanto, que seja estabelecido se esse processo de descontaminação será capaz de garantir a manutenção das características de vedação, integridade e filtração das máscaras N95, satisfazendo os requisitos de resistência à respiração e à penetração do ar através do filtro para um novo uso<sup>(3,7)</sup>. E, ainda que tudo isso seja alcançado, como determinar o número de reusos seguros para se evitar a contaminação dos profissionais de saúde?

Essa preocupação se justifica pelo número cada vez maior de profissionais de saúde contaminados pelo novo coronavírus e registros de óbitos em decorrência dessa contaminação<sup>(8-10)</sup>. E, para o processo de descontaminação das máscaras N95, questionamentos sobre a segurança do reuso, respeitadas as distintas realidades no Brasil, só reforçam a contradição de uma recomendação que não prevê a limpeza de tais máscaras anteriormente à sua descontaminação e que coloca em questão todo o conhecimento científico vigente, pela premissa de que não se pode desinfetar ou esterilizar se não houver limpeza prévia.

Diante dessa realidade, questionamentos, contradições e incertezas têm sido associados à recomendação da reutilização da máscara N95 no período da pandemia da Covid-19 em relação à segurança do seu reuso pelo profissional de saúde. Assim sendo, este estudo busca responder à seguinte questão de pesquisa: *é possível a descontaminação/reuso das máscaras N95, garantindo a manutenção de sua segurança, integridade, eficiência de filtração e vedação para os profissionais de saúde?* Para responder a tal questão objetivou-se avaliar, na literatura, os protocolos disponíveis sobre descontaminação/reutilização das máscaras N95 em tempos de pandemia da Covid-19.

## MÉTODO

Estudo de revisão integrativa com levantamento bibliográfico, realizado entre março e abril de 2020, utilizando-se a estratégia PICO, que representa um acrônimo para Paciente, Intervenção, Comparação ou controle e "Outcomes" (desfecho)<sup>(11)</sup>. Na presente revisão, estabeleceu-se "P" para profissionais de saúde; "I" para descontaminação/reuso das máscaras N95; "C" não se aplicou ao estudo e "O" para manutenção da segurança, integridade, eficiência de filtração e

vedação das máscaras N95. Estruturou-se, assim, a seguinte questão norteadora: é possível a descontaminação/reuso das máscaras N95 *garantindo a manutenção de sua segurança, integridade, eficiência de filtração e vedação para os profissionais de saúde?* As seguintes bases de dados foram consultadas: MEDLINE/PubMed (interface OVID, Epub Ahead of print), Science Direct, Cochrane, SAGE journals, Web of Science, Scopus, Embase e Wiley. Incluíram-se ainda servidores preprint, como o medRxiv e SciELO preprint, devido à limitação de estudos que respondessem à questão de pesquisa. Utilizaram-se os seguintes descritores, provenientes do *Medical Subject Headings* (MeSH), para a estratégia de busca: *Masks AND Respiratory protective devices; Mask OR N95 AND Covid-19; N95 AND Respirators; Decontamination AND N95 AND Coronavirus; Facemask OR Pandemic*. Apesar das buscas pelos descritores equivalentes em português nos Descritores de Ciências da Saúde (DeCS), como: "Máscaras"; "Dispositivos de proteção respiratória"; "Descontaminação"; "Coronavírus"; "Infecções por coronavírus" e "Pandemias", não foram encontrados estudos sobre o assunto, sendo incluídos nesta revisão somente artigos internacionais no idioma inglês.

O período de busca nas bases de dados abrangeu publicações referentes aos anos de 2010 a 2020, em virtude de uma exploração prévia sobre o tema e constatação de que ele foi pouco investigado antes da pandemia da Covid-19. Identificaram-se estudos experimentais publicados a partir de 2010, uma vez que, com a pandemia do H1N1, em 2009, questionamentos semelhantes quanto à escassez das máscaras N95 foram levantados, cujos resultados têm subsidiado a sugestão de seu reuso pelos órgãos americanos neste momento.

Os critérios de inclusão foram artigos originais completos no idioma inglês que abordavam a descontaminação e reutilização das máscaras N95 e sua validação a partir de testes realizados para integridade, funcionalidade, filtração e vedação. A *integridade* diz respeito às características estruturais e morfológica das máscaras, como furos, fissuras, quebras, derretimento do material, aumento da rugosidade, dureza e porosidade. A *funcionalidade* remete às funções do dispositivo que são avaliadas por meio de testes de filtração, resistência à respiração, penetração de partículas e ajuste ou vedação. A *filtração*, à capacidade do filtro da máscara de reter partículas biológicas de qualquer natureza com eficiência absoluta do filtro de 99,9992% para partículas de 0,3 microns<sup>(2-3)</sup>. A *vedação*, à capacidade de ajuste da máscara à face do profissional, sem que ele inale ou exale partículas e aerossóis medidos por meio de um fator quantitativo de ajuste. Foram incluídos ainda relatórios técnicos do FDA e da Universidade de *Stanford*, Califórnia, Estados Unidos. Justificam-se relatórios provenientes da Universidade de *Stanford*,

devido às recentes pesquisas realizadas nos laboratórios da área da saúde, associadas à validação da máscara N95<sup>(12)</sup>. Excluíram-se artigos de revisão sistemática, meta-análises e cartas ao editor, devido à necessidade da inclusão de artigos com enfoque metodológico dos testes experimentais de validação das máscaras N95 haja vista a escassez de evidências científicas que comprovem a reutilização desses dispositivos.

Assim, a revisão integrativa foi construída a partir da definição da questão de pesquisa, estabelecimento de critérios de inclusão e exclusão com a busca na literatura, definição das informações extraídas dos estudos, avaliação dos estudos incluídos, interpretação dos resultados e síntese dos dados<sup>(13)</sup>.

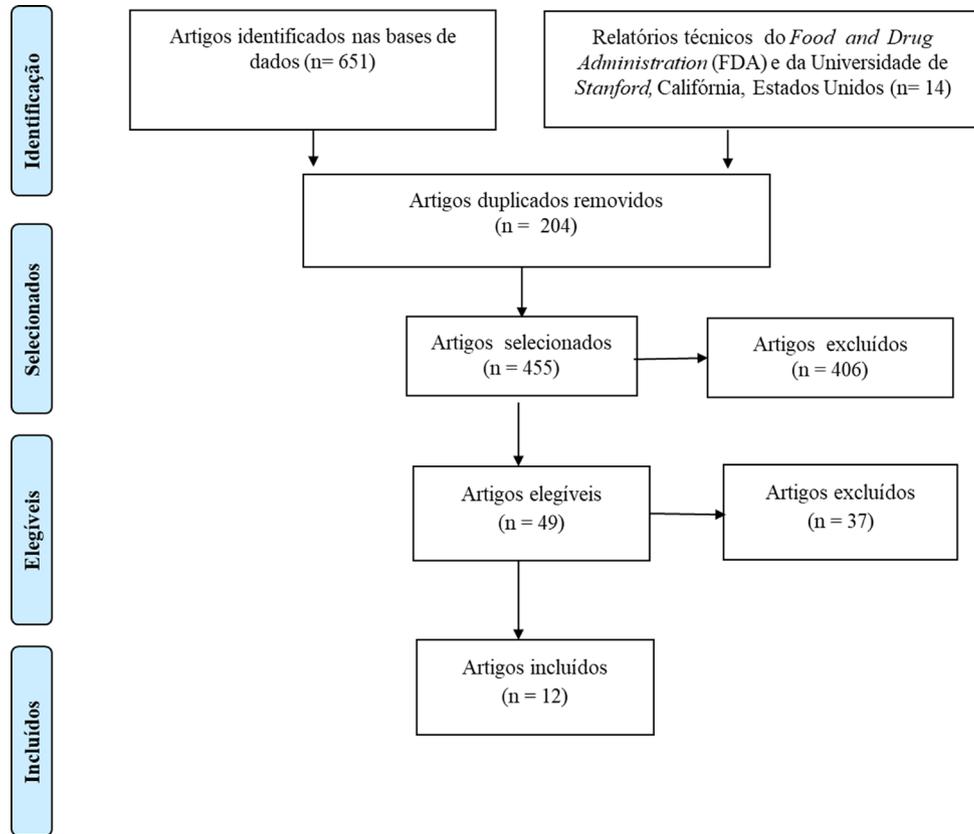
O fluxograma a seguir apresenta os artigos selecionados e a sequência adotada até a inclusão daqueles considerados pertinentes para análise, conforme os critérios propostos para o estudo (Figura 1).

Inicialmente, a seleção dos artigos foi realizada em pares pelos pesquisadores, com uma avaliação crítica dos artigos, analisando-se, de forma detalhada, os testes de validação e critérios para recomendação da descontaminação e da reutilização das máscaras N95. Os estudos foram selecionados a partir de resumos e posteriormente lidos na íntegra. A cada leitura, compararam-se, entre os estudos, os testes experimentais para funcionalidade e integridade da máscara N95 e número de ciclos de descontaminação associados.

Após a primeira seleção para atendimento aos critérios de inclusão, a análise dos artigos selecionados na íntegra se deu a partir de um instrumento de coleta e síntese dos dados, visando extrair, organizar e sumarizar as informações para a apresentação dos resultados a partir dos seguintes aspectos: ano de publicação, autores, intervenção (amostra, método de descontaminação, validação do processo), principais resultados e recomendações/conclusões.

## ■ RESULTADOS

No levantamento conduzido, 23 artigos foram elegíveis na primeira etapa, sendo treze destes excluídos por não atenderem aos critérios de inclusão. Ao final da análise foram incluídos 12 artigos originais que realizaram estudos experimentais ilustrados nos Quadros 1 e 2. Em relação à base de dados, encontraram-se quatro artigos provenientes da MEDLINE/PubMed (anos: 2015; 2017; 2018; 2020), um da SAGE journals (ano: 2010), três da medRxiv (todos do ano de 2020), um da *Web of Science* (ano: 2020), um da *Embase* (ano: 2020), um relatório técnico de um estudo experimental do FDA (ano: 2016) e um relatório técnico do Laboratório de Anestesia e Informática da Universidade de *Stanford* (ano: 2020).



**Figura 1** – Fluxograma dos artigos selecionados no estudo

Fonte: Adaptado do Prisma<sup>(16)</sup>.

| Autor/ano                               | Desenho do estudo  | Métodos de descontaminação   | Resultados  |
|---|--|--|---|
| Lindsley et al. <sup>(15)</sup><br>2015 | Estudo experimental:<br>-Teste de penetração de partículas;<br>-Teste de resistência ao fluxo;<br>-Teste de tração das camadas de tecido do respirador;<br>-Teste de tração das tiras elásticas. | Irradiação germicida por ultravioleta;<br>Número de ciclos testados: cinco ciclos. | -Em doses de 120-470 joules por centímetro quadrado, ocorreu degradação de 90% do material após o segundo ciclo;<br>-Força de ruptura diminuiu e variou entre os modelos: até 90%;<br>-Resistência ao fluxo aumentou;<br>-Pequeno aumento (até 1,25%) na penetração das partículas. |
| Battelle <sup>(16)</sup><br>2016        | Estudo experimental:<br>-Testes de desempenho de filtração de aerossóis;<br>-Teste da resistência à inalação;<br>-Teste de vedação da máscara N95.<br>-Teste de integridade visual e tátil.      | Vapor de peróxido de hidrogênio;<br>Número de ciclos testados: cinquenta ciclos.   | -Inspeção visual: Fragmentação das tiras elásticas após trinta ciclos;<br>-Teste de vedação - suportou vinte ciclos;<br>-Eficiência da filtração de aerossóis e resistência à inalação suportaram cinquenta ciclos.   |

**Quadro 1** – Estudos analisados sobre a descontaminação das máscaras N95 no período de 2010-2020

| Autor/<br>ano                            | Desenho do estudo  | Métodos de<br>descontaminação  | Resultados  |
|--|--|--|---|
| Lin<br>et al. <sup>(17)</sup><br>2017    | Estudo experimental:<br>-Teste de penetração<br>de partículas;<br>-Teste de filtração.   | Calor seco, autoclave<br>por calor úmido,<br>descontaminação de<br>baixa temperatura<br>utilizando etanol,<br>isopropanol e alvejante;<br>Número de ciclos<br>testados: seis ciclos. | -A penetração de partículas<br>maiores que 27,9 nanômetros aumentou<br>em 5% e, para as partículas de 14,1 até 594<br>nanômetros, aumentou em 8,6%, após<br>seis ciclos;<br>-Métodos químicos líquidos destruíram o<br>filtro da máscara<br>N95 após seis ciclos;<br>-A partir de 100°C, no calor seco, observou-se<br>derretimento do filtro da máscara N95. |
| Mills<br>et al. <sup>(18)</sup><br>2018  | Estudo experimental:<br>-Teste avaliou a<br>diminuição da<br>concentração logarítmica<br>do vírus (10 <sup>5</sup> vírus por<br>filtração da máscara facial).  | Irradiação germicida por<br>ultravioleta;<br>Número de ciclos<br>testados: um ciclo.   | -Diminuição da carga viral em 12 modelos<br>de máscaras após dose de um joule por<br>centímetro quadrado;<br>-Em três modelos não houve diminuição<br>significativa da carga viral testada.   |
| Kenney<br>et al. <sup>(19)</sup><br>2020 | Estudo Experimental:<br>-Contaminação das máscaras<br>N95 por vírus aerolisado;<br>-Teste de integridade<br>visual e tátil.  | Vapor de peróxido de<br>hidrogênio;<br>Número de ciclos<br>testados: cinco ciclos.   | -Não apresentaram deformidades visíveis por<br>inspeção visual;<br>-Redução da carga de vírus infeccioso para<br>abaixo do limite<br>de detecção (reduziu cerca de 10% da dose<br>infecciosa aplicada em cultura de tecido).  |
| Price<br>e Chu <sup>(12)</sup><br>2020   | Estudo experimental:<br>Contaminação das<br>máscaras N95 com<br><i>Escherichia coli</i> .  | Calor seco;<br>Número de ciclos<br>testados: vinte ciclos.   | -Manutenção do desempenho da filtração<br>em até vinte ciclos;<br>-O método foi eficiente na diminuição de<br>99% da <i>Escherichia Coli</i> .  |
| Oral<br>et al. <sup>(20)</sup><br>2020   | Estudo experimental:<br>-Teste de filtração;<br>-Teste de vedação;<br>-Contaminação das máscaras<br>N95 por SARS-Cov-2<br>( <i>National Emerging<br/>Infectious Diseases<br/>Laboratories/Nível 4</i> ). | Vapor de peróxido<br>de hidrogênio;<br>Número de ciclos<br>testados: um ciclo.   | -Não comprometimento da<br>filtração e da vedação;<br>-Redução da carga de vírus infeccioso para<br>abaixo do limite<br>de detecção.  |

Quadro 1 – Cont.

| Autor/<br>ano                            | Desenho do estudo  | Métodos de<br>descontaminação  | Resultados  |
|--|--|--|---|
| Liao<br>et al. <sup>(21)</sup><br>2020   | Estudo experimental:<br>-Teste de filtração.   | Irradiação germicida<br>por ultravioleta;<br>Número de ciclos<br>testados: dez ciclos;<br>Etanol e solução a base<br>de cloro 2%;<br>Número de ciclos<br>testados: um ciclo;<br>Calor seco;<br>Número de ciclos<br>testados: vinte ciclos. | -Irradiação ultravioleta por germicida: a<br>eficiência da filtração não foi comprometida.<br>Sinais de deterioração a partir de dez ciclos.<br>- Etanol e solução à base de cloro 2%:<br>degradação e comprometimento da filtração;<br>-Calor seco: eficiência maior que 95%<br>na filtração.  |
| Kumar<br>et al. <sup>(22)</sup><br>2020  | Estudo experimental:<br>-Contaminação externa<br>da máscara com o vírus da<br>estomatite vesicular ou<br>com o Sars-CoV-2 ( <i>National<br/>Microbiology Laboratory,<br/>Public Health Agency of<br/>Canada, Winnipeg, Canada</i> );<br>-Teste de vedação. | Vapor de peróxido<br>de hidrogênio;<br>Número de ciclos<br>testados: dez ciclos;<br>Autoclave a vapor;<br>Número de ciclos<br>testados: dez ciclos;<br>Óxido de etileno;<br>Número de ciclos<br>testados: três ciclos.                     | -Vapor de peróxido de hidrogênio: perda da<br>funcionalidade da<br>máscara N95 em cinco ciclos. Não houve<br>recuperação da carga viral após dez ciclos;<br>- Autoclave a vapor: perda do ajuste da<br>máscara N95 no primeiro ciclo;<br>-Óxido de etileno: manutenção do ajuste<br>da máscara N95 nos três ciclos. Não houve<br>recuperação da carga viral após dez ciclos.  |
| Pascoe<br>et al. <sup>(23)</sup><br>2020 | Estudo experimental:<br>-Contaminação das<br>máscaras N95 com<br><i>Staphylococcus aureus</i> ;<br>-Teste de filtração;<br>-Teste de integridade<br>visual.  | Calor seco e vapor<br>gerado por forno<br>de micro-ondas;<br>Número de ciclos<br>testados: três ciclos.  | -Calor seco e vapor gerado por forno de<br>micro-ondas: os métodos foram eficientes na<br>diminuição de 99% do <i>Staphylococcus aureus</i> ;<br>-Calor seco e vapor gerado por forno de<br>micro-ondas: perda de 50% na eficiência<br>da filtração;<br>-Vapor gerado por forno de micro-ondas:<br>perda da integridade da máscara N95 após<br>um ciclo (deterioração do clipe de metal e<br>presença de furos);<br>As tiras elásticas não foram comprometidas. |
| Xiang<br>et al. <sup>(24)</sup><br>2020  | Estudo experimental:<br>-Contaminação das máscaras<br>N95 com seis cepas de<br>bactérias patogênicas,<br>uma de fungo e uma do<br>vírus H1N1;<br>-Teste de filtração;<br>-Teste de vedação.  | Calor seco;<br>Número de ciclos<br>testados: um ciclo.   | -Eliminação das cepas e inativação do<br>vírus H1N1;<br>-Eficiência maior que 95% na filtração;<br>-Manutenção do ajuste da máscara N95.  |

**Quadro 1** – Cont.

Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

De acordo com o Quadro 1 verificou-se que, em relação à validação da descontaminação para o reuso, 8 (72,7%)<sup>(12,15-17,20-24)</sup> dos estudos se fundamentaram nos testes de funcionalidade da máscara N95. Os testes de funcionalidade incluíram testes de vedação, filtração, penetração de partículas e resistência ao fluxo e à inalação. Nenhum desses estudos, no entanto, avaliou a microestrutura das máscaras N95. Três (27,3%)<sup>(16,19,23)</sup> avaliaram a integridade estrutural por meio de inspeção visual e tátil, 1 (11,1%)<sup>(15)</sup>, a integridade/degradação do material por meio do teste de tração, 6 (54,4%)<sup>(12,16-17,21,23-24)</sup>, a eficiência e desempenho da filtração da máscara N95 e 4 (36,4%)<sup>(16,20,22,24)</sup>, o ajuste e a vedação da máscara N95. As principais alterações resultantes de oito métodos de descontaminação das máscaras N95,

analisados por Bergman et al.,2010<sup>(25)</sup>, estão apresentadas no Quadro 2, com destaque para aspectos relevantes a serem considerados na avaliação de tais equipamentos quanto ao seu reuso. Esse estudo<sup>(25)</sup>, publicado em 2010, foi o primeiro a realizar diferentes testes de validação com as máscaras N95 após três ciclos de descontaminação e o único que comparou as condições experimentais e especificou parâmetros de cada autoclave utilizada para cada tipo de intervenção. O estudo associou os parâmetros de cada método de descontaminação com as alterações específicas de funcionalidade e integridade<sup>(25)</sup>. O desenho do estudo foi baseado no teste de filtração das máscaras N95 e no de penetração de partículas<sup>(26)</sup>. A integridade foi avaliada por meio de inspeção visual<sup>(25)</sup>.

| Método de descontaminação  | Resultados após três ciclos testados  |
|--|---|
| Plasma de gás de peróxido de hidrogênio (STERRAD®100S);<br>Especificações: 59% de peróxido de hidrogênio, ciclo curto por 55 minutos, temperatura entre 45°C e 55 °C.  | -Aumento do nível de penetração de partículas em mais de 5%;<br>-Pouco ou nenhum efeito na eficiência da filtração;<br>-Não foram observadas mudanças na integridade física da máscara N95.     |
| Vapor de peróxido de hidrogênio (RBDS™, BIOQUELL UK Ltd, Andover, UK);<br>Especificações: 30% de peróxido de hidrogênio, 15 minutos de permanência e 125 minutos para o ciclo total. Aeração de 24 horas.  | -Pouco ou nenhum efeito na eficiência da filtração;<br>-Não foram observadas mudanças na integridade física da máscara N95.   |
| Irradiação germicida por ultravioleta (UV Bench Lamp (UV-C, 254 nanômetro,40 W), Modelo XX-40S (UVP, LLC, Upland, CA);<br>Especificações: 45 minutos de exposição a uma intensidade de 1,8 microwatt por centímetro quadrado;<br>Apenas o lado externo da máscara foi exposto. | -Pouco ou nenhum efeito na eficiência da filtração;<br>-Aumento do nível de penetração de partículas menores que 2,12%;<br>-Não foram observadas mudanças na integridade física da máscara N95. |
| Óxido de etileno;<br>Amsco® Eagle® 3017, 100% de óxido de etileno, Sterilizer/Aerator (STERIS Corporation, Mentor, OH);<br>Especificações: uma hora de exposição (736 miligramas por litro), seguida de 12 horas de aeração.   | -Aumento do nível de penetração de partículas menores que 2,12%;<br>-Não foram observadas mudanças na integridade física da máscara N95;<br>-Pouco ou nenhum efeito na eficiência da filtração. |

**Quadro 2** – Principais alterações resultantes dos vários métodos de descontaminação das máscaras N95. Resultados adaptados do estudo de Bergman et al.<sup>(25)</sup>

| Método de descontaminação   | Resultados após três ciclos testados  |
|---|---|
| Peróxido de hidrogênio líquido;<br>Especificações: 30% de peróxido de hidrogênio,<br>30 minutos de submersão em 6% de solução de peróxido de hidrogênio.  | -Oxidação dos grampos em graus variáveis.   |
| Aquecimento úmido;<br>(Umidade relativa de 80% em um modelo Caron 6010*<br><i>laboratory incubator</i> (Marietta, OH));<br>Especificações: 30 minutos de incubação a 60 °C.   | -Separação da espuma das máscaras N95;<br>-Derretimento das tiras elásticas.  |
| Alvejante;<br>Especificações: 30 minutos de submersão em 0,6% de solução de hipoclorito de sódio.   | -Espuma nasal levemente manchada;<br>-Grampos com oxidações em vários níveis;<br>-Almofada nasal interna descolorida ou dissolvida. |
| Vapor gerado por micro-ondas;<br>(2.450-Megahertz, modelo R-305KS ( <i>Sharp Electronics Corporation</i> , Mahwah, NJ);<br>Especificações: tempo de exposição de dois minutos, a 10 Watts, sendo que 1100 Watts é a potência máxima do equipamento. | -Separação da espuma nasal;<br>-Derretimento das tiras elásticas.   |

**Quadro 2** – Cont.

Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

## ■ DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo mostraram que os métodos de descontaminação e parâmetros utilizados contribuíram para a indicação de diferentes números de ciclos de descontaminação<sup>(15-24)</sup>. No entanto, não se determinou um número máximo de reutilizações seguras, mas somente foi indicado um número de ciclos em que se verificaram perdas funcionais da máscara N95 e degradação visíveis a olho nu no decorrer dos diferentes ciclos<sup>(15-22)</sup>.

É preciso repensar a alta transmissibilidade viral no contexto da Covid-19, considerando quão inseguro pode ser essa padronização. E, como destacado no parecer do *National Nurses United*<sup>(6)</sup>, para as novas diretrizes federais americanas, que incentivam hospitais e outros sistemas de saúde a permitirem a reutilização múltipla e/ou a descontaminação das máscaras N95, não há evidências científicas validadas de que o processo de reutilização protegerá um profissional de saúde de ser infectado, além de que violam as regras de proteção respiratória<sup>(6)</sup>.

A descontaminação pode impactar a funcionalidade e a integridade dos materiais das máscaras N95 de forma a

reduzir sua capacidade de proteção ao profissional de saúde devido à perda de sua função de ajuste, ou pelo aumento da penetração de partículas, interferindo, assim, em sua principal função de eficiência, o que diminui a proteção ao profissional.

A máscara N95, quando submetida a processos físicos e químicos, pode degradar e oxidar, apresentando sinais visíveis de quebra, deformações e fissuras, que só poderão ser avaliados de forma microscópica. Assim, apenas a inspeção visual desses equipamentos não permite a segurança de sua reutilização, sobretudo, quanto à manutenção da integridade estrutural, capacidade de filtração e manutenção efetiva da vedação da máscara N95.

Na presente revisão, nenhum dos estudos experimentais fez teste de integridade microestrutural dos dispositivos, o que incluiria a análise detalhada das camadas de tecidos e materiais que constituem as máscaras N95. Essa análise pode ser realizada por meio de equipamentos que permitem uma visualização microscópica de possíveis deteriorações morfológicas não visíveis a olho nu, como, por exemplo, a Microscopia Eletrônica de Varredura, que permite avaliar o grau de corrosão, porosidade e desgaste do material<sup>(2,3,7)</sup>.

Quatro (33,3%) estudos fizeram somente inspeções visuais para avaliar a integridade das máscaras N95<sup>(16,19,23,25)</sup>, o que pode ter comprometido a avaliação de possíveis microfuros e microfissuras no tecido, contribuindo para a aderência de biofilmes e consequente autocontaminação dos profissionais no reuso dos dispositivos.

Estudos que avaliaram a integridade de forma visual e tátil podem determinar um número de ciclos, porém, não podem garantir a segurança do reuso ou, sobretudo, determinar um número de reutilizações máximas para as máscaras N95<sup>(16,19,23,25)</sup>.

A reutilização das máscaras N95 vai muito além de sua compatibilidade com métodos de descontaminação testados. Processos de degradação física, química e oxidativa podem se manifestar de forma lenta, ao passo que, durante a inspeção visual e tátil, alterações como deformações de peças do dispositivo, quebras e presença de furos já indicam o processo final da deterioração do material<sup>(10-13,23)</sup>.

Alguns dos métodos de descontaminação testados, como o vapor gerado por micro-ondas, aquecimento úmido e alvejante, de forma imediata, causaram alterações e danos, tais como derretimento do respirador, degradação e significativa perda dos componentes e camadas da máscara N95, o que impossibilitou a indicação de diferentes números de reutilizações<sup>(15-23,25)</sup>. Processos como o óxido de etileno, a partir de três ciclos, também evidenciaram visivelmente a degradação desses equipamentos, como a perda da sua propriedade de vedação<sup>(22)</sup>.

O método por calor seco, no entanto, foi considerado seguro após um ciclo de descontaminação da máscara N95 por manter as suas características de filtração das cepas de bactérias e vírus testados, funcionalidade e integridade<sup>(24)</sup>. Ademais, alguns autores verificaram que a descontaminação por calor seco não prejudicou a funcionalidade das máscaras N95 testadas em até 20 ciclos<sup>(12,21)</sup>.

Por outro lado, diferentes tipos de fabricantes e testes experimentais podem impossibilitar a indicação adequada de números possíveis de reutilizações. A eficiência da filtração, por exemplo, após o uso do calor seco, pode diminuir em até 50% de sua capacidade dependendo do fabricante do dispositivo<sup>(23)</sup>. E, mesmo que seja comprovada a manutenção da integridade macroscópica da máscara N95, não se sabe se há uma deterioração microscópica que poderá influenciar na funcionalidade do dispositivo<sup>(23)</sup>.

A importância da análise de integridade e da funcionalidade da filtração são inquestionáveis, como o estudo de Hwang et al., 2020<sup>(26)</sup>, que simulou a utilização da máscara N95 em procedimentos que geravam aerossóis ou que exigiam grande movimentação corporal pelos profissionais, como a compressão torácica<sup>(26)</sup>. O estudo evidenciou que, após

testes de validação, o fator de ajuste da máscara N95 e os resultados do teste de permeabilidade e de desempenho da filtração diminuíram após cada procedimento<sup>(26-27)</sup>.

Ou seja, é preciso considerar que as máscaras N95 são usadas em situações distintas que têm peculiaridades, como o tempo de uso, a forma, a movimentação do profissional e a adequação de sua manipulação durante a prática diária na instituição. Por isso, justificou-se a discussão desses estudos na presente revisão<sup>(26-27)</sup>, pois foi claramente constatado que é preciso considerar que há um desgaste natural desse equipamento que deve ser analisado, muitas vezes não dependendo apenas de um processo físico ou químico que deteriore as suas propriedades de funcionalidade e integridade<sup>(26-28)</sup>.

Outro estudo utilizou-se de um simulador de tosse programado para tossir partículas de aerossóis contendo o vírus da influenza H1N1 e um simulador de respiração utilizado para coletar vírus nas máscaras N95<sup>(29)</sup>. Verificou-se que 68% das cepas dos vírus permaneciam ativas e infecciosas após 24 horas, o que impediu a reutilização desses dispositivos<sup>(29)</sup>. O estudo, apesar de também não ter sido incluído nesta revisão, pois não se tratava da validação de métodos de descontaminação, trouxe uma discussão importante a ser considerada quanto ao risco da reutilização das máscaras N95 em procedimentos que geravam aerossóis.

O FDA, no entanto, para atender à emergência em saúde, propõe, no dia 25 de março de 2020, a diretriz que indica a reutilização das máscaras N95, desde que sejam realizados testes de integridade mecânica, validação da redução da carga viral, especialmente do coronavírus, de micobactérias e de esporos, bem como do desempenho da filtração do respirador<sup>(5)</sup>. O órgão sugere, ainda, que a descontaminação pelo vapor de peróxido de hidrogênio apresenta baixa toxicidade e facilidade na redução catalítica do oxigênio e da água e por isso, se fossem determinados parâmetros adequados de concentração, tempo e umidade para a reutilização da máscara, poderia ser viável, desde que validada<sup>(5)</sup>.

Diante dessa realidade e das incertezas geradas nas instituições de saúde sobre o processo de reutilização da máscara N95 no período da pandemia da Covid-19, o FDA, por meio de um estudo realizado pelo *Battelle Memorial Institute*, indicou o vapor de peróxido de hidrogênio como um método viável de descontaminação das máscaras N95<sup>(16)</sup>. As limitações do estudo de *Battelle*, no entanto, são que o mesmo testou apenas o modelo de um fabricante e, apesar de ter testado parâmetros dos ciclos de descontaminação, não utilizou testes laboratoriais específicos para a verificação da eficiência do desempenho da filtração de diferentes tipos de microrganismos, inclusive para o coronavírus, ou da integridade do filtro<sup>(3,7)</sup>. Ainda que o Quadro 1 apresente alguns estudos<sup>(16,19,20,22)</sup> que utilizaram o vapor de peróxido de

hidrogênio como um método provável para descontaminação de um certo número de ciclos, muitas limitações desses estudos podem ser verificadas, como por exemplo, ausência de testes de integridade microestrutural, divergência nos parâmetros indicados de descontaminação na autoclave, métodos laboratoriais de análises e distintos fabricantes das máscaras N95 testadas, para servirem como uma recomendação *gold standard* para reuso.

Há ainda que se considerar que tanto o CDC, o FDA e, no Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária recomendam que, caso a máscara N95 estiver contaminada com sangue ou secreções respiratórias ou após o uso em procedimentos que gerem aerossóis, não podem ser reutilizadas, devendo ser descartadas<sup>(5-6,30)</sup>.

O fato de não haver sujidade visível ou umidade devido a aerossóis não significa que, antes de descontaminar a máscara, ela não tenha que passar por um processo de limpeza, seguido de desinfecção e, depois, da esterilização em etapas essenciais para o reprocessamento. O termo descontaminação adotado nesta revisão deve-se ao processo denominado pelo CDC como uma estratégia para possibilitar a reutilização das máscaras N95 com a intenção de utilizar métodos de desinfecção ou esterilização que permitam a reutilização do dispositivo<sup>(6)</sup>.

Neste estudo, nenhum dos métodos utilizou-se da limpeza prévia aos processos de descontaminação testados. Pressupõe-se, assim, que, embora alguns métodos tenham sido testados e considerados como viáveis ao reuso das máscaras N95, duas limitações relevantes dos estudos analisados precisam ser consideradas: a não realização dos testes de validação para a manutenção de propriedades de segurança do reuso, como testes de filtração, integridade e vedação em conjunto, como parâmetros mínimos e, além disso, a ausência da limpeza prévia ou qualquer referência a ela em nenhum dos protocolos, o que desafia o conceito vigente para as boas práticas do processamento de produtos para saúde. É preciso que tais destaques sejam repensados para a indicação do reuso, ainda que em situação de crise e desabastecimentos, considerando as distintas realidades do país e a reflexão da própria OMS em sua preocupação com a padronização do reuso, uma vez que as máscaras N95 não podem ser limpas sem a perda de sua integridade e funcionalidade<sup>(31)</sup>. De acordo com a OMS, somente a descontaminação das máscaras N95, sem a validação dos métodos pelos testes de funcionalidade, capacidade de filtração, vedação e integridade, não as torna seguras para o reuso<sup>(31)</sup>.

A ANVISA, diferentemente do FDA e do CDC, recomenda apenas a extensão do tempo de uso das máscaras N95 excepcionalmente por um período de até 12 horas, desde

que mantidas secas, limpas e íntegras<sup>(5,6,30)</sup>. Por outro lado, não especifica métodos de descontaminação para reuso da máscara N95, possivelmente devido às dificuldades de validação, considerando a realidade dos serviços de saúde de não possuírem equipamentos que permitam a realização segura desses testes em um período de pandemia, cuja demanda de uso das máscaras é alta, e o fato de que o acesso para validação de todos os processos que garantem a qualidade do dispositivo para reuso pode não ser comum às distintas realidades, além do aspecto do risco de alta transmissibilidade do vírus.

Assim, nesse contexto da pandemia, políticas públicas e gestores das instituições de saúde deveriam investir no mínimo necessário que garanta a qualidade de proteção para os profissionais de saúde, uma vez que, até o momento, não há validação do reuso das máscaras N95, o que pode favorecer a autoinoculação do vírus e sua conservação ativa para uma possível contaminação cruzada<sup>(18-22,32)</sup>.

## ■ CONCLUSÃO

Conclui-se que a descontaminação segura das máscaras N95 não é possível, uma vez que, até o momento, a manutenção das características seguras, como funcionalidade, capacidade de filtração, integridade e vedação em conjunto para seu reuso, não foram demonstradas. Uma limitação dos estudos incluídos nesta revisão foi que nenhum deles realizou testes experimentais em humanos, provavelmente devido ao risco de contaminação e exposição a eventos adversos aos profissionais de saúde, mas somente em laboratórios, com equipamentos que geravam aerossóis nas máscaras N95 e com manequins de simulação realística.

Este estudo, no entanto, poderá contribuir para a área de enfermagem, sobretudo, para os profissionais que atuam na linha de frente do cuidado aos pacientes que apresentam Covid-19, devido ao alto risco de se contaminarem, uma vez que reutilização e a descontaminação múltipla de tais dispositivos não são seguras e não protegerão um profissional de saúde de ser infectado.

Indicações da descontaminação dos respiradores, mesmo que possam ser estratégias para suprir a escassez de dispositivos gerada pela pandemia, podem levar a um impacto negativo para a instituição de saúde devido à não garantia de segurança dos profissionais, risco de eventos adversos e da criação de indicadores de saúde que não garantem a qualidade da assistência prestada.

Expor os dispositivos, seja a processos físicos ou químicos, é iniciar processos de degradação não visíveis a olho nu que podem fazer com que os profissionais de enfermagem corram sérios riscos com o reuso dos respiradores, como a

contaminação com o SARS-Cov-2, devido à autoinoculação ou à não proteção original da máscara N95 resultante do ajuste inadequado, deformações e comprometimento da integralidade e da funcionalidade do dispositivo.

O número reduzido de publicações até o momento limitou este estudo para uma possível indicação do número máximo de ciclos de reprocessamento para as máscaras N95. Esta investigação poderá contribuir, ainda, com a realização de estudos clínicos randomizados e experimentais que poderiam demonstrar evidências para indicação do número de reutilizações/reprocessamentos possíveis para as máscaras N95 e o efeito da não limpeza desses equipamentos, além de considerar as características dos produtos de distintos fabricantes e diversidades de procedimentos que, na prática clínica, geram maior desafio e quantidade de aerossóis.

## REFERÊNCIAS

- World Health Organization (CH). Advice on the use of masks in the context of COVID-19: interim guidance 6 April 2020. Geneva: WHO; 2020 [cited 2020 Apr 3]. Available from: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/331693/WHO-2019-nCov-IPC\\_Masks-2020.3-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/331693/WHO-2019-nCov-IPC_Masks-2020.3-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- National Institute for Occupational Safety and Health (US) [Internet]. Washington, DC: NIOSH; c1996-2020 [cited 2020 Apr 2]. NIOSH Guide to the selection and use of particulate respirators; [about 1 screen]. Available from: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/96-101/default.html>
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR13698. Equipamento de proteção respiratória - peça semifacial filtrante para partículas. Rio de Janeiro: ABNT; 2011.
- Coulliette AD, Perry KA, Noble-Wang JA. Persistence of the 2009 Pandemic influenza A (H1N1) virus on N95 respirators. *Appl Environ Microbiol*. 2013;9(7):148-55. doi: <https://doi.org/10.1128/AEM.03850-12>
- Food and Drug Administration (US). Enforcement policy for face masks and respirators during the coronavirus disease (Covid-19) public health emergency (revised); guidance for industry and food and drug administration staff. Silver Spring (MD): FDA; 2020 [cited 2020 Apr 2]. Available from: <https://www.fda.gov/media/136449/download>
- National Institute for Occupational Safety and Health (US) [Internet]. Washington, DC: NIOSH; c2020 [cited 2020 Apr 20]. Recommended guidance for extended use and limited reuse of N95 filtering facepiece respirators in healthcare settings; [about 1 screen]. Available from: <https://www.cdc.gov/niosh/topics/hcwcontrols/recommendedguidanceextuse.html>
- ASTM International (US). ASTM F2100 -19e01: Standard specification for performance of materials used in medical face masks. West Conshohocken, PA: ASTM; 2019. F2100:19.2019.4p. doi: <https://doi.org/10.1520/F2100-19E01>
- National Nurse United (US) [Internet]. Silver Spring (MD): NNU; c2020 [cited 2020 Apr 20]. Nurses: Reuse, decontamination of masks endangers health care workers; [about 1 screen]. Available from: <https://www.nationalnursesunited.org/press/nurses-reuse-decontamination-masks-endangers-health-care-workers#main-content>
- Herron JBT, Hay-David AGC, Gilliam AD, Brennan PA. Personal protective equipment and Covid 19: a risk to healthcare staff? *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2020;58(5):500-2. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2020.04.015>
- Ing EB, Xu QA, Salimi A, Torun N. Physician deaths from corona virus (COVID-19) disease. *Occup Med*. 2020;70(5):370-4. doi: <https://doi.org/10.1093/occmed/kqaa088>
- Santos CMC, Pimenta CAM, Nobre MRC. The PICO strategy for the research question construction and evidence search. *Rev Latino-Am Enfermagem*. 2007;15(3):508-11. doi: <https://doi.org/10.1590/S0104-11692007000300023>
- Stanford Medicine (US) [Internet]. Stanford; c2020 [cited 2020 Apr 16]. Price A, Chu L. COVID-19 Evidence Service: addressing COVID-19 face mask shortages [v.1.1]; [about 1 screen]. Available from: <https://stanfordmedicine.app.box.com/v/covid19-PPE-1-1>
- Ganong LH. Integrative reviews of nursing research. *Res Nurs Health*. 1987;10(1):1-11. doi: <https://doi.org/10.1002/nur.4770100103>
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. The PRISMA Group. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med*. 2009;6(7):e1000097. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Lindsley WG, Martin SB Jr, Thewlis RE, Sarkisian K, Nwoko JO, Mead KR, et al. Effects of Ultraviolet Germicidal Irradiation (UVGI) on N95 respirator filtration performance and structural integrity. *J Occup Environ Hyg*. 2015;12(8):509-17. doi: <https://doi.org/10.1080/15459624.2015.1018518>
- Battelle (US). Final Report for the Bioquell hydrogen peroxide vapor (HPV) decontamination for reuse of N95 respirators. Columbus, OH; 2016 [cited 2020 Apr 21]. Available from: <https://www.fda.gov/media/136386/download>
- Lin TH, Chen CC, Huang SH, Kuo CW, La CY, Lin WI. Filter quality of electret masks in filtering 14.6–594 nm aerosol particles: effects of five decontamination methods. *PLoS ONE*. 2017;12(10):e018621. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186217>
- Mills D, Harnish DA, Lawrence C, Sandoval-Powers M, Heimbuch BK. Ultraviolet germicidal irradiation of influenza-contaminated N95 filtering facepiece respirators. *Am J Infect Control*. 2018;46(7):e49-e55. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2018.02.018>
- Kenney PA, Chan BK, Kortright K, Cintron M, Havill N, Russi M, et al. Hydrogen Peroxide Vapor sterilization of N95 respirators for reuse. *MedRxiv* [Preprint]. 2020 [cited 2020 Apr 20]: [6 p.]. Available from: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.03.24.20041087v1>. doi: <https://doi.org/10.1101/2020.03.24.20041087>
- Oral E, Wannomae KK, Connolly R, Gardecki J, Leung HM, Muratoglu O. Vapor H2O2 sterilization as a decontamination method for the reuse of N95 respirators in the COVID-19 emergency. *MedRxiv* [Preprint]. 2020 [cited 2020 Apr 11]: [6 p.]. Available from: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.11.20062026v2>. doi: <https://doi.org/10.1101/2020.04.11.20062026>
- Liao L, Xiao W, Zhao M, Yu X, Wang H, Wang Q, et al. Can N95 respirators be reused after disinfection? how many times? *ACS Nano*. 2020;14(5):6348-56. doi: <https://doi.org/10.1021/acsnano.0c03597>
- Kumar A, Kasloff SB, Leung A, Cutts T, Strong JE, Hills K, et al. N95 mask decontamination using standard hospital sterilization technologies. *MedRxiv* [Preprint]. 2020 [cited 2020 Apr 10]: [9 p.]. Available from: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.05.20049346v2>. doi: <https://doi.org/10.1101/2020.04.05.20049346>

23. Pascoe MJ, Probertson A, Crayford A, Durand E, Steer J, Castelli A, et al. Dry heat and microwave-generated steam protocols for the rapid decontamination of respiratory personal protective equipment in response to COVID-19-related shortages. *J Hosp Infect.* 2020;106(1):10-9. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2020.07.008>
24. Xiang Y, Song Q, Wenzhen G. Decontamination of surgical face masks and N95 respirators by dry heat pasteurization for one hour at 70°C. *Am J Infec Control.* 2020;48(1):880-2. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2020.05.026>
25. Bergman MS, Viscusi DJ, Heimbuch BK, Wander JD, Sambol AR. Evaluation of multiple (3-cycle) decontamination processing for filtering facepiece respirators. *J Eng Fiber.* 2010;5(4):33-41. doi: <https://doi.org/10.1177/155892501000500405>
26. Hwang SY, Yoon H, Yoon A, Lee G, Jung KY, et al. N95 filtering facepiece respirators do not reliably afford respiratory protection during chest compression: a simulation study. *Am J Emerg.* 2020;38(1):12-7. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2019.03.041>
27. Suen LKP, Guo YP, Ho SSK, Au-Yeung CH, Lam SC. Comparing mask fit and usability of traditional and nanofibre N95 filtering facepiece respirators before and after nursing procedures. *J Hosp Infect.* 2020;104(3):336-43. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2019.09.014>
28. Blachere FM, Lindsley WG, McMillen CM, Beezhold DH, Fisher EM, Shaffer RE, et al. Assessment of influenza virus exposure and recovery from contaminated surgical masks and N95 respirators. *J Virol Methods.* 2018;260:98-106. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2018.05.009>
29. Perkins DJ, Villescas S, Wu TH, Muller T, Bradfute S, Hurwitz I, et al. COVID-19 global pandemic planning: decontamination and reuse processes for N95 respirators. *Exp Biol Med (Maywood)* 2020;245(11):933-9. doi: <https://doi.org/10.1177/1535370220925768>
30. Ministério da Saúde (BR). Portaria Nº 454, de 20 de março de 2020: Declara, em todo o território nacional, o estado de transmissão comunitária do coronavírus (Covid-19). Brasília, DF; 2020 [citado 2020 mar 26]. Disponível em: <http://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-454-de-20-de-marco-de-2020-249091587>
31. World Health Organization (CH). Rational use of personal protective equipment for coronavirus disease (COVID-19) and considerations during severe shortages: interim guidance 6 April 2020. Geneva: WHO; 2020 [cited 2020 Apr 12]. Available from: <https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/1274340/retrieve>
32. ASTM International (US). ASTM E2721-16: Standard practice for evaluation of effectiveness of decontamination procedures for surfaces when challenged with droplets containing human pathogenic viruses. West Conshohocken, PA: ASTM; 2016. doi: <https://doi.org/10.1520/E2721-16>

#### ■ Contribuição de autoria:

1. Conceituação, Curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, administração de projeto: Adriana Cristina de Oliveira e Thabata Coaglio Lucas.
2. Visualização, validação, escrita: revisão e edição: Adriana Cristina de Oliveira e Thabata Coaglio Lucas.
3. Supervisão: Adriana Cristina de Oliveira.

#### ■ Autor correspondente:

Adriana Cristina de Oliveira  
E-mail: [adrianacoliveira@gmail.com](mailto:adrianacoliveira@gmail.com)

Recebido: 08.05.2020  
Aprovado: 09.09.2020

#### Editor associado:

Dagmar Elaine Kaiser

#### Editor-chefe:

Maria da Graça Oliveira Crossetti