

**UNIVERSIDADE BRASIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOENGENHARIA
CAMPUS ITAQUERA**

MARA SOARES DE ALMEIDA MOTA

**AVALIAÇÃO DA DESCONTAMINAÇÃO DE MÁSCARAS DE
PROTEÇÃO FACIAL UTILIZANDO RADIAÇÃO UV-C**

**EVALUATION OF DECONTAMINATION OF FACE PROTECTION
MASKS USING UV-C RADIATION**

São Paulo – SP
2022

MARA SOARES DE ALMEIDA MOTA

**AVALIAÇÃO DA DESCONTAMINAÇÃO DE MÁSCARAS DE
PROTEÇÃO FACIAL UTILIZANDO RADIAÇÃO UV-C**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioengenharia da Universidade Brasil, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Bioengenharia.

Prof. Dr. Ricardo Scarparo Navarro
Orientador

Profa. Dra. Alessandra Baptista
Co Orientadora

São Paulo – SP
2022

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da Universidade Brasil,
com os dados fornecidos pelo (a) autor (a).

M871a MOTA, Mara Soares de Almeida.

Avaliação da descontaminação de máscaras de proteção facial utilizando radiação UV-C / Mara Soares de Almeida Mota. -- São Paulo: Universidade Brasil, 2022.

68 f.: il. color.

Dissertação de Mestrado defendida no Programa de Pós-graduação do Curso de Bioengenharia da Universidade Brasil.

Orientação: Prof. Dr. Ricardo Scarparo Navarro.

Coorientação: Profa. Dra. Alessandra Baptista.

1. Máscaras de proteção faciais. 2. Descontaminação. 3. Radiação UV-C. 4. Luz Ultravioleta C. I. Navarro, Ricardo Scarparo. II. Baptista, Alessandra. III. Título.

CDD 620.82

TERMO DE APROVAÇÃO



**UNIVERSIDADE
BRASIL**

TERMO DE APROVAÇÃO

MARA SOARES DE ALMEIDA MOTA

**“AVALIAÇÃO DA DESCONTAMINAÇÃO DE MÁSCARAS DE PROTEÇÃO FACIAL
UTILIZANDO RADIAÇÃO UV-C”**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre no Programa de Pós-Graduação em Bioengenharia** da Universidade Brasil, pela seguinte banca examinadora:

Prof.(a) Dr.(a) Ricardo Scarparo Navarro (presidente-orientadora)

Prof.(a) Dr.(a) Alessandra Baptista (UNIVERSIDADE BRASIL)

Prof.(a) Dr.(a) Angela Toshie Araki Yamamoto (UNIVERSIDADE CRUZEIRO DO SUL)

São Paulo, 27 de setembro de 2022

Presidente da Banca Prof.(a) Dr.(a). Ricardo Scarparo Navarro

Houve alteração do Título: sim () não (X):

Campus Itaquera

Rua Carolina Fonseca, 584, Itaquera - São Paulo/SP | 08230-030

Central de Relacionamento com o Aluno - 08007807070

www.ub.edu.br

FOLHA DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO



**UNIVERSIDADE
BRASIL**

Termo de Autorização

Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página WWW do Respectivo Programa da Universidade Brasil e no Banco de Teses da CAPES

Na qualidade de titular(es) dos direitos de autor da publicação, e de acordo com a Portaria CAPES no. 13, de 15 de fevereiro de 2006, autorizo(amos) a Universidade Brasil a disponibilizar através do site <http://www.universidadebrasil.edu.br>, na página do respectivo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, bem como no Banco de Dissertações e Teses da CAPES, através do site <http://bancodeteses.capes.gov.br>, a versão digital do texto integral da Dissertação/Tese abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira.

A utilização do conteúdo deste texto, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, fica condicionada à citação da fonte.

Título do Trabalho: **"AVALIAÇÃO DA DESCONTAMINAÇÃO DE MÁSCARAS DE PROTEÇÃO FACIAL UTILIZANDO RADIAÇÃO UV-C"**

Houve alteração do Título: sim () não (X):

Autor(es):

Discente: **Mara Soares de Almeida Mota**

Assinatura: Mara Soares de Almeida Mota

Orientador(a): **Prof.(a) Dr.(a) Ricardo Scarparo Navarro**

Assinatura: Ricardo Scarparo Navarro

Coorientador(a):

Assinatura: _____

Data: 27/09/2022

Campus Itaquera

Rua Carolina Fonseca, 584, Itaquera - São Paulo/SP | 08230-030

Central de Relacionamento com o Aluno - 08007807070

www.ub.edu.br

DEDICATÓRIA

Dedico à minha família, meus pais, Deoclecio e Alzira, meus irmãos, Sara e Levy, minha sobrinha, Beatriz, minha filha Inês Maria e meu cunhado Rodrigo. Todos meus projetos só foram realizados porque eles me abraçaram e disseram, “estamos contigo, você é capaz” e essa é mais uma realização em que eles foram minha fortaleza para eu chegar até aqui. Eles são meu amparo, meu abrigo, são eles quem segura minha mão quando preciso, me dão apoio quando perco o chão, me dão segurança quando tenho medo, são eles quem me consolam, enxugam minhas lágrimas e me dão forças e esperança para prosseguir. Minha família é meu maior orgulho e o melhor presente que eu poderia ganhar nessa vida.

AGRADECIMENTOS

Minha maior gratidão é a Deus, pois foi Ele quem possibilitou essa oportunidade e me capacitou para a conclusão deste estudo, “Porque Dele, por Ele e para ele são todas as coisas. A Ele seja a glória para sempre! Amém”. (Romanos 11:36).

Agradeço ao meu orientador Dr. Ricardo Scarparo Navarro por toda orientação, dedicação, paciência e compreensão, sinto-me orgulhosa por ter sido sua orientada e grata por ter adquirido conhecimento de um professor tão inteligente e admirável. agradeço também a minha Co-orientadora Dra. Alessanda Baptista, amável, gentil, sempre disposta a ajudar e bastante dedicada, obrigada por todo direcionamento e acolhimento durante o mestrado, sua ajuda foi fundamental.

Sou grata a professora Dra. Silvia Nuñez, coordenadora do Programa de pós-graduação do mestrado em Bioengenharia, por sua conduta ética, empatia e profissionalismo.

Agradeço a todos os professores que transmitiram seu conhecimento com empenho e motivação, possibilitando o meu crescimento profissional e ampliando minha visão para caminhos promissores.

Agradeço a Universidade Brasil e todo corpo administrativo que sempre atenderam as demandas solicitadas com prontidão.

Minha eterna gratidão a Helen Patrícia Duarte, mais do que amiga, uma irmã, que trilhou comigo essa jornada, me ajudou a superar desafios, me orientou nas minhas dificuldades, em nenhum momento mediu esforços para me ajudar, mesmo quando pensei em desistir, ela juntamente com seu esposo Ricardo Duarte me incentivaram a continuar, obrigada amiga pela paciência em me ouvir, pelos conselhos e consolo quando chorei, mesmo distante se fez presente, obrigada.

Agradeço a Universidade Estadual de Goiás, por ter permitido a realização da minha pesquisa e todos funcionários que sempre foram solícitos e atenciosos quando precisei, em especial quero agradecer ao Me. Osvaldo por ter intermediado e me apoiado para que eu pudesse utilizar o laboratório. Minha imensa gratidão a professora Dra. Eliete que me amparou e disponibilizou tudo que eu precisasse para realização da pesquisa, me orientou quando precisei, foi compreensiva, generosa e acolhedora, muito obrigada. Também quero agradecer a Técnica de Laboratório Estelita pelo apoio, companheirismo, uma amiga que acompanhou meus dias de pesquisa, sempre me deu a mão quando precisei, gratidão.

“Não sabendo que era impossível, foi lá e fez...”

(Jean Cocteau)

RESUMO

As doenças infecciosas respiratórias (DIR) são predominantemente transmitidas por gotículas ou aerossóis no ar entre pessoas com interações próximas. As DIRs possuem alta taxa de mortalidade e transmissão entre as populações. O uso de máscaras de proteção facial (MPF) são efetivos em reduzir a transmissão das DIRs. Diferentes métodos são utilizados para a descontaminação de superfícies. O método físico de descontaminação com radiação UV-C tem mostrado resultados efetivos em diferentes áreas. O objetivo deste estudo *in vitro* foi avaliar a descontaminação de MPF utilizando radiação UV-C. Amostras quadrangulares das máscaras foram contaminadas com suspensão de 10^8 UFC/ml de *E. coli*, em fase exponencial, com o auxílio de um borrifador no interior do fluxo laminar. Foram avaliadas 3 tipos de máscaras (n=9): Tricoline (T), Cirúrgica (C) e N95 (N) em diferentes tempos de irradiação UV-C, com equipamento portátil SURFACE UV® (MMOptics, São Carlos, Brasil, $\lambda=254$ nm), a distância de 1 cm da superfície das amostras, modo varredura, nos tempos de 30s, 45s e 60s. Para avaliar a redução microbiana, as amostras foram imersas em um tubo de ensaio contendo solução salina estéril, submetidos a agitação mecânica para recuperação microbiana, e posteriormente realizadas diluições seriadas na ordem de 1:10. Aliquotas das suspensões foram semeados em ágar Mueller Hinton para a contagem microbiana final. O experimento foi realizado em triplicata. Todos os dados foram analisados a sua distribuição pelo teste Shapiro-Wilk. Os dados paramétricos foram analisados pelo teste de ANOVA e Tukey. Os dados não paramétricos foram analisados pelo teste de Kruskal- Wallis e Wilcoxon ($p < 0,05$). O estudo mostrou que a radiação UV-C promoveu efetiva descontaminação dos diferentes modelos de MPF contaminadas com *E. coli*. Na Tricoline e Cirúrgica foi observada redução microbiana no tempo de 30 s e descontaminação total nos tempos de 45 s e 60 s. Na N95 foi observado descontaminação total em todos os tempos de irradiação. O tipo de máscara de proteção facial influenciou nos efeitos do UV-C. A irradiação UV-C a partir de 30 s promoveu redução da carga microbiana e a partir de 45 s promoveu descontaminação total em todos os tipos de máscaras testadas.

Palavras-chave: Máscaras de proteção faciais. Descontaminação. Radiação UV-C. Luz Ultravioleta C.

ABSTRACT

Infectious respiratory diseases (IRD) are predominantly transmitted by airborne droplets or aerosols between people with close interactions. IRDs have a high rate of mortality and transmission between populations. The use of face protection masks (FPM) are effective in reducing the transmission of IRDs. Different methods are used for surface decontamination. The physical method of decontamination with UV-C radiation has shown effective results in different areas. The aim of this in vitro study was to evaluate FPM decontamination using UV-C radiation. Quadrangular samples from the masks were contaminated with a suspension of 10^8 CFU/ml of *E. coli*, in exponential phase, with the aid of a spray bottle inside the laminar flow. Three types of masks were evaluated (n=9): Tricoline (cotton) (T), Surgical (S) and N95 (N) at different times of UV-C irradiation, with portable SURFACE UV® equipment (MMOptics, São Carlos, Brazil, $\lambda = 254$ nm), the distance of 1 cm from the surface of the samples, scanning mode, at times of 30s, 45s and 60 s. To evaluate the microbial reduction, the samples were immersed in a test tube containing sterile saline solution, submitted to mechanical agitation for microbial recovery, and subsequently performed serial dilutions in the order of 1:10. Aliquots of the suspensions were seeded on Mueller Hinton agar for final microbial counts. The experiment was carried out in triplicate. All data were analyzed for their distribution by the Shapiro-Wilk test. Parametric data were analyzed by ANOVA and Tukey test. Nonparametric data were analyzed using the Kruskal-Wallis and Wilcoxon test ($p < 0.05$). The study showed that UV-C radiation promoted effective decontamination of different models of FPM contaminated with *E. coli*. In Tricoline and Surgical the microbial reduction was observed in the time of 30 s and total decontamination in the times of 45 s and 60 s. In N95, total decontamination was observed at all irradiation times. The type of face protection mask influenced the effects of UV-C. The UV-C irradiation from 30 s onwards reduced the microbial load and from 45 s onwards promoted total decontamination in all types of masks tested.

Keywords: Face protection masks. decontamination. UV-C radiation. Ultraviolet Light C.

DIVULGAÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE CONHECIMENTO

Dissertação do Programa de Mestrado em Bioengenharia relacionada a **Área de Pesquisa:** Fotobiomodulação, Biomarcadores e Sistemas diagnósticos; **Linha de Pesquisa:** Biofotônica Aplicada; **Projeto de Pesquisa:** Fotobiomodulação e Fototerapia para cuidados a saúde.

Relevância para a Bioengenharia: O presente estudo *in vitro* propõe avaliar a descontaminação de diferentes tipos de máscaras de proteção facial (tricoline, cirúrgica e N95) utilizando a radiação UV-C. O uso dos Equipamentos de Proteção Individual são fundamentais para segurança dos profissionais da saúde, no Brasil não era comum a população usar EPIs, como exemplo o uso das máscaras faciais, diante de alguma doença respiratória, porém com o surgimento da Pandemia da COVID-19, tornou-se obrigatório o uso desse equipamento aliado as práticas de isolamento e distanciamento social para contenção das transmissibilidade. Durante a pandemia houve alto custo e escassez dos EPIs no mercado, no entanto a população teve que optar por outras alternativas além das máscaras cirúrgicas e a N95. Por recomendação dos órgãos de saúde mundial foram indicadas outros tipos de máscaras, como as confeccionas em tricoline, e a necessidade de reutilização individual. Surgiu a preocupação em avaliar a eficácia de diferentes métodos de descontaminação das máscaras de proteção facial, como os métodos alternativos com radiação UV-C. O presente estudo da área de Bioengenharia, voltado a utilização de recursos tecnológicos no campo da Fototerapia, com o uso da radiação UV-C mostrou a sua viabilidade e efetividade, trazendo possibilidades de uso e benefícios a sociedade e profissionais de diferentes áreas da saúde, com recursos seguros, efetivos e ecológicos de descontaminação de superfícies e objetos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Demonstração de partícula de gotículas de >5-10µm (Gotículas respiratórias) e de <5µm (aerossóis)	23
Figura 2 - Máscara descartável dobrável da marca 3MTM Classe PFF-2	28
Figura 3 - Máscara Cirúrgica Tripla Descarpack®	28
Figura 4 - Máscara 3D em Tricoline 100% algodão	30
Figura 5 - Comprimento de ondas da Luz Ultravioleta	33
Figura 6 - Escherichia coli – coloração de Gram. A seta indica um bacilo gram-negativo.	36
Figura 7 - Micrografia eletrônica de varredura colorida (SEM) de Gram-negativos Escherichia coli O157:H7	36
Figura 8 - Comparação da suspensão bacteriana com a escala nefelométrica de Mc Farland (0,5 Mc Farland)	40
Figura 9 - Os três tipos de máscaras e os pedaços (amostras) cortados: a) Máscara de tecido (tricoline 100% algodão), b) Máscara cirúrgica e c) Respirador N95	41
Figura 10 - Amostras dispostas na capela de fluxo laminar para realização da contaminação	41
Figura 11 - Equipamento Surface UV® da MMOptics	42
Figura 12 - Aplicação da radiação UV-C utilizando o equipamento Surface UV® à 1cm das amostras: a) aplicação em uma amostra por 30s, aplicação em uma amostra por 45s e aplicação em uma amostra por 60s.....	43
Figura 13 - Amostras em tubo de ensaio contendo solução fisiológica para recuperação microbiana: a) amostras controle e b) amostras de 30s de cada um dos três tipos de máscaras	44
Figura 14 - Resultado da contaminação bacteriana do Grupo Controle em cada uma dos três tipos de máscaras testadas	477
Figura 15 - Coleta das amostras controles de uma diluição 10-4: a) Máscara tricoline, b) Máscara cirúrgica e c) Respirador N95	477
Figura 16 - Resultado do Grupo Controle da máscara de tricoline em comparação com a amostra após a radiação UV-C nos tempos de 30, 45 e 60 segundos	488
Figura 17 - Placas de amostra controle e amostras após radiação UV-C da máscara de tricoline: a) Amostra controle, b) Amostras com 30 e 45 segundos de radiação e c) amostra com 60 segundos de radiação	499
Figura 18 - Resultado do grupo controle da máscara cirúrgica e amostras após radiação UV-C nos tempos de 30, 45 e 60 segundos.....	51
Figura 19 - Placas de amostra controle e amostras após radiação UV-C da máscara cirúrgica: a) Amostra controle, b) Amostras com 30 de radiação e c) amostra com 45 e 60 segundos de radiação.....	51
Figura 20 - Resultado do grupo controle do respirador N95 e amostras após radiação UV-C nos tempos de 30, 45 e 60 segundos.....	533
Figura 21 - Placas de amostra controle e amostras após radiação UV-C do respirador N95: a) Amostra controle, b) Amostras com 30 e 45segundos de radiação UV-C e c) amostra com 60 segundos de radiação UV-C.....	55
Figura 22 - Resultado da radiação no tempo de 30 segundos nos três tipos de máscaras testados	566

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Divisão dos grupos dos diferentes tipos de máscaras e procedimentos de desinfecção dos grupos de avaliação dos diferentes modelos de máscaras testadas, de acordo com o processo de desinfecção.....	39
---	----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANOVA	Análise de variância
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CDC	<i>Centers for Disease Control and Prevention</i>
MDF	<i>Medium Density Fiberboard</i> ou Fibras de Média Densidade
OMS	Organização Mundial de Saúde
PP	Polipropileno
UFC	Unidades Formadores de Colônias
UV	Ultravioleta
UV-C	Ultravioleta C
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i> ,

LISTA DE SÍMBOLOS

cm	Centímetro
J/cm ²	Joule por centímetro quadrado
mL	Microlitros
mW/cm ²	Miliwatt por centímetro quadrado
nm	Nanômetro
s	Segundo
μL	Microlitro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 OBJETIVOS	21
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	22
3.1. DOENÇAS INFECCIOSAS RESPIRATÓRIAS.....	22
3.2. EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL	25
3.3. MÉTODOS DE DESCONTAMINAÇÃO	30
3.4. RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA.....	32
3.5. <i>Escherichia coli</i>	35
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	38
4.1 SELEÇÃO E ORGANIZAÇÃO DAS AMOSTRAS	38
4.2 AMOSTRA MICROBIOLÓGICA.....	39
4.3 CONTAMINAÇÃO DAS MÁSCARAS	40
4.4 PROCEDIMENTO DE IRRADIAÇÃO UV-C DAS AMOSTRAS	41
4.5 VERIFICAÇÃO DA EFETIVIDADE DA DESCONTAMINAÇÃO.....	43
4.6 ANÁLISE DOS RESULTADOS	44
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
6 CONCLUSÃO.....	58
REFERÊNCIAS.....	59

1 INTRODUÇÃO

As doenças de transmissão respiratórias (DTR) acontecem através da inalação pelas vias aéreas de gotículas contendo vírus e aerossóis exalados por indivíduos infectados, como tosse, espirro e fala, podendo permanecer no ambiente por horas e ser facilmente inalado. O uso de máscaras de proteção faciais (MPF) para impedir ou minimizar a transmissão ambiental é uma das principais estratégias para proteger os profissionais da saúde e a população em geral das DTRs (HOWARD et al 2020; CDC 2021; BERGAMINI, 2020; JOKURA, 2022).

As DRT são enfermidades que atingem os órgãos e as estruturas do sistema respiratório, podendo destacar como as principais doenças a caxumba, coqueluche, difteria, escarlatina, influenza, meningite, rubéola, sarampo, síndrome da rubéola congênita, síndrome respiratória aguda grave, varicela e atualmente a COVID-19. (MINISTÉRIO DA SAÚDE 2016, MINISTÉRIO DA SAÚDE 2020 BAGHERIA et al 2021, JOKURA, 2022). As Agências Regulatórias de Saúde nacionais e internacionais estabelecem diretrizes e políticas de orientação sobre o uso de equipamentos de proteção individual (EPIs), como as máscaras de proteção facial (MPF), baseado em pesquisas científicas nos campos da Biologia, Biomedicina, Epidemiologia, Bioengenharia (GIRARDI, et al., 2021 e PELOSO et al., 2020; LIANG et. al., 2020).

Em tempos da pandemia mundial da síndrome respiratória aguda grave COVID-19, causada pelo coronavírus (SARSCoV-2), tem sido adotadas condutas de prevenção e proteção individuais como o isolamento e distanciamento social, cuidados de higiene com a lavagem das mãos com água e sabão e/ou uso de álcool em gel e de máscaras de proteção facial. (MORAIS et al, 2021)

Os indivíduos com DTR apresentam altas concentrações de carga microbiana na saliva e fluido nasal, tanto em pacientes assintomáticos ou pré-sintomáticos (WÖLFEL et al., 2020; ZOU et al., 2020). No caso da COVID-19, as pessoas assintomáticas representam cerca de 40 a 45% das infecções por SARS-CoV2, e o mesmo ocorre com outras infecções respiratórias (ORAN et al 2020). Tais informações mostram a importância de uso das MPF por todas as pessoas, independente se estão ou não com sintomas ou contato prévio com pessoas infectadas. Deve-se incentivar o uso de máscara quando há sintomas gripais, com diagnóstico ou suspeita de DTR, e não pode se isolar, sendo usado nas condutas educativas sanitárias para incentivo de uso como uma “atitude de respeito ao

próximo”, sendo o uso de MPF um hábito cultural e comum nos países Asiáticos, mesmo antes da pandemia de Coronavirus (MINISTÉRIO DA SAÚDE 2016).

Há evidências da importância e necessidade do uso das MPF em reduzir a transmissão de partículas respiratórias infectadas, de indivíduos pré sintomáticos e assintomáticos das DTR. A redução da propagação de doenças requer limitação dos contatos entre os indivíduos infectados por meio de distanciamento físico e uso das barreiras como os EPIs. Os estudos epidemiológicos mostram que uso das máscaras é uma forma eficaz de controle de transmissibilidade, sendo que a adoção de uso pelas pessoas trazem benefícios diretos em nível populacional, e de forte impacto na redução da transmissibilidade, ao invés do uso apenas por pessoas suscetíveis ou de maior risco de contaminação, como profissionais de saúde. (HOWARD et al 2020, WÖLFEL et al., 2020; ZOU et al., 2020; BERGAMINI, 2020; JOKURA, 2022).

Os governos, as agências regulatórias e a OMS devem realizar campanhas publicas incentivando e recomendando o uso de MPF pela população, em diferentes ambientes como efetiva ferramenta para redução da transmissibilidade das DTRs (HO et al, 2020; LAU et al 2004; LI et al 2021; TABATABAEIZADEH et al 2021; WU et al 2004; UNA-SUS, 2020)

Durante a pandemia de COVID-19 pode-se observar o aumento do custo, falta e fornecimento irregular de insumos pela indústria, maior consumo e menor disponibilidade das MPF de uso profissional (máscaras cirúrgicas, N95, PFF e similares), sendo recomendado o uso dessas máscaras para profissionais da saúde, profissionais que atuam na linha de frente da pandemia e pacientes em atendimento. Indicando o uso de máscaras confeccionadas artesanalmente de tecidos como o algodão e tricoline para população em geral (FISCHER, et al.,2020; HOWARD et al 2020; O'HEARN, et al., 2020; CASSORLA, 2021).

Diante ao grande aumento da demanda pelas MPF e o surgimento de máscaras reutilizáveis, fez com que o interesse pelo processo de descontaminação para nova utilização segura destes dispositivos fosse necessário (CASSORLA, 2021; CDC, 2021; BERGAMINI, 2020; JOKURA, 2022).

Há uma grande variedade de métodos químicos para descontaminação, havendo uma busca continua por compostos químicos antimicrobianos, com menor toxicidade e custo, efetividade em microrganismos resistentes, menor geração de resíduos e poluição ambiental. Cada vez mais busca-se minimizar ou substituir o uso de compostos químicos por métodos alternativos de desinfecção de superfícies, como

o uso da radiação ultravioleta (UV-C), calor seco, calor úmido, óxido de etileno, vapores de peróxido de hidrogênio tem se mostrado como alternativas efetivas descontaminação de superfícies e MPF porém deve-se observar o custo, acessibilidade, tempo e facilidade de uso do método, danos a estrutura do material da máscaras e interferência na sua proteção pós tratamento (CASSORLA 2021; CORRÊA et al, 2017; CENTRO DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA- CVS, 2020; FISCHER et al 2020; JU et al, 2021; KUMAR et al 2020; LIAO et al 2020; RODRIGUEZ-MARTINEZ et al, 2020; SARKIS-ONOFRE et al, 2020; SILVA et al., 2020; SMITH et al 2020; OU et al 2020; ZORKO et al, 2020).

Estudos mostram a efetividade de equipamentos de emissão de radiação UV-C na redução microbiana, promovendo o controle dos microrganismos nos ambientes, objetos e superfícies, sendo usados com protocolos pré estabelecidos e seguros, sendo um recurso ecológico, por não utilizar ou gerar produtos químicos tóxicos, rápido e de fácil manuseio e portabilidade (DAI et al 2012; GILBERT et al 2020; LINDSLEY et al 2015; MILLS et al 2018; O'HEARN et al 2020; TORRES et al 2020; VISCUSI et al 2009; ZHAO et al 2020).

Os equipamentos de emissão de radiação UV-C podem ser utilizados em diferentes campos como área da saúde, ambientes como laboratórios, centro cirúrgicos, consultórios, ambulatórios visando minimizar a transmissão de doenças, na descontaminação de objetos e instrumentais, em laboratórios de pesquisa, na indústria farmacêutica, alimentícia, materiais biológicos. Os equipamentos podem ter diferentes formatos e tamanhos, atualmente o surgimento de equipamento com menor tamanho, portáteis, com maior facilidade de empunhadura e uso, além de redução dos custos, tornam seu uso cada vez mais difundido. A radiação UV-C, com comprimentos de onda entre 200 e 270 nm, promove efetiva ação ionizante e promove a destruição das ligações químicas do DNA ou RNA através da dimerização pirimidina levando a morte de microrganismos (CORREA et al, 2017, YANG, et al, 2019, CENTRO DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA- CVS 2020).

Em relação as MPF deve-se considerar sua composição e estrutura, nem todas as máscaras apresentam a mesma efetividade na proteção e prevenção a transmissibilidade das DRT, os estudos in vitro mostram que as máscaras N95 são superiores em desempenho às máscaras cirúrgicas, por outro lado as máscaras de tecido têm um desempenho inferior comparado as N95 e cirúrgicas em exames laboratoriais. Apesar de suas deficiências, estudos de campo e epidemiológicos

demonstraram a eficácia das máscaras de tecido, sendo essas o EPI mais utilizado pelo público em geral para retardar a propagação do COVID-19. Deve ser incentivado e realizada campanhas educativas para o uso das MPF pela população, em todas as condições de sintomatologia ou diagnóstico de DIR, visando minimizar sua transmissibilidade, tendo a epidemia de COVID-19 uma referência da importância e efetividade do uso das MPF e redução da transmissão da doença. (FISCHER, et al., 2020; HOWARD et al 2020; O'HEARN, et al., 2020; CASSORLA, 2021; JOKURA, 2022).

Devido à falta de padrões e regulamentos, pesquisas são necessárias para identificar as combinações ideais de materiais de tecido, número de camadas, contagem de fios e outras propriedades, a fim de projetar adequadamente máscaras de pano mais eficazes. Devem ser avaliados os diferentes métodos de descontaminação nos diferentes tipos de máscara, verificando a ação antimicrobiana e efeitos na sua filtragem e proteção.

A criação de procedimentos padronizados para diferentes tipos, marcas e modelos de MPF devem ser consideradas pelos fabricantes e agência reguladores governamentais para assegurar efetividade, segurança e confiabilidade nos processos de produção e descontaminação (BORKOW et al., 2010; CHENG et al., 2020; DAI et al 2012; GILBERT et al 2020; JU et al 2021; LINDSLEY et al 2015; LORE et al 2011; MILLS et al 2018; O'HEARN et al 2020; TORRES et al 2020; VISCUSI et al 2009; ZHAO et al 2020; ZHOU et al 2020)

Ao expor este cenário, é importante salientar que os efeitos da radiação UV-C com diferentes tempos de exposição na descontaminação de diferentes tipos de máscaras de proteção faciais, podem assegurar a reutilização destes EPIs, reduzindo custos e promovendo sustentabilidade, uma vez que não deixa resíduos, reduz a geração de lixo biológico e é segura seguindo as normas de utilização de radiações.

2 OBJETIVOS

O objetivo deste estudo *in vitro* foi avaliar a descontaminação de máscaras de proteção facial utilizando Radiação UV-C.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Utilizar a *Escherichia coli* como modelo de bactéria Gram negativa em processos de contaminação de superfícies, no caso do estudo, contaminação de máscaras de proteção facial e desinfecção por radiação UV-C;

Avaliar a efetividade da radiação UV-C na descontaminação de diferentes modelos de máscaras de proteção facial: Tricoline, Cirúrgica e N95;

Avaliar a efetividade da radiação UV-C na descontaminação utilizando diferentes tempos de irradiação: 30 s, 45 s e 60 s.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1. DOENÇAS INFECCIOSAS RESPIRATÓRIAS

Transportadores de patógenos no ar são referidos por diversos autores como “gotículas respiratórias”; porém, na maioria dos ambientes internos onde há presença de pessoas, as gotículas na escala de micron carregadas de água evaporam muito rápido, segundos após a expiração, tornando-se “núcleos de gotículas”. Esses núcleos de gotículas, ocasionalmente também chamados de “aerossóis”, podem ficar presentes no ar por longos períodos de tempo antes de serem inalados no trato respiratório de um hospedeiro suscetível (ASADI et. al., 2021).

As doenças microbianas transmitidas pelo ar são um dos maiores desafios para a saúde pública mundial. Exemplos comuns são a gripe, surgindo em temporadas e pandemias e doenças mediadas pelo ar de origem bacteriana, como a tuberculose, cada vez mais emergindo na forma multirresistente (WELCH, et al., 2018).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) (2015), designa como doenças respiratórias, as doenças ou infecções que se desenvolvem no trato respiratório, tanto superior como inferior, podendo haver obstrução da passagem do ar a nível nasal como também a nível bronquiolar e pulmonar. Podem variar desde infecções agudas, como pneumonias e resfriados comuns, a infecções mais graves, como a tuberculose. As infecções das vias respiratórias superiores (IVRS) são mais frequentes, porém dificilmente com risco de vida, por sua vez as infecções das vias respiratórias inferiores (IVRI) estão envolvidas em doenças mais graves, tais como: gripe, pneumonia, tuberculose e bronquiolite, que são os principais constituintes para a mortalidade por infecções respiratórias agudas (IRAs) (SILVA FILHO, et. al., 2017).

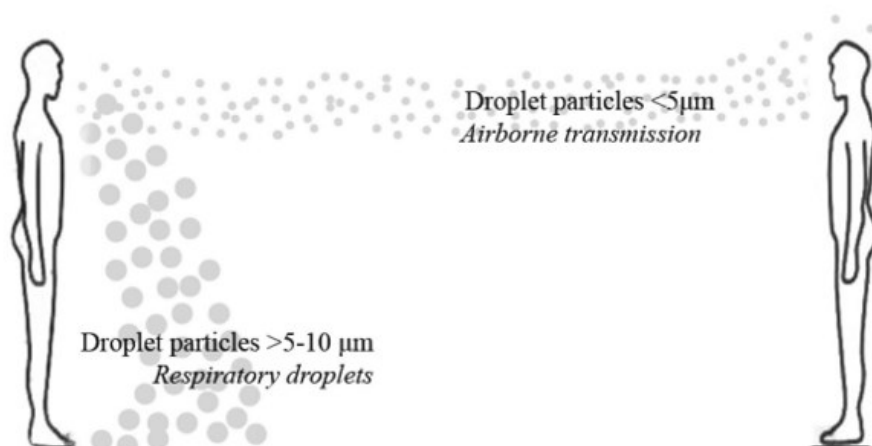
Apesar das infecções do trato respiratório inferior favorecerem uma maior gravidade e serem provocadas, principalmente por bactérias como *Neisseria meningitidis*, *Streptococcus hemolyticos* e *Streptococcus pneumoniae*, as infecções agudas, ocasionadas por vírus preestabelecem às infecções por bactérias. Vírus como o da Influenza são capazes de necrosar o epitélio, contribuindo para aderência das bactérias, podem em muitos casos apresentarem infecções mistas, ou seja, com mais de um agente causador, como bactérias e vírus simultaneamente. As infecções respiratórias são doenças de alto contágio devido ao seu elevado potencial de propagação, que acontece principalmente através de gotículas contaminadas, que

podem ser liberadas pelo espirro, bocejo ou através da fala (SILVA FILHO, et. al., 2017).

As gotículas respiratórias ($> 5-10\mu\text{m}$) são as principais vias de transmissão de doenças como influenza e Síndrome Respiratória Aguda Grave (SARS), estas são capazes de penetrar profundamente no sistema respiratório, são movidas a pequenas distâncias ($\leq 1\text{ m}$) quando um indivíduo infectado espirra, tosse, fala ou até respira. A transmissão direta ocorre no momento em que gotículas contendo patógenos entram na conjuntiva ou mucosa de uma pessoa suscetível ou são inaladas. Aerossóis são partículas líquidas dispersas no ar e contêm partículas, como microrganismos (Bioaerossóis) ou partículas industriais. Os bioaerossóis menores que $5\ \mu\text{m}$ de diâmetro causam transmissão aérea; porém, os maiores são depositados em superfícies. (HERTZBERG, et. al., 2018; TABATABAEIZADEH, 2021).

Transmissão por gotículas é causada quando a saliva de uma pessoa é descarregada ao tossir ou espirrar e ocorre em um espaço de 1 m (contato próximo). Nesta situação, há risco de infecção conjuntival ou mucosa por gotículas infecciosas. Além disso, a transmissão por gotículas ocorre por meio de rotas de contato no ambiente próximo da pessoa infectada. Em contraste, na transmissão aérea, o microrganismo em núcleos de gotículas, ou seja, $< 5\ \mu\text{m}$ de diâmetro, está disperso por centenas de metros no ar e pode permanecer por muito tempo. (TABATABAEIZADEH, 2021). A Figura 1 apresenta um esquema da transmissão por gotículas e por aerossóis

Figura 1 - Demonstração de partícula de gotículas de $>5-10\mu\text{m}$ (Gotículas respiratórias) e de $<5\mu\text{m}$ (aerossóis)



Fonte: Tabatabaeizadeh, 2021

As doenças infecciosas respiratórias (DIR) são predominantemente transmitidas por gotículas ou aerossóis no ar entre pessoas com interações próximas. As DIRs possuem alta taxa de mortalidade e transmissão rápida entre as populações, desta forma, representam uma ameaça à saúde humana. A gripe, por exemplo, é uma doença extremamente infecciosa, causou aproximadamente 250.000 ~ 500.000 mortes em todo o mundo a cada ano. Em comparação, a tuberculose, apesar de espalhar de forma relativamente lenta, provocou mais de 1,3 milhão de mortes em 2012. Contudo, avaliar a prevalência de doenças infecciosas respiratórias e determinar estratégias eficazes de controle ainda são desafios essenciais, devido em parte, à falta de conhecimento a respeito dos princípios de propagação da doença. (HUANG, et. al., 2016).

A tosse é o principal sintoma em pacientes com DIR. Por tosse, não-fumantes saudáveis expõem milhões de gotículas de diferentes tamanhos como aerossol. As gotículas da tosse são a peça central na cadeia de transmissão da DIR. A DIR viral, micótica e bacteriana penetra no corpo humano por meio da mucosa ocular e oral e da mucosa superficial do sistema respiratório superior e inferior quando o ar inalado transporta gotículas contendo patógenos. Muitos desses patógenos são emergentes predispostos a epidemias (SARS-CoV, influenza aviária) e pandêmicos (influenza A causada pelo vírus H1N1 vírus), enquanto outros estão ressurgindo, como *Mycobacterium tuberculosis* (ZAYAS et. al., 2013).

Patógenos respiratórios infecciosos, sejam vírus, bactérias ou fungos, são dispersos para o ambiente externo quando gotículas formadas na camada de muco que reveste as vias aéreas de um paciente infectado são expostas ao fluxo de ar de alta velocidade da tosse. Durante a fase expulsiva da tosse, o fluxo de ar vem de dentro do tórax para o ambiente externo em aproximadamente até 100 km/h (ZAYAS et. al., 2013).

Quando o fluxo de ar de tosse de alta velocidade que sai do sistema respiratório encontra uma barreira física, o fluxo passa pela barreira ou ao lado dela em direção às áreas que possuem menor resistência. Desse modo, manobras de higiene respiratória/etiqueta da tosse (cobrir a boca e o nariz com o braço, manga ou cotovelo), não são capazes de interromper ou impedir o escape de todas as gotículas inaláveis presentes no bioaerossol da tosse. Isso resulta que, no caso de uma pessoa infectada com um patógeno epidemiológico relevante, a etiqueta da tosse

recomendada ainda permitirá a dispersão de muitas gotículas infecciosas, aumentando o risco de exposição, infecção de pessoas suscetíveis (ZAYAS et. al., 2013).

Os conceitos de gotículas e transmissão aérea que estão consolidados na prática clínica atualmente são mais complexos do que se pensava anteriormente. A preocupação aumentou diante da pandemia causada pelo Coronavírus da Síndrome Respiratória Aguda Grave 2 (SARS-CoV-2) transmitido por contato próximo e transmissão de pessoa para pessoa causando a doença COVID-19. Como já descrito a disseminação de infecções virais respiratórias (RVIs) ocorre principalmente através de contato e vias de gotículas. Novas evidências apontam que o coronavírus 2 pode permanecer viável e infeccioso em aerossóis por horas (LIANG et. al., 2020).

3.2. EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

A principal estratégia para controlar os surtos de doenças respiratórias infecciosas com predisposição a epidemias e pandemias é a vacinação. No entanto, a capacidade de mutação da maioria dos patógenos virais geralmente torna as vacinas ineficazes ou atrasa seu uso até que a identificação certa da composição genética seja realizada, permitindo um tempo suficiente para o microrganismo se espalhar (ZAYAS et. al., 2013).

Diante disso, o uso de máscaras como equipamento de proteção individual (EPI) adequado é frequentemente considerado na prevenção da propagação de infecções respiratórias. Dados experimentais mostram que os microporos da máscara bloqueiam partículas de poeira ou patógenos que são maiores que o tamanho dos microporos. Por exemplo, os microporos dos materiais das máscaras N95 têm apenas 8 μm de diâmetro, o que pode efetivamente impedir a penetração de vírus (LIANG et. al., 2020; BERGAMINI, 2020; JOKURA, 2022)

O RNA viral do Coronavírus foi encontrado em amostragem de ar em diversos estudos. Até o surgimento de uma vacina ou tratamento seguro e eficaz, a prevenção da COVID-19 a princípio, se deu por meio de intervenções não farmacológicas, como o distanciamento social, higiene das mãos e uso de EPIs como as máscaras ou respiradores, essas ações foram fundamentais para reduzir a propagação do SARS-CoV-2. Existem diferentes padrões de máscaras, e máscaras qualificadas podem ajudar a proteger os usuários de um grande número de gotículas respiratórias as quais

podem variar em espessura e permeabilidade (YANNI et. al., 2020; HOWARD et. al., 2021; BERGAMINI, 2020; JOKURA, 2022).

Os tipos mais comuns de máscaras são as do tipo respirador, cirúrgicas e as de fabricação caseira de tecido. As máscaras do tipo respirador são consideradas as mais eficientes na proteção contra patógenos. Por este motivo essas máscaras ficaram escassas em muitos lugares do mundo durante a pandemia da COVID-19 sendo então recomendado o uso apenas a profissionais da saúde que estavam suscetíveis a riscos maiores de contaminação (PELOSO et al., 2020).

A predominância das evidências aponta que o uso de máscara diminui a transmissibilidade por contato, reduzindo a transmissão de partículas respiratórias infectadas. Durante a pandemia da COVID-19 houve escassez global de máscaras médicas, como as máscaras cirúrgicas e respiradores N95/FFP2, foi recomendado a adoção do uso de máscaras de tecido para uso público, como uma forma eficaz de controle da doença, em conjunto com as estratégias existentes de higiene, distanciamento e rastreamento de contatos (HOWARD et. al., 2021).

As máscaras podem ser confeccionadas em diferentes materiais e designs que influenciam na capacidade de filtragem. Ao analisar a eficácia das máscaras é importante observar: a filtragem do material e o ajuste do design. Há muitos padrões em todo o mundo para essas duas questões, por exemplo a classificação N95 do Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional dos EUA (NIOSH). A designação “95” significa que, quando submetido a teste, o respirador bloqueia no mínimo 95% das partículas de teste minúsculas (0,3 μm) (HOWARD et. al., 2021).

Pesquisas focadas na exposição ao aerossol evidenciam que todos os tipos de máscaras apresentam, em maior ou menor grau, alguma eficácia na proteção ao usuário. Qualquer tipo de máscara de uso geral provavelmente irá reduzir a exposição a microrganismos e o risco de infecção na população as doenças de transmissão respiratórias (DTR), apesar de muitas apresentam ajuste e adaptação imperfeitas.

No geral, as máscaras faciais de tecido podem proporcionar um bom ajuste e filtragem em alguns contextos comunitários, porém os resultados variam de acordo com o material e o design, da forma como são usados, do ambiente, dos métodos de descontaminação e tempo de uso que levam a degradação do material (HOWARD et. al., 2021).

Além da capacidade de reter gotículas respiratórias, a utilização da máscara também está relacionada à reeducação de hábitos do usuário, pois cria-se uma

barreira mecânica que impede o contato direto da mão com o nariz e boca (MA et al., 2020; RADER et al., 2020; JOKURA, 2022).

O poder de filtração da máscara está correlacionado com o ajuste ao rosto, tecido utilizado, quantidade de camadas e presença de um pré-tratamento ao tecido além também de apresentar conforto e boa capacidade de respiração durante o seu uso (KONDA et al., 2020; BEESOON, BEHARY, e PERWUELZ, 2020; VAN DER SANDE et al., 2008; BERGAMINI, 2020; JOKURA, 2022).

A filtração do ar é alcançada por meio de uma rede de microfibras de polipropileno tratadas eletrostaticamente, cuja eficácia varia conforme o tipo de respirador. Para proteção ao usuário contra aerossóis contendo microrganismos são recomendadas máscaras com uma capacidade de filtração de pelo menos 95% de partículas de até 0,3 μm , ou seja, os respiradores do tipo N95, N99, N100, PFF2 ou PFF3. A adaptação justa ao rosto é fundamental para uma boa eficácia.

Os respiradores PFF atendem as normas brasileiras (ABNT/NBR 13698:2011 e ABNT/NBR 13697:2010) e europeia, por sua vez os respiradores N95, N99 e N100 seguem à normativa americana (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020; GIRARDI, et al., 2021 e PELOSO et al., 2020; BERGAMINI, 2020; JOKURA, 2022).

Os respiradores N95 são produzidos sobretudo para filtrar partículas menores transportadas pelo ar, impossibilitando que contaminantes cheguem até os alvéolos. Têm como finalidade a proteção respiratória, incluindo gotículas no ar, mão-na-boca e nariz. Os termos máscara facial de filtração FFP2, FFP3 e N95, N99 e N100 são utilizados em referência a máscaras de filtração de elevado desempenho. A filtração é alcançada através de uma combinação de uma rede de microfibras de polipropileno e carga eletrostática. A máscara facial FFP2 bem como as máscaras N95, são capazes de impedir pequenos aerossóis na faixa de 0,2 a 1 μm que podem alcançar o pulmão inferior. Tanto a FFPE, como a N95 filtram mais de 99% das partículas, diminuindo a carga de aerossol em 100 vezes (GIRARDI, et al., 2021). A Figura 2 apresenta uma máscara da Classe PFF-2.

Figura 2 - Máscara descartável dobrável da marca 3MTM Classe PFF-2



Fonte: https://www.3m.com.br/3M/pt_BR/p/d/v000518411/

As máscaras cirúrgicas são confeccionadas em material não tecido, como por exemplo, polipropileno, poliestireno, policarbonato, polietileno, celulose e poliéster, contendo uma camada interna e uma externa, além de um material filtrante. Apresenta eficiência de filtragem bacteriológica (BFE) de pelo menos 95% e eficiência de filtragem de partículas (EFP) de 98% no mínimo. A máscara cirúrgica não proporciona uma adequada vedação, pois a superfícies da máscara é flexível e de ajuste frouxo, também não filtra efetivamente partículas minúsculas em aerossóis menores que 4 μm , mesmo possuindo elemento filtrante e um clipe nasal para ajuste ao contorno do rosto do usuário. Esse tipo de máscara funcionada como uma barreira física contra gotículas e respingos de sangue ou outros fluidos corporais, evitando também a transmissão pelo contato das mãos com a boca e nariz (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020; BERGAMINI, 2020; JOKURA, 2022). A Figura 3 apresenta uma imagem/fotografia da máscara cirúrgica da marca Descarpack®.

Figura 3 - Máscara Cirúrgica Tripla Descarpack®



Fonte: <https://descarpack.com.br/M%C3%A1scara+Cir%C3%BArgica+Tripla>

A menor eficácia da máscara cirúrgica, em comparação com o respirador, se deve ao material utilizado na confecção e também a sua adesão ao rosto não ser totalmente justa. As máscaras de confecção caseira possuem uma diversidade de material, pois não há uma padronização para sua confecção, desta forma, sua capacidade de filtração é limitada, não sendo eficaz contra aerossóis (PELOSO et al., 2020).

A utilização de máscaras caseiras durante a pandemia da COVID-19 teve como objetivo prevenir a falta de máscaras de uso profissional aos profissionais da saúde e ao mesmo tempo propor uma alternativa acessível na tentativa de conter a proliferação viral (PELOSO et al., 2020 e GIRARDI et al., 2021; JOKURA, 2022).

As máscaras de tecido, são classificadas como máscaras de proteção de uso não profissional. Agências reguladoras e organizações de saúde recomendaram a utilização de máscaras caseiras por toda a população diante da necessidade de sair do isolamento social, considerando que as máscaras podem servir como uma barreira física, reduzindo a disseminação dos vírus através de gotículas de saliva e aerossóis a partir do controle da fonte de infecção: pessoas infectadas, assintomáticos ou pré-sintomáticos (SOUSA et. al., 2021 e MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020).

Diferentes modelos e tecidos têm sido usados para produção deste tipo de máscara. O Ministério da Saúde preconiza os seguintes tecidos, em ordem decrescente de capacidade de filtragem: saco de aspirador, *cotton* (composto de 55% poliéster e 45% algodão), algodão e fronhas de tecido antimicrobiano. De acordo com a OMS, máscaras de tecido precisam ter três camadas, sendo uma externa, de tecido resistente a água (polipropileno, poliéster ou ambos); uma interna, com capacidade de absorver água (algodão); e uma intermediária, para funcionar como filtro (polipropileno ou camada extra de algodão) (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020; SANTARSIERO et al, 2020 E GIRARDI et al., 2021; JOKURA, 2022).

O CDC/EUA estabelece que a máscara produzida em duas camadas não pode haver passagem de qualquer luminosidade quando colocada contra uma fonte de luz. Tecidos de máscaras caseiras podem apresentar uma boa filtração adequada, porém variável, e sempre inferior às máscaras cirúrgicas. As recomendações sobre a utilização de máscaras caseiras apresentadas, atentam somente as publicações oficiais de cinco instituições de saúde (ANVISA, Ministério da Saúde do Brasil, CDC/EUA, ECDC e OMS), As agências, órgão e organização de saúde preconizaram, principalmente, tecido 100% algodão, e tecido híbrido de algodão e poliéster para

produção de máscaras caseiras. (SOUSA et. al., 2021 e MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020).

Em algumas situações de maior exposição a contaminantes são recomendadas máscara de tricoline de camada dupla, ou o uso da máscara de tricoline sobre a máscara cirúrgica. Muitos profissionais utilizam a máscara cirúrgica, que apresenta custo menor, em associação com a máscara N95, de maior custo, visando minimizar sua exposição e desgaste, aumentando sua vida útil.

A Figura 4 apresenta uma máscara o modelo de uma máscara de tecido confeccionada em tricoline 100% algodão.

Figura 4 - Máscara 3D em Tricoline 100% algodão



Fonte: <https://www.magazineluiza.com.br/mascaras-3d-de-tecido-lavavel-com-clipe-nasal-branca-noiva-modas/p/qah5577fa9/cp/mcir/>

Quando feito a comparação dos três tipos de máscaras, estudos evidenciam que a máscara do tipo respirador é a que proporciona maior proteção seguida pela cirúrgica e, por fim, a de confecção em tecido (caseira) (MA et al., 2020; TIRUPATHI et al., 2020; JOKURA, 2022).

3.3. MÉTODOS DE DESCONTAMINAÇÃO

A medida que a disseminação mundial do coronavírus ia evoluindo, também aumentou a demanda por EPIs, provocando consequentemente uma escassez global no fornecimento de respiradores faciais com filtro N95 (FFRS) e máscaras cirúrgicas. A OMS e os CDCs determinaram a utilização de FFRs N95 para os profissionais de saúde que cuidaram de pacientes com a doença COVID-19 e durante procedimentos de geração de aerossóis. Já as máscaras cirúrgicas foram recomendadas para uso

por profissionais de saúde para proteger contra o risco de transmissão de gotículas em uma variedade maior de ambientes de saúde de pacientes internados, bem como em ambientes ambulatoriais (ZORKO et al., 2020).

A utilização de Dispositivo de Proteção Respiratória (DPR) em todo o mundo ocasionou além da escassez, um outro problema relevante, o descarte em massa de máscaras, que são produtos à base de fibra plástica, que podem provocar um problema ambiental, uma vez que poderão ser recolhidos e tratados como resíduos domésticos indiferenciados. Uma solução tanto para a escassez em que ocorreu durante a pandemia, como para o descarte excessivo no meio ambiente, foi a reutilização do DPR depois de um adequado tratamento de descontaminação. Esta conduta poderia, de fato, abordar escassez, pois uma única reutilização tem como efeito aumentar a disponibilidade de máscaras e também diminuir os prejuízos ao meio ambiente (LORDELO et al., 2022).

Com a escassez global de EPIs foi necessário traçar estratégias para gerenciar essa situação, dentre elas estão, a esterilização e reutilização de respiradores e apelo à população para diminuir o uso de máscaras médicas. Diante disso surgiu a exigência de desenvolvimento de métodos para descontaminar e reutilizar máscaras N95 e/ou cirúrgicas, mesmo que não sejam produzidas para serem reutilizadas. (JERRY et al., 2021 e HOWARD et al., 2021).

A desinfecção é o processo físico ou químico que destrói todos os microrganismos patogênicos de objetos inanimados e superfícies, sendo a radiação Ultravioleta-C um método de desinfecção física (COUTO, et. al., 2021).

Os métodos de descontaminação precisam cumprir determinados quesitos, entre eles estão, a capacidade de descontaminar com êxito a máscara, inativando todos os microrganismos, o método de descontaminação não pode deteriorar a máscara de modo que sua integridade, seja significativamente comprometida e não deve ter nenhum resíduo químico ou subproduto na máscara que favoreça um efeito adverso à saúde do usuário. Além disso, o custo e a disponibilidade dos recursos e equipamentos acessíveis, a facilidade e segurança do tratamento. Há alguns métodos para descontaminação de máscara, incluindo, irradiação germicida ultravioleta (UVGI), calor seco e úmido, peróxido de hidrogênio vaporizado (VHP), óxido de etileno (EtO), etc. (JERRY et al., 2021 e HOWARD et al., 2021).

Durante a pandemia do Coronavírus os métodos de descontaminação foram desenvolvidos especialmente para a reutilização de máscaras N95, com

regulamentações variadas em distintos países. As máscaras de tecido, contudo, não são estritamente regulamentadas. Um estudo realizado por MACINTYRE et al., (2020) demonstraram que máscaras de pano sujas utilizadas por profissionais de saúde podem ser uma fonte de contaminação. O CDC recomenda lavar as máscaras de tecido toda vez que estiverem sujas, ou pelo menos todos os dias, utilizando detergente ou sabão comum. Após vários ciclos de lavagem e secagem, as máscaras de tecido devem ser descartadas, pois sua eficiência de filtragem de partículas (PFE) reduz devido ao alongamento da superfície, causando o aumento do tamanho dos poros (JERRY et al., 2021).

No caso das máscaras reutilizáveis, os métodos de descontaminação utilizados pela população é a base de produtos químicos que podem causar a deterioração do material com o passar do tempo, ou então é realizada a limpeza com água, levando ao uso excessivo de um recurso natural escasso. O desenvolvimento de novos equipamentos para descontaminação de ambientes e superfícies surgiu com a pandemia do Coronavírus com o objetivo de evitar que a contaminação se propague rapidamente. Métodos alternativos devem ser estudados e avaliadas sua eficácia como o método físico com radiação UV-C, que é um procedimento que tem apresentado segurança e eficácia na inativação de microrganismos (CASSORLA 2021; CORRÊA et al, 2017; CENTRO DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA- CVS, 2020; FISCHER et al 2020; JU et al, 2021; KUMAR et al 2020; LIAO et al 2020; RODRIGUEZ-MARTINEZ et al, 2020; SARKIS-ONOFRE et al, 2020; SILVA et al., 2020; SMITH et al 2020; OU et al 2020; ZORKO et al, 2020).

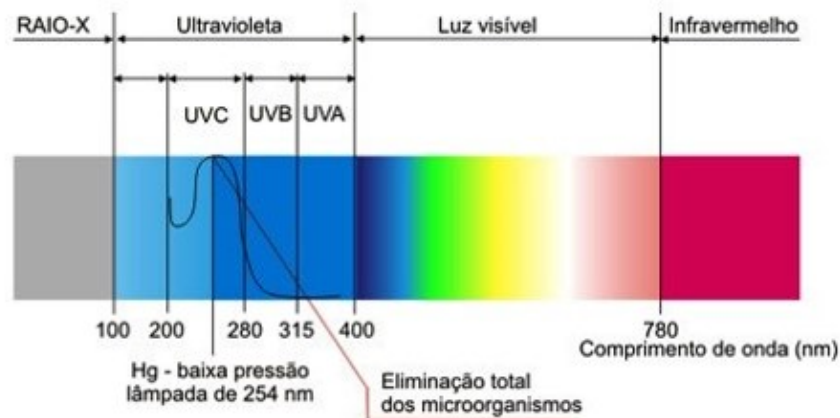
3.4. RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

Uma atuação direta para impedir a transmissão de doenças transmitidas pelo ar é a inativação dos microrganismos aerotransportados correspondentes e, por certo, a eficácia antimicrobiana da luz ultravioleta no ar foi determinada há muito tempo. A radiação UV antimicrobiana pode também inativar infalivelmente bactérias sensíveis a medicamentos e multirresistentes, assim como diversas cepas de vírus. Contudo, a utilização generalizada de luz ultravioleta germicida em locais públicos tem sido bastante limitado, pois as fontes convencionais de luz UV-C são uma ameaça para a saúde dos seres humanos, sendo cancerígenas e cataratagênicas (WELCH, et al., 2018).

A radiação ultravioleta é a fração do espectro eletromagnético que compreende os comprimentos de onda abaixo da luz visível, podendo variar entre 200 a 400 nm. Essa fração pode ser subdividida em: Ultravioleta-A (UV-A) com comprimentos de onda variando de 320 a 400 nm, geralmente responsável por alterações na pele humana, causando envelhecimento; Ultravioleta-B (UV-B) com comprimentos de onda variando de 280 a 320 nm, pode provocar queimaduras e mutações genéticas podendo eventualmente desenvolver o cancro de pele; e Ultravioleta-C (UV-C) com comprimentos de onda variando de 200 a 280 nm é considerada a mais deletéria, denominada faixa germicida, uma vez que inativa bactérias e vírus, ou seja destruição microbiana, com um pico no comprimento de onda 254 nm.

Desta forma é imprescindível que equipamentos que operam nesta faixa de luz possuam dispositivos de segurança para que não exponha ninguém a luz, evitando danos de saúde das pessoas que os utilizam (COUTO, et al., 2021; SILVIA et. al., 2020 e CORRÊA et al., 2019). A Figura 5 apresenta os comprimentos de ondas da Luz Ultravioleta

Figura 5 - Comprimento de ondas da Luz Ultravioleta



Fonte: National Center for Food Safety and Technology, Illinois Institute of Technology, 6502 S. Archer Road, Summit-Argo, IL 60501; <https://foodsafetybrazil.org/desinfeccao-de-embalagem-utilizando-radiacao-ultravioleta>

A radiação do sol possui em suas ondas de radiação como rádio, infravermelho, luz visível, raios-X, raios gama, raios cósmicos e radiação ultravioleta. A camada de ozônio que cobre a Terra filtra aproximadamente 100% da radiação UV-C, desse modo a radiação UV-C só pode ser adquirida para utilização através de lâmpadas especiais (BOTTA et al., 2020).

O método de desinfecção por irradiação ultravioleta tem sido constantemente usado na substituição ou complementação de outros métodos como a pasteurização e desinfecção por cloro e seus derivados (COUTO et. al., 2021).

Novos equipamentos germicidas de luz ultravioleta atualmente estão entre as principais crescentes tecnologias automatizadas em razão à eficácia notavelmente documentada da radiação ultravioleta-C (UV-C) na eliminação de bactérias, fungos, leveduras, vírus e esporos persistentes.

A UV-C tem a capacidade de ionização, atuando, no entanto, como um potente mutagênico, que pode provocar doenças imunomediadas e câncer em situações adversas. A radiação ultravioleta é conhecida principalmente por danificar diversas estruturas. A exposição a altas doses de radiação ultravioleta provoca dano direto nas células, isso é um fator importante no desenvolvimento do câncer (BOTTA, et al., 2020).

A forma como ocorre a morte de microrganismos por UV-C se dá principalmente em virtude da inativação do ácido desoxirribonucleico (DNA) e ácido ribonucleico (RNA) por meio da absorção de fótons resultando no desenvolvimento de dímeros de pirimidina a partir de timina e citosina. Ou seja, a destruição microbiana ocorre devido a absorção do comprimento de onda pelo material genético (ácido nucléico) dos microrganismos, causando alterações bioquímicas e um rearranjo da informação genética, interferindo na capacidade de reprodução da célula. Desta forma, a radiação UV-C inviabiliza os microrganismos, provocando à morte ou incapacitando-os de se replicar e causar doenças. Por possuir uma alta efetividade, a radiação UV-C tem sido bastante utilizada com segurança na desinfecção de superfícies em geral, hospitais, salas de cirurgias, clínicas, laboratórios e também nas indústrias farmacêuticas, cosméticas, alimentícias, de laticínios, entre outros ambientes (CORRÊA et al., 2019; BOTTA, et al., 2020)

Estudo realizado por YANG, et. al. (2019) comprovou a eficiência da Luz UV-C na destruição de diversas bactérias. Os resultados mostram uma elevada diminuição da presença de bactérias quando submetidas a luz ultravioleta por 5 min de exposição à uma distância de 3 metros. Ao testar em um ambiente hospitalar, houve uma enorme redução das bactérias em superfícies diferentes após a exposição a luz por 15 minutos. De acordo com NOGEE e TOMASSONI, (2020), as fontes de radiação ultravioleta germicida aplicadas para esterilização de equipamentos de laboratório podem ser ajustadas para esterilização de máscaras e protetores faciais.

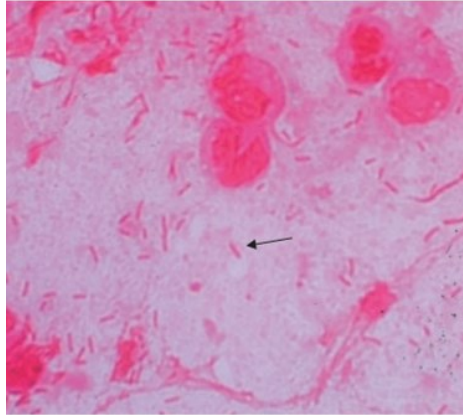
3.5. *Escherichia coli*

Os coronavírus, por suas características estruturais, são mais sensíveis à radiação UV-C do que fungos e bactérias, e vários estudos relacionados à eficácia da UV-C contra a COVID-19 foram realizados utilizando microrganismos substitutos (INADA e CORRÊA, 2016, CORREA et al, 2017, WELCH, et al., 2018, CORRÊA et al., 2019, YANG, et al, 2019, BOTTA, et al., 2020, CENTRO DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA- CVS, 2020, SILVIA et. al., 2020 e COUTO, et al., 2021, ROCHA et al., 2021)

Alguns estudos como os de SANTOS; CASTRO, (2021), CORRÊA, et al., (2019), ROCHA, et al., (2021) e OVIEDO, et al., (2013) utilizaram a bactéria *Escherichia coli* para testar a eficácia da descontaminação utilizando a radiação UV-C. A *Escherichia coli* é um dos organismos anaeróbio facultativo mais abundante no cólon e nas fezes. É uma bactéria fermentadora de lactose, com produção de gás e ácido. Possui três antígenos usados para identifica-la em investigações epidemiológicas: o antígeno O, ou de parede celular; o antígeno H, ou flagelar; e o antígeno K, ou capsular. Há mais de 150 antígenos O, 50 H e 90 K, as diversas combinações resultam em mais de 1.000 tipos antigênicos de *E. coli*. Seu reservatório inclui seres humanos e animais, é responsável por infecções do trato urinário, meningite neonatal, diarreia do viajante, etc. Há vários componentes claramente identificados que contribuem para sua capacidade de causar doença: pili, uma cápsula, endotoxina, e três exotoxinas (enterotoxinas), duas que causam diarreia aquosa e uma que provoca diarreia sanguinolenta e síndrome hemolítica-urêmica (MUELLER e TAINTER, 2022; FAÚLA, 2016).

Em relação à temperatura de crescimento, a espécie é classificada como mesófila, multiplicando-se entre 7°C e 46°C, com temperatura ótima de 37°C; desenvolve-se em alimentos com atividade de água mínima de 0,95 e pH entre 5,5 a 7,5, com o mínimo de desenvolvimento entre 4,0 e 4,5 (FAÚLA, 2016). A Figura 5 apresenta a bactéria *Escherichia coli* em uma coloração de Gram e a Figura 6 apresenta uma micrografia eletrônica de *E. coli*.

Figura 6 - *Escherichia coli* – coloração de Gram. A seta indica um bacilo gram-negativo.



Fonte: LEVINSON, 2011

Figura 7 - Micrografia eletrônica de varredura colorida (SEM) de Gram-negativos *Escherichia coli* O157:H7.



Fonte: CDC, 2013

A espécie bacteriana *E. coli* é possivelmente o organismo mais conhecido da microbiologia. Essa bactéria é considerada uma importante ferramenta para a pesquisa biológica básica e por ser tão comum e facilmente cultivada, diversos pesquisadores a denominam como animal de laboratório. Sua presença na água e nos alimentos é uma indicação de contaminação fecal, também pode ser a causa de infecções do trato urinário, e algumas produzem enterotoxinas que causam a diarreia do viajante e ocasionalmente doença de origem alimentar grave. Normalmente são inofensivas, porém algumas linhagens podem ser patogênicas. Todas as linhagens

patogênicas possuem fímbrias especializadas que permitem que elas se liguem a certas células do epitélio intestinal. Elas também produzem toxinas que causam distúrbios gastrintestinais, denominados coletivamente gastroenterite por *E. coli* (TORTORA, 2012).

A *Escherichia coli* é um bacilo gram-negativo conhecido por constituir a flora intestinal normal, porém também pode causar doenças intestinais e extraintestinais em humanos. Há diversas cepas de *E. coli* identificadas, resultando em um espectro de doenças desde gastroenterite leve e autolimitada até insuficiência renal e choque séptico. Sua virulência concede à *E. coli* a capacidade de fugir das defesas do hospedeiro e criar resistência a antibióticos comuns (MUELLER e TAINTER, 2022).

Além da flora intestinal comensal a *E. coli* também pode estar presente nos pisos de hospitais e instituições de longa permanência. Quando encontrada fora do trato intestinal, a *E. coli* é capaz de causar infecções do trato urinário (ITU), pneumonia, bacteremia e peritonite, entre outras. A *E. coli* é uma das principais fontes de infecções nosocomiais, dentre elas as ITUs associadas a cateteres e pneumonia associada à ventilação mecânica (PAV). *E. coli* também pode ser encontrada no solo, em vegetais e na água, como também em carnes mal cozidas (MUELLER e TAINTER, 2022).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo *in vitro* foi realizado no Laboratório de Microbiologia da Universidade Estadual de Goiás, Campus Central de Anápolis-GO.

4.1 SELEÇÃO E ORGANIZAÇÃO DAS AMOSTRAS

As máscaras utilizadas neste estudo foram escolhidas mediante recomendações da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) durante a Pandemia de COVID-19 em 2020. Sendo elas:

- **Máscara de proteção de uso não profissional:** confeccionadas artesanalmente com tecidos como, algodão, tricoline, etc., usadas para cobrir o nariz e a boca em espaços públicos durante a pandemia. Para o presente estudo, utilizou-se a máscara produzida em Tricoline 100% algodão de duas camadas.
- **Máscaras cirúrgicas:** Máscaras faciais produzidas em não tecido de uso médico-hospitalar, possuem uma manta filtrante que garante a sua eficácia em filtrar microrganismos e reter gotículas, devem atender a norma ABNT NBR 15052. Neste estudo foi selecionada a máscara descartável tripla camada da marca Descarpack®.
- **Equipamentos de Proteção respiratória (respiradores):** Cobrem o nariz e a boca possibilitando uma adequada vedação sobre a face do usuário. Dispõe de um filtro eficiente para diminuir a exposição respiratória a contaminantes químicos ou biológicos. O filtro deve ter aprovação mínima PFF2/P2 ou N95. Neste estudo utilizou-se o N95 - Respirador Dobrável 3M™ 9920H, Classe PFF-2 (S).

Os três modelos de máscaras selecionados foram divididos em grupos padrão conforme o procedimento de desinfecção por meio da radiação UV-C. A Tabela 1 apresenta a divisão dos grupos das amostras.

Tabela 1- Divisão dos grupos dos diferentes tipos de máscaras e procedimentos de desinfecção

Tipos de máscaras	Grupos			
	Controle	Radiação UV-C		
Máscara de Tecido (Tricoline)	Grupo Controle (TGC)	Grupo UV-C 30 – 30 s de irradiação (T30s)	Grupo UV-C 45 – 45 s de irradiação (T45s)	Grupo UV-C 60 – 60 s de irradiação (T60s)
Cirúrgica	Grupo Controle (CGC)	Grupo UV-C 30 – 30 s de irradiação (C30s)	Grupo UV-C 45 – 45 s de irradiação (C45s)	Grupo UV-C 60 – 60 s de irradiação (C60s)
Respirador (N95)	Grupo Controle (NGC)	Grupo UV-C 30 – 30 s de irradiação (N30s)	Grupo UV-C 45 – 45 s de irradiação (N45s)	Grupo UV-C 60 – 60 s de irradiação (N60s)

Fonte: Autoria própria

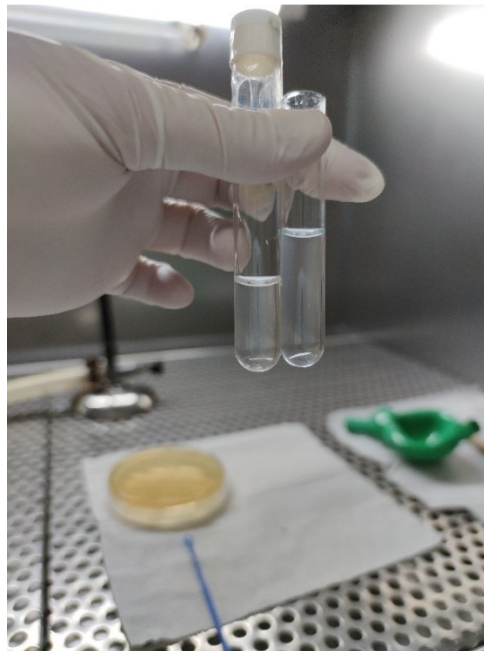
4.2 AMOSTRA MICROBIOLÓGICA

Para contaminação das amostras foi utilizado a cepa bacteriana *Escherichia coli* (CCCD 25922) obtida na empresa Biomedh®, produzida pela Cefar Diagnóstica® Ltda, Lote: BF – B734. O frasco de vidro continha 1,0 ml de liofilizado microbiano com contagem de UFC/mL $\geq 10^5$.

A preparação da amostra, conservação e armazenamento foi realizado conforme a “instrução de uso da cepa microbiana” e a “metodologia para conservação e utilização de cepas microbianas” disponibilizadas pela Cefar Diagnóstica® Ltda. Após o procedimento de reconstituição do liofilizado, o mesmo foi inoculado em Caldo de Infusão Cérebro-Coração (*Brain Heart Infusion – BHI*) da marca Kasvi®, a uma temperatura de 37°C por 24h em estufa bacteriológica, após esse período foi observado a turvação do meio atestando o crescimento bacteriano. Para armazenamento e conservação dessa amostra, foi adicionado glicerol estéril e realizado alíquotas que foram armazenadas em eppendorfs e acondicionadas em freezer a -20°C.

Para a preparação da suspensão bacteriana, utilizou-se das alíquotas previamente preparadas para semear em Ágar Mueller Hinton da marca Kasvi® e incubou em estufa bacteriológica por 24 horas à 37°C, após esse período colheu-se as colônias e homogeneizou em 3 ml de solução fisiológica estéril, na concentração de 8×10^8 UFC/mL, determinada através da escala nefelométrica de Mc Farland (0,5 Mc Farland). A Figura 8 apresenta a suspensão bacteriana preparada em comparação com a escala de MC Farland 0,5.

Figura 8 - Comparação da suspensão bacteriana com a escala nefelométrica de Mc Farland (0,5 Mc Farland)



Fonte: Autoria própria

4.3 CONTAMINAÇÃO DAS MÁSCARAS

As máscaras foram cortadas em pedaços quadrangulares de 1 cm^2 , conforme apresentado na Figura 9, os quais foram dispostos em um barbante esterilizado dentro da capela de fluxo laminar utilizando mini prendedores também esterilizados para fixação das amostras, como apresenta na Figura 10.

A suspensão bacteriana de 8×10^8 UFC/mL de *E. coli* foi inserida em um borrifador plástico de 50 ml, e a uma distância de 10 cm foi borrifado separadamente por três vezes na posição anterior das amostras de cada um dos três tipos de

máscaras, uma das amostras foi usada como controle, posteriormente deixou-se secar em temperatura ambiente por 30 minutos.

Figura 9 - Os três tipos de máscaras e os pedaços (amostras) cortados: a) Máscara de tecido (tricoline 100% algodão), b) Máscara cirúrgica e c) Respirador N95



Fonte: Autoria própria

Figura 10 - Amostras dispostas na capela de fluxo laminar para realização da contaminação



Fonte: Autoria própria

4.4 PROCEDIMENTO DE IRRADIAÇÃO UV-C DAS AMOSTRAS

As amostras foram submetidas a radiação UV-C a fim de obter a descontaminação, para isso foi utilizado o equipamento portátil SURFACE UV® (MMOptics, São Carlos, Brasil), o qual está apresentado na Figura 11. Este equipamento foi produzido pelo técnico de apoio laboratorial do Grupo de Óptica do Instituto de Física de São Carlos (Patente PI: BR 20 2014 006540-2) tendo como

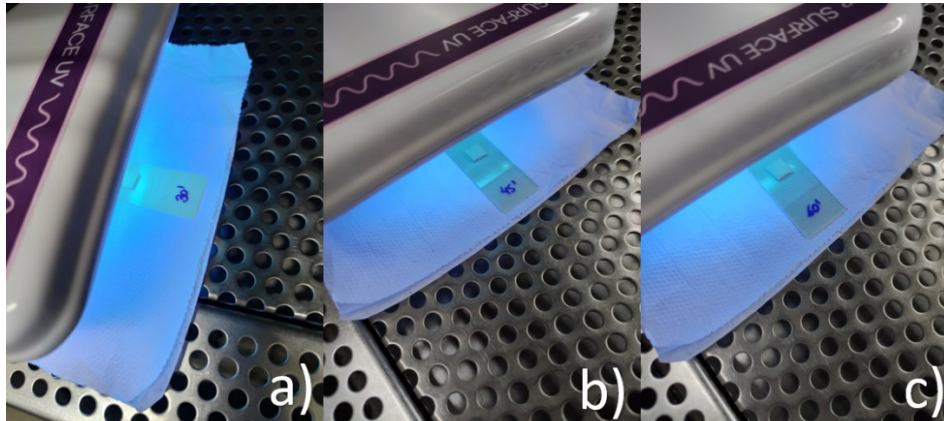
benefício uma lâmpada UV-C usada para desinfecção de superfícies agindo no controle microbiológico. Esta luz UV emite UV-C com comprimento de onda de 254 nm e gera uma irradiância total de 13 mW/cm² a uma distância de 1 cm das superfícies das amostras. Possui também um mecanismo de segurança que permite a iluminação apenas quando a lâmpada está voltada para as superfícies, evitando a exposição ocular (INADA e CORRÊA, 2016; CORRÊA et al., 2017).

As amostras foram dispostas em lâminas de vidro estéreis dentro da capela de fluxo laminar e submetidas a irradiação em um comprimento de onda de 254 nm (1 cm/s, 13 mW/cm², 0,78 J/cm²) na posição anterior das amostras, conforme apresentado na Figura 12. A irradiação foi realizada nos tempos de 30 s, 45 s e 60 s para verificar a capacidade biocida da luz UV-C. A Figura 12 apresenta o processo de descontaminação nas amostras utilizando o equipamento Surface UV®.

Figura 11 - Equipamento Surface UV® da MMOptics



Figura 12 - Aplicação da radiação UV-C utilizando o equipamento Surface UV® à 1 cm de distância da superfície das amostras: a) aplicação em uma amostra por 30s, aplicação em uma amostra por 45s e aplicação em uma amostra por 60s



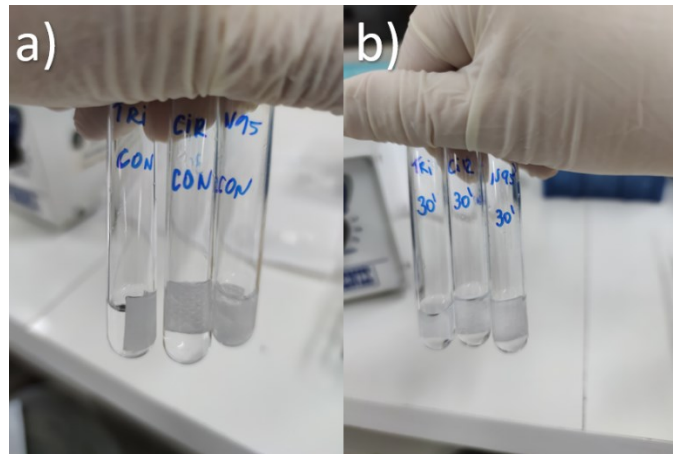
Fonte: Autoria própria

4.5 VERIFICAÇÃO DA EFETIVIDADE DA DESCONTAMINAÇÃO

Foi realizada a recuperação microbiana das amostras controles (GC) e amostras descontaminadas, para verificar a efetividade da descontaminação por meio da radiação UV-C. As amostras controles de cada um dos três tipos de máscaras foram contaminadas e não passaram por nenhum processo de descontaminação.

Em um tubo de ensaio foi inserido 1,0 mL de solução fisiológica estéril e as amostras separadamente, incluindo o controle, conforme apresentado na Figura 13, posteriormente agitou-se por 30 s no vórtex, em seguida retirou-se as amostras dos tubos com o auxílio de uma pinça estéril, centrifugou-se por 15 min a 3.500 RPM. Ao final da centrifugação, desprezou-se o sobrenadante e foi adicionado 50 µl de solução fisiológica estéril e agitado novamente no vórtex por 30 segundos para a recuperação bacteriana.

Figura 13 - Amostras em tubo de ensaio contendo solução fisiológica para recuperação microbiana: a) amostras controle e b) amostras de 30s de cada um dos três tipos de máscaras



Fonte: Autoria própria

Foi realizada uma diluição seriada na ordem de 1/10, (10^{-1} até 10^{-4} vezes da concentração inicial), para reduzir a concentração de UFC/mL a fim de facilitar a contagem das colônias. Tanto as amostras, como os controles foram inoculados em Ágar Mueller Hinton em um volume de 10 μ l da diluição e incubadas em estufa bacteriológica a 37°C por 24 horas, após esse período fez-se a contagem das unidades formadoras de colônias e os resultados convertidos em fração de sobrevivência para realização da análise estatística. Todos esses procedimentos foram realizados por 3 vezes em 3 dias diferentes, ou seja realizando uma triplicata (n=9).

4.6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após a descontaminação foi realizado a quantificação das UFCs das amostras e grupo controle, fazendo um comparativo entre elas. Utilizou-se o programa estatístico PRISMA (GraphPad® Software, Version 9.2.0, 2021) para tabulação, análise dos dados e análise estatística, onde os valores de UFC/mL foram transformados em um logaritmo de base 10 (\log^{10}).

Todos os dados foram analisados sobre a sua distribuição utilizando o teste Shapiro-Wilk. Os dados paramétricos foram analisados por meio do teste de ANOVA, seguido do teste de Tukey. Os dados não paramétricos foram analisados por meio do

teste de Kruskal-Wallis, seguido do teste de Wilcoxon. O nível de significância foi considerado para $p < 0,05$. Todos os experimentos foram realizados em três dias distintos e analisados em triplicata, resultando em nove análises por grupo, totalizando 27 observações.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

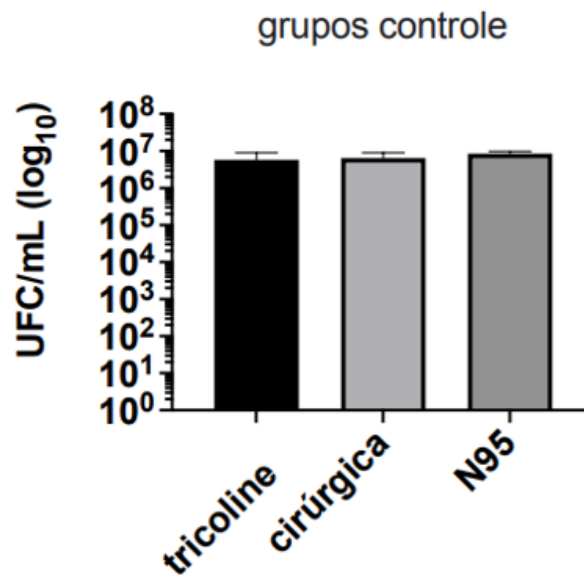
Os resultados deste estudo consistem na verificação do potencial da radiação UV-C em eliminar microrganismos presentes em máscaras de proteção facial por meio de um equipamento portátil desenvolvido para esse fim.

O Surface UV®, emite radiação UV-C a qual é produzida por uma lâmpada de mercúrio de quartzo, capaz de eliminar 99,9% de diferentes microrganismos. Este pode ser usado na descontaminação de diversas superfícies e objetos, como por exemplo mobiliários, bancadas, pias, camas, equipamentos, pisos, janelas, computadores, etc., a principal finalidade é inativar microrganismos e diminuir a disseminação dos mesmos. É importante salientar que este dispositivo é ideal para ambientes profissionais e domésticos, possui baixo custo de aquisição, além de ser um dispositivo portátil e seguro, uma vez que, impede a exposição direta da radiação UV-C pelo usuário, também é considerado uma tecnologia bastante sustentável, pois traz benefícios ambientais por diminuir o uso de produtos químicos que são onerosos para o sistema público de saúde e tóxicos para a população e para o meio ambiente (INADA e CORRÊA, 2016, CORRÊA et al., 2019 e MMOPTICS, 2014).

Foram avaliados os dados provenientes de 27 amostras de máscaras, distribuídas em 3 diferentes tipos de modelos de máscaras: máscara de tricoline (T) (n=9), máscara cirúrgica (C) (n=9) e respirador tipo N95 (N) (n=9), sendo que em cada tipo de máscara foi realizado tratamento com radiação UV-C nos 3 tempos: 30 s (30s) (n=3), 45 s (45s) (n=3) e 60 s (60s) (n=3), sendo as coletas realizadas em triplicata em cada amostra.

As MPF foram contaminadas com concentrações entre 10^6 e 10^7 UFC/mL da bactéria *E. coli* e submetidas aos tratamentos com radiação UV-C para avaliar a efetividade do método de desinfecção. As amostras controles (Grupo Controle – GC) foram contaminadas e não passaram por nenhum processo de descontaminação, como pode ser observado na Figura 14, mesmo sendo utilizados diferentes modelos de máscaras, com diferenças na composição e estrutura do tecido, houve similaridade na quantidade de UFC/mL entre os grupos, apontando homogeneidade nos processos de contaminação das amostras.

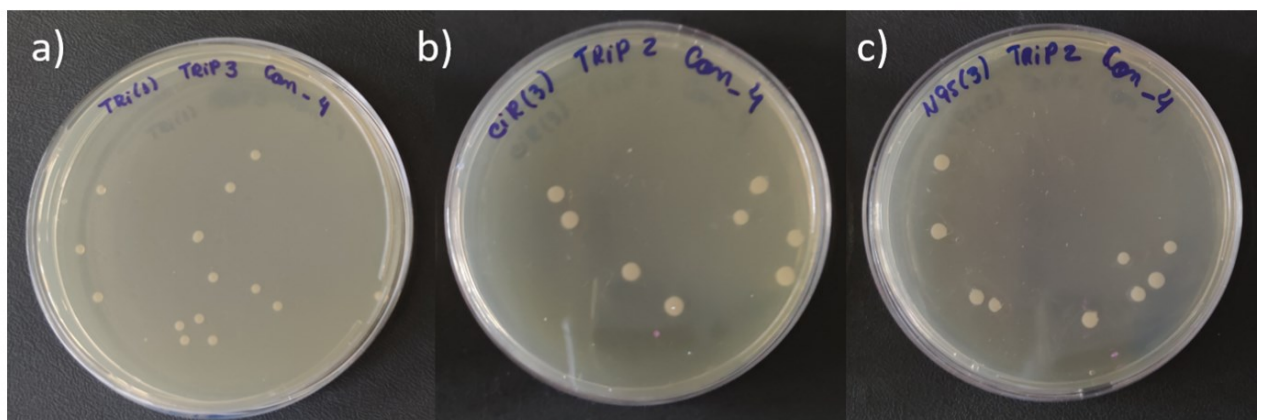
Figura 14 - Resultado da contaminação bacteriana do Grupo Controle em cada uma dos três tipos de máscaras testadas



Fonte: Autoria própria

A Figura 15 apresenta imagens ilustrativas da coleta microbiana das amostras controles de cada uma dos três tipos das máscaras testadas, em uma diluição 10^{-4} .

Figura 15 – Imagem ilustrativa das coletas das amostras controles de uma diluição 10^{-4} : a) Máscara tricoline, b) Máscara cirúrgica e c) Respirador N95

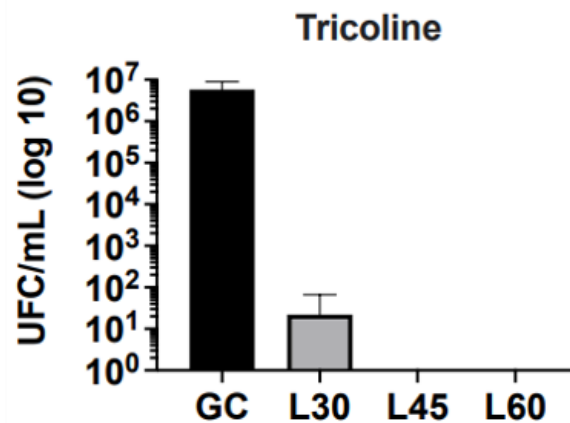


Fonte: Autoria própria

A Figura 16 apresenta o resultado da amostra do grupo controle da máscara de tricoline (TGC), ou seja, amostra contaminada e sem nenhum método de

descontaminação apresentou significativa maior contaminação em comparação com as amostras após a irradiação com UV-C nos tempos de 30 s (T30s), 45 s (T45s) e 60 s (T60s) ($p < 0,05$). Pode-se observar significativa redução das UFCs após irradiação UV-C comparando ao grupo controle ($p < 0,05$). Observa-se que houve reduzido crescimento microbiano apenas no tempo de 30 s entre 10^0 a 10^1 UFC/mL, e nos tempos de 45 s (C40s) e 60 s (C60s) não houve presença de colônias, mostrando que houve significativo efeito antimicrobiano da radiação UV-C ($p < 0,05$), e não houve diferença estatística significativa entre os tempos de 45 s e 60s de irradiação ($p > 0,05$) nas máscaras de tricoline.

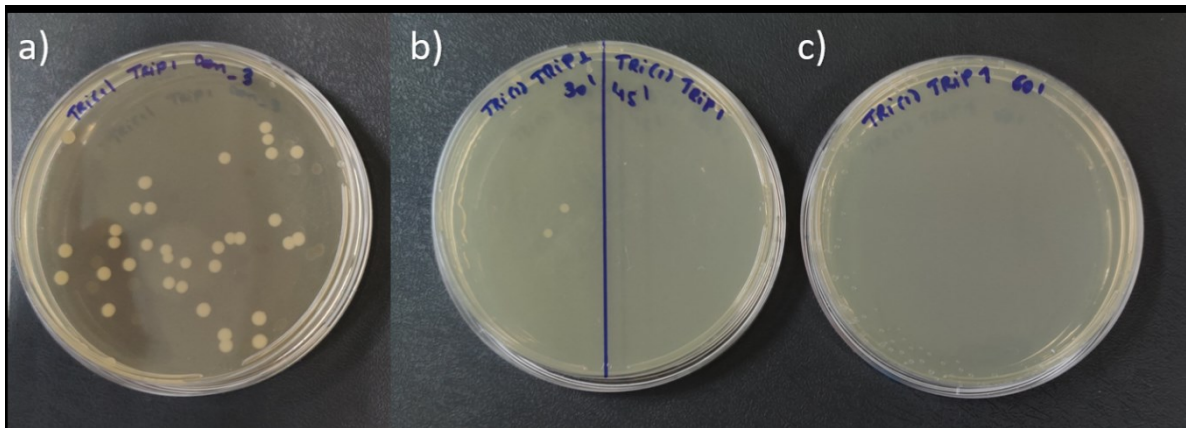
Figura 16 - Resultado do Grupo Controle da máscara de tricoline em comparação com a amostra após a radiação UV-C nos tempos de 30 s, 45 s e 60 s



Fonte: Autoria própria

A Figura 17 apresenta imagem ilustrativa de uma placa com amostra controle da máscara tricoline (TGC) em comparação com as placas das amostras após o tratamento com a radiação UV-C, observa-se o crescimento de várias colônias na primeira placa, pois não houve processo de descontaminação (TGC) (figura 17 a) e apenas duas colônias da segunda placa no tempo de 30 s de irradiação UV-C (T30s) (figura 17 b), nos demais tempos de 45 s (T45s) e 60 s (T60s) da terceira placa houve ausência de crescimento de colônias (figura 17 c). Desta forma, é possível afirmar que na máscara de tricoline, a partir de 30 s de radiação UV-C promoveu efetiva redução de microbiana e a partir de 45 s promoveu a eliminação total dos microrganismos.

Figura 17 - Imagem ilustrativa das placas de amostra controle e amostras após irradiação UV-C da máscara de tricoline: a) Amostra controle, b) Amostras com 30 s e 45 s de irradiação e c) amostra com 60 s de irradiação



Fonte: Autoria Própria.

Muitos patógenos como bactérias, fungos e vírus podem se disseminar por rotas ambientais, como ar e superfícies inertes ou indiretamente após o toque em uma superfície contaminada. Diante disso, para diminuir o risco de infecções por microrganismos patogênicos, uma variedade de técnicas de controle podem ser utilizadas, como por exemplo: esterilização por calor, desinfetantes químicos, filtração e irradiação ultravioleta (UV). Entretanto, não há um método de desinfecção que seja eficaz para toda e qualquer situação.

Dessa forma é importante a utilização de diferentes métodos para minimizar a transmissão de patógenos por via aérea e por fômites. Dentre essas tecnologias a utilização da radiação ultravioleta (UV-C) com equipamento portátil tem se apresentando eficiente contra diversos vírus, bactérias e fungos (INADA e CORRÊA, 2016, CORREA et al, 2017, WELCH, et al., 2018, CORRÊA et al., 2019, YANG, et al, 2019, BOTTA, et al., 2020, CENTRO DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA- CVS, 2020, SILVIA et. al., 2020 e COUTO, et al., 2021, ROCHA et al., 2021).

Conforme orientações do fabricante do equipamento Surface UV, baseado em estudo de prova de conceito de estabelecimento dos protocolos de irradiação UV-C do equipamento (254 nm), determina a eficiência na eliminação de 99,9% da bactéria *Escherichia coli*, sendo essa a mesma bactéria utilizada neste estudo. (MMOPTICS, 2014, INADA e CORRÊA, 2016, CORRÊA et al., 2017)

A eficácia da radiação UV-C como método de descontaminação pode ser afetada por diversos parâmetros, incluindo o tipo e a característica da superfície contaminada

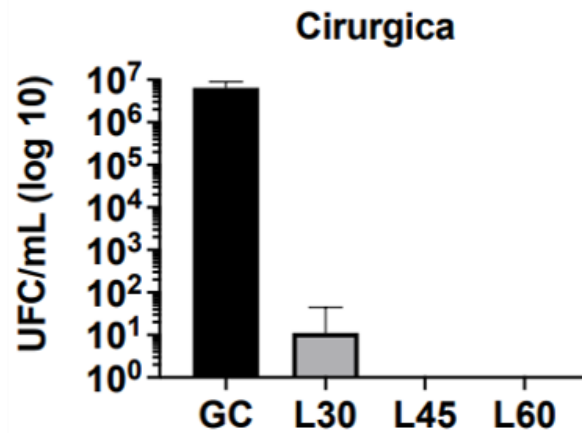
e o local dos microrganismos no substrato. A transmitância UV-C é possível por meio das minúsculas lacunas e fibras de superfícies porosas, como os têxteis (FISHER e SHAFFER, 2010).

Rocha et al., (2021) desenvolveu um dispositivo emissor de radiação UV-C portátil para desinfecção de substratos susceptíveis a contaminação por patógenos. O mesmo testou os seguintes microrganismos, *Candida albicans*, *Satphylococcus aureus* e *Escherichia coli*. Todos foram eliminados do meio de cultura com menos de 20 min de exposição. Ressalta-se que nesse estudo a distância da fonte geradora da radiação e a superfície dos meios de cultura contendo os microrganismos foi de 1 metro.

Outro estudo realizado por Szeto et al, (2020), utilizaram um dispositivo emissor de radiação UV-C, porém não portátil, testaram os microrganismos, *E. coli*, *S. aureus* e vírus da influenza e verificaram a diminuição das populações microbiana em 6,5 e 3,5 log¹⁰, após 10 minutos de irradiação, alcançando a desinfecção total de todos os microrganismos após 20 minutos. A distância entre a fonte de luz e os microrganismos foi de aproximadamente 5 cm e as comprimentos de onda de UV foi de 254 nm e 185 nm. Ainda neste presente estudo notou-se que a desinfecção por luz UV foi mais eficaz contra *E. coli*, houve inibição completa do crescimento bacteriano aos 15 min de desinfecção.

O resultado da amostra controle da máscara cirúrgica (CGC) em comparação com as amostras após a irradiação UV-C nos tempos de 30 s (C30s), 45 s (C45s) e 60 s (C60s), está apresentando na Figura 18. Observa-se o crescimento das colônias da amostra controle (CGC), ou seja a amostra contaminada e sem nenhum método de descontaminação apresentou significativa maior contaminação em comparação as amostras após a irradiação com UV-C nos tempos de 30 s (T30s), 45 s (T45s) e 60 s (T60s) ($p < 0,05$). Pode-se observar significativa redução das UFCs após irradiação UV-C comparando ao grupo controle ($p < 0,05$). Nos tempos de 45 s (C40s) e 60 s (C60s) não houve presença de colônias, mostrando que houve significativo efeito antimicrobiano da radiação UV-C ($p < 0,05$), e não houve diferença estatística significativa entre os tempos de 45 s e 60s de irradiação ($p > 0,05$) nas máscaras cirúrgicas.

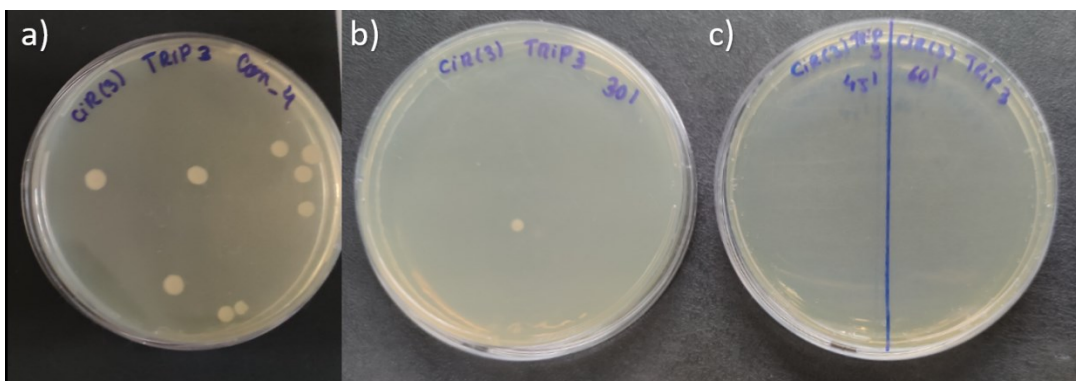
Figura 18 - Resultado do grupo controle da máscara cirúrgica e amostras após irradiação UV-C nos tempos de 30 s, 45 s e 60 s



Fonte: Autoria própria

Conforme observado na Figura 19, apresenta imagem ilustrativa da presença de colônias na primeira placa que é uma semeadura de amostra controle da máscara cirúrgica (CGC), e nas demais placas, nos tempos de 30 s (C30s), 45 s (C45s) e 60 s (C60s), houve apenas o crescimento de uma colônia no tempo de 30 s de irradiação, e nos demais tempos não houve crescimento microbiano.

Figura 19 - Imagem ilustrativa das placas de amostra controle e amostras após radiação UV-C da máscara cirúrgica: a) Amostra controle, b) Amostras com 30 s de radiação e c) amostra com 45 s e 60 s de irradiação



Fonte: Autoria própria

A desinfecção pelo método físico através da radiação ultravioleta (UV-C) é um método confiável em comparação com a desinfecção química em razão do aumento de microrganismos resistentes, um fato muito importante e que deve ser cada vez

mais pensado na escolha do método de descontaminação e sua eficácia. Além da presença de produtos químicos e os subprodutos tóxicos que são originários após o tratamento químico, sendo nocivos aos operadores, com alto risco de intoxicação, reações alérgicas e queimaduras, além de contaminação ao meio ambiente, com o descarte dos dejetos.

O método de descontaminação físico com radiação UV-C tem como benefício a ausência de geração de toxinas ou compostos orgânicos voláteis, e não necessita de armazenamento de materiais perigosos. A radiação ultravioleta C é microbicida ao destruir DNA dos microrganismos, impedindo-os de se multiplicar (LEITE, 2021).

Ao utilizar a radiação UV-C normas internacionais de segurança devem ser rigorosamente seguidas, pois a exposição à radiação UV-C apresenta riscos à saúde humana, podendo levar danos aos olhos e a pele. Doses superiores a 5 mJ/cm² podem resultar em conjuntivite aguda dolorosa, e doses maiores que 10 mJ/cm² resultam em leve vermelhidão, descamação e pigmentação da pele (PURSCHKE et al, 2020). A dose emitida pelo equipamento Surface® usadas no presente estudo foi superior a esses valores, para isso há um sistema interno de segurança, de forma o equipamento funciona quando está direcionado para baixo, e caso seja virado para cima é acionado seu desligamento imediato, além disso devem ser usados óculos de proteção específicos para o comprimento de onda emitido pelo equipamento.

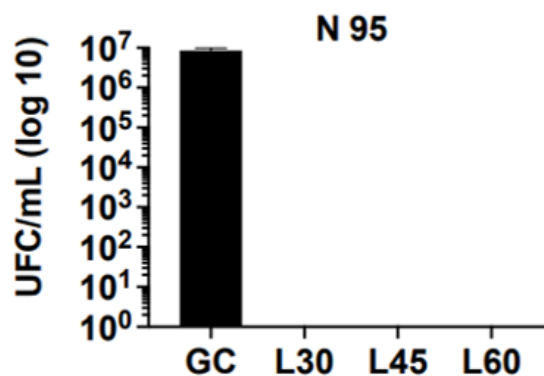
Cada organismo possui uma sensibilidade diferente a radiação UV-C, estudo de Malayeri et al., (2020) analisaram os resultados obtidos em diversos trabalhos sobre a dose de UV-C necessária para obter a inativação, ou seja, a privação de reprodução de bactérias, protozoários, vírus e algas. Existe diferenças na suscetibilidade à desinfecção por UV-C, porém todos os organismos testados, inclusive outros coronavírus, responderam nas doses adequadas. Doses descritas entre 0,5 e 1,8 J/cm² apresentaram efetividade antimicrobiana de 99,9% para todos os vírus testados (CDC, 2020, MALAYERI et al., 2020).

Diferente das demais máscaras, o respirador N95 apresentou um resultado um pouco diferente, visto que tanto as máscaras de tricoline e cirúrgica apresentaram resultados semelhantes frente ao método físico de descontaminação com radiação UV-C.

Como pode ser observado na Figura 20, no respirador N95 a amostra do grupo controle (NGC) apresentou elevado crescimento de UFCs e significativa redução das UFCs após irradiação UV-C em todos os tempos testados ($p < 0,05$). Nas amostras

após a irradiação UV-C houve ausência de crescimento bacteriano, portanto a partir do tempo de 30 s de irradiação UV-C (N30s) e com os tempos de 45 s (N45s) e 60 s (N60s), houve significativa ação antimicrobiana ($p < 0,05$) em comparação ao grupo controle, isso significa que a radiação foi efetiva na eliminação das bactérias presentes nas amostras irradiadas. Não foi observada diferença estatística significativa entre os tempos de 30 s, 45 s e 60s de irradiação ($p > 0,05$) no respirador N95.

Figura 20 - Resultado do grupo controle do respirador N95 e amostras após radiação UV-C nos tempos de 30 s, 45 s e 60 s



Fonte: Autoria Própria

Mazur et al., (2020), desenvolveram um rodo portátil de esterilização com emissão de luz UV-C para desinfecção de pisos, para isso utilizaram diferentes tempos de exposição à luz para Coliformes totais e bactéria *Escherichia coli*. Em 14 segundos de exposição houve eliminação de *E. coli*, porém ainda havia presença de coliformes totais. A esterilização completa dos microrganismos analisados se deu após 24 s de exposição à luz UV-C.

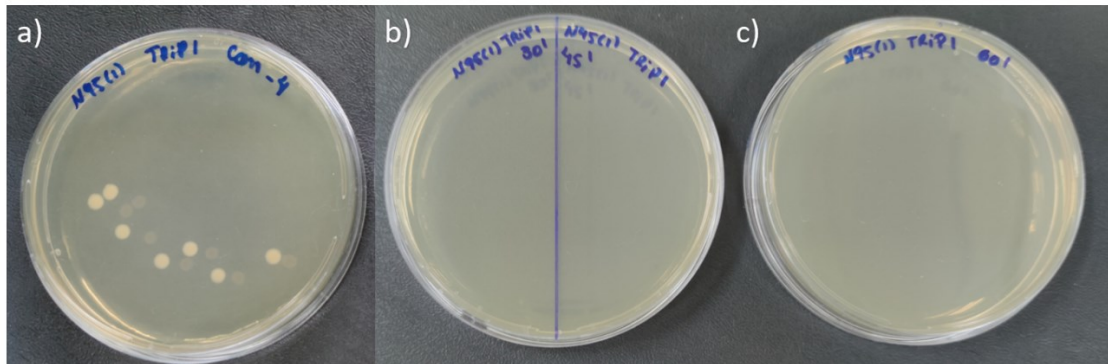
Como pode ser observado na Figura 21, a imagem ilustrativa mostra que houve crescimento na primeira placa, onde foi semeado a amostra controle do Respirador 95 (NGC), e nas demais placas as quais foram semeadas as amostras após a irradiação com UV-C, nos diferentes tempos (N30s, N45s, N60s) não houve crescimento de colônias, ou seja, isso confirma a eficácia da radiação UV-C no processo de descontaminação com menores tempos, mesmo na máscara N95 que apresenta composição e estrutura do tecido muito mais organizada, em comparação as outras máscaras, sendo a MPF indicada para os profissionais de saúde com maior exposição aos microrganismos e doentes.

Tal fato mostra que ao escolher um determinado método e protocolo de descontaminação vários fatores devem ser considerados para que se tenha o máximo de efetividade antimicrobiana, sendo que é muito importante observar e considerar a espécie microbiana, sua estrutura, colonização, proliferação, sensibilidade e resistência aos diferentes métodos, e considerar a superfície a ser submetida ao processo de descontaminação, em relação a composição química, estrutura morfológica, tensão e regularidade superficial.

No caso da necessidade de reutilizar máscaras, como foi indicado pelas autoridades sanitárias durante a pandemia de COVID-19, pode ser realizado o método de descontaminação de lavagem, com diferentes produtos químicos como hipoclorito de sódio, glutaraldeído, água oxigenada, sabão, porém estes método pode levar a destruição do tecido, danificando as suas fibras, principalmente algodão e TNT, comprometendo a eficácia de filtração e proteção da MPF (LEACHI et al, 2021). Neupane et al (2019) mostrou que a lavagem de máscaras promoveu danos a estrutura do tecido afetando sua efetividade de filtração, sendo observada redução de 20% da proteção após o 4º ciclo de lavagem e secagem, alterando o tamanho e formato dos poros, e reduzindo sua eficiência de filtragem.

Nos estudos de Narita (2018), Neupane et al (2019) e Dos Santos e De Castro (2021) levantam importantes questões que podem influenciar nos efeitos dos métodos físicos de descontaminação de MPF com radiação UV-C, que são a morfologia de superfície, número e tamanho dos poros, retenções que podem facilitar a retenção e penetração dos microrganismos, e o protocolo de irradiação do equipamento de UV-C (área, potência, tempo) que afetam diretamente na ação da radiação na superfície alvo.

Figura 21 - Imagem ilustrativa das placas de amostra controle e amostras após radiação UV-C do respirador N95: a) Amostra controle, b) Amostras com 30 s e 45 s de irradiação UV-C e c) amostra com 60 s de irradiação UV-C



Fonte: Autoria própria

Foi possível verificar por meio deste estudo que no tempo de 30 s de irradiação UV-C há redução da concentração bacteriana, porém não há eliminação total nas máscaras de Tricoline e Cirúrgica, não havendo diferenças estatísticas significativas entre essas mascaras no tempo de 30s (T30s e C30s) ($p > 0,05$), foi observada diferenças estatísticas significativas entre as máscaras de Tricoline e Cirúrgica com a N95 no tempo de 30 s (T30s e C30s com N30s) ($p < 0,05$) como observado no gráfico da figura 22.

Nas máscaras de Tricoline e Cirúrgica foi observado eliminação total dos microrganismos com tempos de irradiação UV-C a partir de 45 s (T45s e C45s). Por sua vez, no respirador N95 houve a eliminação total da contaminação microbiana a partir de 30 s de irradiação com UV-C (N30s), como pode ser observado na Figura 22.

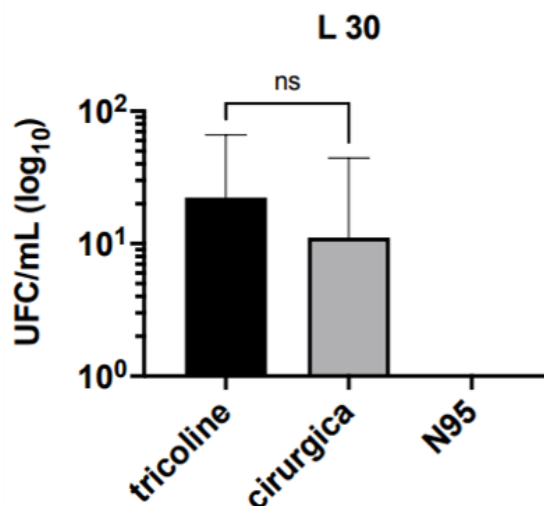
Como pode ser observado no presente estudo, a composição e a estrutura do tecido da máscara teve influência na ação da radiação UV-C sobre os microrganismos. As máscaras do tipo Tricoline (100% algodão) e Cirúrgica (tecido não tecido) apresentam diferentes padrões de textura, gramatura, camadas, tamanho dos poros e efetividade frente a diferentes microrganismos, apresentando menor ação protetora que o respirador N95, esse com camadas, estrutura, gramatura e poros com efetivo e elevado grau de proteção ao usuário.

A composição do tecido, a estrutura intrínseca e morfologia de superfície das máscaras podem influenciar nos efeitos da radiação UV-C, por permitir maior ou menor retenção dos microrganismos, além da sua penetração na trama do tecido

(CORRÊA et al., 2017; NARITA et al., 2018; NEUPANE et al (2019); DOS SANTOS E DE CASTRO 2021; JOKURA, 2022). Como pode ser visto no presente estudo, a topografia e estrutura do respirador N95 pode ter contribuído para o resultado, sendo importante mais estudos para esclarecimento desse resultado, tal MPF apresenta uma efetiva barreira aos microrganismos, como vírus, bactérias e fungos, com mínima ou nenhuma penetração desses na sua estrutura e características de tensão superficial e topografia que dificulta a retenção de biofilmes, assim se torna mais efetivo os tratamentos superficiais para descontaminação, como no presente estudo a radiação UV-C com os menos tempos (30 s).

Em contra partida, as máscaras de Tricoline e a Cirúrgica podem permitir uma maior penetração ou mesmo retenção de microrganismos, o que poderá influenciar na ação do métodos de descontaminação, como foi observado no presente estudo nessas mascaras a necessidade de maior tempo de irradiação com UV-C (45 s), isto é, maior tempo de interação da luz com o alvo para promover eliminação microbiana

Figura 22 - Resultados da radiação UV-C no tempo de 30 s nos três tipos de máscaras testados



Fonte: Autoria Própria

Estudos científicos de forma geral apresentam evidências de que o uso prolongado de um respirador do tipo FFR pelo mesmo usuário dificilmente diminui a

proteção oferecida e corroboram de que respiradores descartáveis podem ser utilizados sem perda da sua funcionalidade por semanas a meses. Todavia, patógenos, incluindo o coronavírus, podem ficar retidos nas máscaras de proteção respiratória, nesse caso torna-se relevante a proposta de sua desinfecção periódica.

Para uma descontaminação bem sucedida dos respiradores é importante observar, se o método irá inativar os organismos alvos, se a filtragem do respirador não será danificada; se o ajuste do respirador não sofreu alterações; e se é seguro para a pessoa que utiliza o respirador. Um mecanismo de desinfecção utilizando luz ultravioleta germicida em um esterilizador com lâmpada UV com potência de 8 W por 30 min, apresentou após 10 ciclos de tratamento UV que a capacidade da filtragem permaneceu constante (SOUZA, et al., 2020).

No entanto, o equipamento utilizado no presente estudo, Surfave UV®, possui a capacidade de eliminar 99,9% de diversos microrganismos por meio da iluminação UV. Pode ser usado tanto em ambientes profissionais como domésticos, além de possuir um baixo custo de aquisição. Ainda como vantagem é um dispositivo portátil e seguro, pois impede a exposição do usuário com a radiação UV-C e é uma tecnologia sustentável, ao ser utilizado, possibilita a diminuição do uso de produtos químicos que são onerosos para o sistema de saúde pública e tóxicos para a população e meio ambiente.

6 CONCLUSÃO

O estudo *in vitro* mostrou que a radiação UV-C promoveu efetiva descontaminação dos diferentes modelos de máscaras de proteção facial contaminadas com *E. coli*.

Nas máscaras de proteção de Tricoline e Cirúrgica foi observada redução microbiana no tempo de 30 s de irradiação UV-C e nos tempos de 45 s e 60 s de irradiação houve descontaminação total. No respirador N95 foi observado em todos tempos de irradiação descontaminação total.

O tipo de máscara de proteção facial influenciou na efetividade da descontaminação promovida pela radiação UV-C.

A irradiação UV-C a partir de 30 s promoveu redução da carga microbiana e a partir de 45 s promoveu descontaminação total em todos os tipos de máscaras testadas.

REFERÊNCIAS

ASADI, S., TUPAS, M. J., BARRE, R. S., WEXLER, A. S., BOUVIER, N. M., & RISTENPART, W. D. (2021). Non-respiratory particles emitted by guinea pigs in airborne disease transmission experiments. **Scientific reports**, v.11 n.1, 17490, 2021. doi: 10.1038/s41598-021-96678-w. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34471147/>

BAGHERIA, G.; THIEDEA, B.; HEJAZIA, B.; SCHLENCZEKA, O.; BODENSCHATZ, E. An upper bound on one-to-one exposure to infectious human respiratory particles. **PNAS**, v. 118, n. 49, p. e2110117118. 2021
<https://www.pnas.org/lookup/suppl/doi:10.1073/pnas.2110117118/-/DCSupplemental>

BEESON, S.; BEHARY, N.; PERWUELZ, A. Universal masking during COVID-19 pandemic: Can textile engineering help public health? Narrative review of the evidence. **Prev Med**, v. 139, n.106236, p. 1-6. 2020.
doi:10.1016/j.ypmed.2020.106236. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0091743520302607?via%3Dihub>

BERGAMINI, C. Programa mudanças climáticas. A importância do uso de máscaras de proteção como barreira na disseminação da COVID-19. **FAPESP**. 2020.
Disponível em: <https://fapesp.br/14348/a-importancia-do-uso-de-mascaras-de-protecao-como-barreira-na-disseminacao-da-covid-19>

BORKOW G, ZHOU SS, PAGE T, GABBAY J. A novel anti-influenza copper oxide containing respiratory face mask. **PLoS One**, v. 5, p.e11295, 2010.

BOTTA, S. B.; TEIXEIRA, F. S.; HANASHIRO, F. S.; ARAÚJO, W. W. R.; CASSONI, A.; SALVADORI, M. C. B. S. Ultraviolet-C decontamination of a dental clinic setting: required dose and time of UV-C light. **Brazilian Dental Science**, v. 23, n.2, supp.2, 2020. doi: <https://doi.org/10.14295/bds.2020.v23i2.2275>. Disponível em: <https://bds.ict.unesp.br/index.php/cob/article/view/2275>.

CASSORLA, L. Decontamination and Reuse of N95 Filtering Facepiece Respirators: Where Do We Stand? **Anesthesia and analgesia**, v.132, n.1, p. 2-14, 2021.
doi:10.1213/ANE.0000000000005254. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7571614/>

CENTER OF DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). Use Masks to Slow the Spread of COVID-19. 2021. Disponível em: https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/prevent-getting-sick/masks.html?CDC_AA_refVal=https%3A%2F%2Fwww.cdc.gov%2Fcoronavirus%2F2019-ncov%2Fprevent-getting-sick%2Fdiy-cloth-face-coverings.html

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). National Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) Surveillance Annual Report, 2010. Atlanta, Georgia: US Department of Health and Human Services, CDC, 2013.

CENTER OF DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). Decontamination and Reuse of Filtering Facepiece Respirators. 2020. Disponível em: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/ppe-strategy/decontamination-reuse-respirators.html>

CHENG VCC, WONG SC, KWAN GSW, HUI WT, YUEN KY. Disinfection of N95 respirators by ionized hydrogen peroxide during pandemic coronavirus disease 2019 (COVID19) due to SARS-CoV-2. **J Hosp Infect**, v.105, p.358–9, 2020.

CORRÊA, T. Q.; BLANCO, K. C.; INADA, N. M.; BAGNATO, V. S. Descontaminação dos locais de trabalho por UV. In: **Feridas: um desafio para a saúde pública**. 1.ed. São Carlos: Gráfica IFSC/USP, 2019, v. 1, p. 213-219.

CORRÊA, T. Q. et al. Manual operated ultraviolet surface decontamination for healthcare environments. **Photomedicine and laser surgery**, v. 35, n. 12, p. 666- 671, 2017

COUTO, J. F.; SILVA, M. S.; MACHADO, W. C. A.; TYRREL, M. A. R.; COUTO, F. F.; NUNES, M. A. S.; FIGUEIREDO, N. M. A. Desinfecção à base de radiação ultravioleta-c: um estudo bibliométrico no contexto Internacional. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, e46910111785, 2021. Disponível em: DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i1.11785>

CENTRO DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA- CVS. Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo. Especialista da USP esclarece sobre uso de luz ultravioleta como medida auxiliar na prevenção da Covid-19. 2020. Disponível em: http://www.cvs.saude.sp.gov.br/ler.asp?nt_tipo=0&te_codigo=17&nt_codigo=4144.

DAI T, VRAHAS MS, MURRAY CK, HAMBLIN MR. Ultraviolet C irradiation: an alternative antimicrobial approach to localized infections? **Expert Rev Anti-Infect Ther**, v.10, p.185–95, 2012.

DOS SANTOS, T.; DE CASTRO, L. F. Evaluation of a portable Ultraviolet C (UV-C) device for hospital surface decontamination. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 33, p. 102161, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2020.102161>

FAÚLA, L. L. Fatores de Virulência, sorotipos e susceptibilidade antimicrobiana de amostras de *Escherichia coli* isoladas de alimentos no Estado de Minas Gerais, Brasil. Dissertação (Mestrado em Ciências Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/SMOC-AA8NER>.

FISHER, E. M.; SHAFFER, R. E. A method to determine the available UV-C dose for the decontamination of filtering facepiece respirators. **Journal of Applied Microbiology**, v. 110, p.;287–295, 2010. ISSN 1364-5072. doi:10.1111/j.1365-2672.2010.04881.x. Disponível em: <https://sfamjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2672.2010.04881.x>.

FISCHER, E P. et al. Medição de baixo custo da eficácia da máscara facial para filtrar gotículas expelidas durante a fala. **Science Advances**, v. 6, n. 36, p. eabd3083, 2020.

FISCHER RJ, MORRIS DH, VAN DOREMALEN N, SARCHETTE S, MATSON MJ, BUSHMAKER T, et al. Effectiveness of N95 respirator decontamination and reuse against SARS-CoV-2 virus. **Emerg Infect Dis**, v.26, p.2253–5, 2020.

GILBERT RM, DONZANTI MJ, MINAHAN DJ, SHIRAZI J, HATEM CL, HAYWARD-PIATKOVSKIYI B et al. Mask reuse in the COVID-19 pandemic: creating an inexpensive and scalable ultraviolet system for filtering Facepiece respirator decontamination. **Glob Health Sci Pract**, v. 8, p.582–95, 2020.

GIRARDI, J.M.; ANDRADE, A. M.; RAMOS, M.C.; OLIVEIRA, L.E.S.; PEREIRA, D.C.R.; SILVA, E.T. Uso de máscaras para a redução da transmissão da COVID-19: revisão integrativa. **Com. Ciências Saúde**. v. 32, n,1, p.17 30, 2021. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1354756>

HERTZBERG, V.S., WEISS, H., ELON, L., SI, W., NORRIS, S.L., The Fly Healthy Research Team, 2018. Behaviors, movements, and transmission of droplet-mediated respiratory diseases during transcontinental airline flights. **Proc. Natl. Acad. Sci.** v. 115, n. 14, p. 3623–3627, 2018. Disponível em: www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1711611115

HO KF, LIN LY, WENG SP, CHUANG KJ. Medical mask versus cotton mask for preventing respiratory droplet transmission in micro environments. **Sci Total Environ.** v. 735, n.139510, 2020.

HOWARD J., HUANG A., LI Z, TUFEKCI Z, ZDIMAL V, VAN DER WESTHUIZEN HM, VON DELFT A, PRICE A, FRIDMAN L., TANG LH, TANG V, WATSON GL, BAX CE, SHAIKH R, QUESTIER F, HERNANDEZ D, CHU LF, RAMIREZ CM, RIMOINT AW. An evidence review of face masks against COVID-19. **Proc Natl Acad Sci U S A**. v. 118, n.4: e2014564118, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.2014564118>

HUANG, C.; LIU, X., SUN, S.; SUN, S.; LI, S. C.; DENG, M.; HE G.; ZHANG, H. WANG, C.; ZHOU, Y.; ZHAO, Y.; BU, D. Insights sobre a transmissão de doenças infecciosas respiratórias por meio de redes empíricas de contato humano. **Sci Rep**, v. 6, n.31484, p. 1-11, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/srep31484>

INADA, N.M.; CORRÊA, T.Q. **Relatório Surface UV na descontaminação de superfícies- resultados preliminares.** Instituto de Física Universidade de São Paulo. São Carlos. 2016. Disponível em: <https://mmo.com.br/artigos-cientificos/#34-120-surface-uv>

JOKURA, T. Estudos detalham a eficiência das máscaras. Testes revelam como e quanto o uso de diferentes modelos de proteção facial limita a disseminação pelo ar de doenças infecciosas, como a Covid-19. **Revista Pesquisa FAPESP**. v. 312, p. 23-25 fev 2022. Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2022/01/022-025_covid-mascaras_312.pdf

JERRY T.J. J.; LEAH N. B.; YI Y. Z. Face masks against COVID-19: Standards, efficacy, testing and decontamination methods. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 292, 102435, 2021, ISSN 0001-8686, <https://doi.org/10.1016/j.cis.2021.102435>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001868621000762>

JU J.T.J., BOISVERT L.N., ZUO Y.Y. Face masks against COVID-19: Standards, efficacy, testing and decontamination methods. **Adv Colloid Interface Sci.** v. 292, p.102435, 2021. doi: 10.1016/j.cis.2021.102435.

KONDA, A.; PRAKASH, A.; MOSS, G. A.; SCHMOLDT, M.; GRANT, G. D.; GUHA, S. Aerosol filtration efficiency of common fabrics used in respiratory cloth masks. **ACS nano**, v. 14, n. 5, p.6339-6347, 2020.

KUMAR A, KASLOFF SB, LEUNG A, CUTTS T, STRONG JE, HILLS K, et al. Decontamination of N95 masks for re-use employing 7 widely available sterilization methods. **PLoS One**, v.15, p. e0243965, 2020.

LAU J.T., TSUI H., LAU M., YANG X. SARS transmission, risk factors, and prevention in Hong Kong. **Emerg Infect Dis**, v.10, n.4, p.587, 2004

LEACHI, H. F. L. et al. Estudo microscópico dos materiais utilizados para confecção de máscaras para proteção contra a COVID-19. **Revista Eletrônica de Enfermagem**, Goiânia, Goiás, Brasil, v. 23, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5216/ree.v23.66859>.

LEITE, A. M. P. Transmissão de vírus respiratórios e mecanismo de prevenção. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas). Faculdade Ciências da Saúde, Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2021. Disponível em: <https://bdigital.ufp.pt/handle/10284/10884>.

LEVINSON, W. **Microbiologia médica e imunologia** [recurso eletrônico] / Warren Levinson; tradução: Martha Maria Macedo Kyaw. – 10. ed. – Dados eletrônicos. – Porto Alegre: AMGH, 2011.

LI Y., LIANG M., GAO L., AYAZ AHMED M., UY J.P., CHENG C., ZHOU Q., SUN C. Face masks to prevent transmission of COVID-19: A systematic review and meta-analysis. **Am J Infect Control**, v. 49, n.7, p. 900-906, 2021. doi: 10.1016/j.ajic.2020.12.007.

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**, v.14, p. 6348–56, 2020.

LIANG, M.; GAO, L.; CHENG, C.; ZHOU, Q.; UY, J. P.; HEINER, K.; SUN, C. Efficacy of face mask in preventing respiratory virus transmission: A systematic review and meta-analysis. **Travel Medicine and Infectious Disease**, v. 36, n. 101751, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2020.101751>

LINDSLEY WG, MARTIN JR SB, 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**, v.12, p.509–17, 2015.

LORDELO, R.; BOTELHO, J.R.S.; MORAIS, P.V.; DE SOUSA, H.C.; BRANCO, R.; DIAS, A.M.A.; REIS, M.S. Evaluation of the Microbiological Effectiveness of Three Accessible Mask Decontamination Methods and Their Impact on Filtration, Air Permeability and Physicochemical Properties. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, v. 19, n. 6567, p. 1-20., 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph19116567>

LORE MB, HEIMBUCH BK, BROWN TL, WANDER JD, HINRICHS SH. Effectiveness of three decontamination treatments against influenza virus applied to filtering Facepiece respirators. **Ann Occup Hyg**, v. 56, p. 92–101, 2011.

MA, Q. X.; SHAN, H.; ZHANG, H. L.; LI, G. M.; YANG, R. M.; CHEN, J. M. Potential utilities of mask-wearing and instant hand hygiene for fighting SARS-CoV-2. **J Med Virol**, v. 92, 2020. doi:10.1002/jmv.25805. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jmv.25805>

MACINTYRE, C. R.; DUNG T. C.; CHUGHTAI, A. A.; SEALE, H.; RAHMAN, B. Contamination and washing of cloth masks and risk of infection among hospital health workers in Vietnam: a post hoc analysis of a randomised controlled trial. **BMJ Open**. v. 10, n. e042045, p. 1-5. 2020. Disponível em: <https://bmjopen.bmj.com/content/bmjopen/10/9/e042045.full.pdf>

MMOptics. Instruções de uso – Surface UV. 2014. P. 1-11. Disponível em: <https://mmo.com.br/artigos-cientificos/#34-120-surface-uv>

MALAYERI A.H., MOHSENI M., CAIRNS B., BOLTON J.R., CHEVREFILS G., CARON E., BARBEAU B., WRIGHT H., LINDEN K.G. Fluence (UV Dose) Required to Achieve Incremental Log Inactivation of Bacteria, Protozoa, Viruses and Algae. Chevy Chase: **IUVA News**; 2020. Disponível em: <https://iuvanews.com/stories/092816/fluence-required-achieve-incrementallog-inactivation-bacteria-protozoa-viruses-algae.shtml>.

MAZUR, V. T.; MAZUR, M. M.; SOUZA, M.C.; CUNHA, M. T.; SILVA, D. K. Desenvolvimento de dispositivo de esterilização com luz UV-C para hospital de referência no tratamento de COVID-19. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ConBRepro), online. Anais [...]. Paraná: Aprepro, 2020. P. 1-12. ISSN: 2237-61432020. Disponível em: https://aprepro.org.br/conbrepro/2020/anais/arquivos/10222020_191059_5f9202fba1cc2.pdf

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**, v.46, p.e49–55, 2018.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. O Uso de máscaras para a prevenção e controle da COVID-19. Informe Técnico. **Fundação Oswaldo Cruz – FIOCRUZ**. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/42560>

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Prevenção de doenças infecciosas respiratórias. 2016. Disponível em: https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/folder/prevencao_doencas_infecciosas_respiratorias.pdf

MORAIS F.G., SAKANO V.K., LIMA L.N., FRANCO M.A., REIS D.C., ZANCHETTA L.M., JORGE F., LANDULFO E., CATALANI L.H., BARBOSA H.M.J., JOHN V.M., ARTAXO P. Filtration efficiency of a large set of COVID-19 face masks commonly used in Brazil. **Aerosol Science and Technology**, v. 55, n.9, p.1028-1041, 2021. DOI: 10.1080/02786826.2021.1915466 Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/global-literature-on-novel-coronavirus-2019-ncov/resource/pt/covidwho-1182927>

MUELLER, M.; TAINTER, C. R. Escherichia Coli. [Atualizado em 30 de abril de 2022]. In: StatPearls [Internet]. Ilha do Tesouro (FL): Publicação **StatPearls**; 2022 janeiro-. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK564298/>

NARITA, K. et al. Disinfection and healing effects of 222-nm UVC light on methicillin-resistant Staphylococcus aureus infection in mouse wounds. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 178, p. 10-18, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2017.10.030>

NEUPANE, B. B. et al. Optical microscopic study of surface morphology and filtering efficiency of face masks. **PeerJ**, v. 7, p. e7142, 2019. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.7142>.

NOGEE, D.; TOMASSONI, A. J. Concise Communication: Covid-19 and the N95 respirator shortage: Closing the gap. **Infection Control & Hospital Epidemiology**. 2020. doi: <https://doi.org/10.1017/ice.2020.124>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/340608895_Concise_Communication_Covid-19_and_the_N95_Respirator_Shortage_Closing_the_Gap.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE - OMS. Respiratory tract diseases. 2015. Disponível em: http://www.who.int/topics/respiratory_tract_diseases/en/.

OU Q, PEI C, CHAN KIM S, ABELL E, PUI DYH. Evaluation of decontamination methods for commercial and alternative respirator and mask materials- view from filtration aspect. **J Aerosol Sci**, v.150, p.105609, 2020.

O'HEARN K, GERTSMAN S, SAMPSON M, WEBSTER R, TSAMPALIEROS A, NG R, et al. Decontaminating N95 and SN95 masks with ultraviolet germicidal irradiation does not impair mask efficacy and safety. **J Hosp Infect**, v.106, p.163–75, 2020.

ORAN D.P., TOPOL E.J. Prevalence of asymptomatic SARS-CoV-2 infection: A narrative review. **Ann. Intern. Med**, v. 173, p. 363–367, 2020.

OVIEDO, D.; ROJAS, J. M.; BORDA, R. A.; DURANGO, M. M. Efecto de la exposición a la luz ultravioleta uv-c en la viabilidad de especies de *Escherichia coli* y *Salmonella typhimurium*. **Journal of Engineering and Technology**, v.2, n.1. 2013, ISSN: 2256-3903. Disponível Em:

<http://revistas.unilasallista.edu.co/index.php/jet/article/view/545>.

PELOSO, R. M.; COTRIN, P.; MARQUES, T. F.; PINZAN-VERCELINO, C. R. M.; PELLOSO, S. M.; FREITAS, K. M. S. **O uso generalizado de máscaras faciais durante a pandemia de COVID-19: uma revisão de literatura**. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 10, e6089108576, 2020. Disponível em:

<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8576>

PURSCHKE, M. et al. Construction and validation of UV-C decontamination cabinets for filtering facepiece respirators. *Applied Optics*, v. 59, n. 25, p. 7585-7595, 2020.

DOI: <https://doi.org/10.1364/AO.401602>

RADER, B.; WHITE, L. F.; BURNS, M. R.; CHEN, J.; BRILLIANT, J.; COHEN, J.; BROWNSTEIN, J. S. Mask Wearing and Control of SARS-CoV-2 Transmission in the United States. **MedRxiv**, 2020. doi:10.1101/2020.08.23.20078964. Disponível em:

<https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.08.23.20078964v3>

ROCHA, A. S.; SILVA, C. A.; SOUSA, R. L.; CHOQUE, N. M. S.; SOARES, D. B.; FERREIRA, E. M. S.; ARAÚJO, M. R.; SILVA, J. F. M.; PIMENTA, R. S. Efficiency verification of a UV-C radiation disinfection device. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 6, p. e31310615817, 2021. DOI:

10.33448/rsd-v10i6.15817. Disponível em:

<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/15817>.

RODRIGUEZ-MARTINEZ CE, SOSSA-BRICEÑO MP, CORTÉS JA. Decontamination and reuse of N95 filtering facemask respirators: a systematic review of the literature. **Am J Infect Control**, v. 48, p.1520–32, 2020.

SANTARSIERO, A., GIUSTINI, M., QUADRINI, F., D'ALESSANDRO, D., & FARA, G. M. Effectiveness of face masks for the population. **Annali di igiene: medicina preventiva e di comunita**, v. 33, n.4, p. 347–359, 2021. Disponível em:

<https://doi.org/10.7416/ai.2020.2390>

SANTOS, T.; CASTRO, L. F. Evaluation of a portable Ultraviolet C (UV-C) device for hospital surface decontamination. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 33, 102161, 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2020.102161>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1572100020305159>.

SARKIS-ONOFRE R, BORGES RDC, DEMARCO G, DOTTO L, SCHWENDICKE F, DEMARCO FF. Decontamination of N95 respirators against SARS-CoV-2: a scoping review. **J Dent**, v.104, p. 103534, 2020.

SILVA FILHO, E. B.; SILVA, A. L.; SANTOS, A. O.; DALL'ACQUA, D. S. V.; SOUZA, L. F. B. Infecção Respiratória de Importância Clínica: Uma revisão sistemática.

Revista FIMCA, v. 4, n. 1, p. 7 – 16, 2017. Disponível em:

<https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/33445>

SILVA, E. A.; BARBOSA, I. W. M.; PALMA, J. C. N.; BRANDÃO, M. V.; TAVEIRA, R. A.; MEYER, R. F.; ANDO JUNIOR, O. H. Sistema de descontaminação de máscaras baseado no efeito luminescente causado por espectro ultravioleta (UV-C). *In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE SOFTWARE LIVRE E TECNOLOGIAS ABERTAS (LATINOWARE)*, 17., 2020, Online. **Anais** [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2020. p. 26-35.
DOI: <https://doi.org/10.5753/latinoware.2020.18605>.

SMITH JS, HANSELER H, WELLE J, RATTRAY R, CAMPBELL M, BROTHERTON T, et al. Effect of various decontamination procedures on disposable N95 mask integrity and SARS-CoV-2 infectivity. **J Clin Translat Sci**, p. 1-5, 2020.

SZETO, W.; YAM, W. C.; HUANG, H.; LEUNG, D. Y. C. The efficacy of vacuum-ultraviolet light disinfection of some common environmental pathogens. **BMC Infectious Diseases**, v. 20, n.127, 2020. <https://doi.org/10.1186/s12879-020-4847-9>. Disponível em: <https://bmcinfectdis.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12879-020-4847-9>

SOUSA, I. T. C.; PESTANA, A. M.; PAVANELLO, L.; FRANZ-MONTAN, M.; COGO-MÜLLER, K. Máscaras caseiras na pandemia de COVID-19: recomendações, características físicas, desinfecção e eficácia de uso. **Epidemiol. Serv. Saude**, Brasília, v.30, n.4, e2020997, 2021. doi: 10.1590/S1679-49742021000400003. Disponível em: http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742021000401301&lng=pt&nrm=iso

SOUZA, S. O.; PRAZERES, C. L. S.; VIEIRA, J. S.; ALMEIRA, W.; SARMENTO, A. S. C.; CRUZ, P. V. D.; RODRIGUES JÚNIOR, J. J.; OLIVEIRA, E. N.; ATTIE, M. R. P.; SILVA JÚNIOR, W. M. Desenvolvimento de cabine UV-C para desinfecção de máscaras médicas N95. **RevIPI** v. 7, n. 2, 2020. Disponível em: <https://seer.ufs.br/index.php/revipi/article/view/14215>

TABATABAEIZADEH, SA. Transmissão aérea de COVID-19 e o papel da máscara facial para preveni-la: uma revisão sistemática e meta-análise. **Eur J Med Res**, v.26, n.1, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40001-020-00475-6>

TIRUPATHI, R., BHARATHIDASAN, K., PALABINDALA, V., SALIM, S. A., & AL-TAWFIQ, J. A. Comprehensive review of mask utility and challenges during the COVID-19 pandemic. **Infez Med**, v. 28(suppl 1), p. 57-63, 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32532940/>.

TORTORA, G. J. **Microbiologia** [recurso eletrônico] / Gerard J. Tortora, Berdell R. Funke, Christine L. Case ; tradução: Aristóbolo Mendes da Silva ... [et al.] ; revisão técnica: Flávio Guimarães da Fonseca. – 10. ed. – Dados eletrônicos. – Porto Alegre :Artmed, 2012.

TORRES AE, LYONS AB, NARLA S, KOHLI I, PARKS-MILLER A, OZOG D, et al. Ultraviolet-C and other methods of decontamination of filtering facepiece N-95 respirators during the COVID-19 pandemic. **Photochem Photobiol Sci**, v.19, p.746–51, 2020.

UNA-SUS. **Organização Mundial de Saúde declara pandemia do novo Coronavírus**, 2020. Disponível em: <https://www.unasus.gov.br/noticia/organizacao-mundial-de-saude-declara-pandemia-de-coronavirus>

VAN DER SANDE, M.; TEUNIS, P.; SABEL, R. Professional and Home-Made Face Masks Reduce Exposure to Respiratory Infections among the General Population. **PLoS One**, v. 3 n.7, e2618, 2008. doi:10.1371/journal.pone.0002618. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0002618>

VISCUSI DJ, BERGMAN MS, EIMER BC, SHAFFER RE. Evaluation of five decontamination methods for filtering facepiece respirators. **Ann Occup Hyg**, v. 53, p.815–27, 2009.

YANG JH, WU UI, TAI HM, SHENG WH. Effectiveness of an ultraviolet-C disinfection system for reduction of healthcare-associated pathogens. **J Microbiol Immunol Infect**. v. 52, n. 3, p. 487-493, 2019. doi:10.1016/j.jmii.2017.08.017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28951015/>

YANNI, L.; MINGMING, L.; LIANG, G.; MUBASHIR, A. A.; JOHN P. U.; CE C.; QIN Z.; CHENYU, S. Face masks to prevent transmission of COVID-19: A systematic review and meta-analysis. **American Journal of Infection Control**, v.49, p. 900–906, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2020.12.007>

WELCH, D., BUONANNO, M., GRILJ, V., SHURYAK, I., CRICKMORE, C., BIGELOW, A. W., RANDERS-PEHRSON, G., JOHNSON, G. W., & BRENNER, D. J. Far-UV-C light: A new tool to control the spread of airborne-mediated microbial diseases. **Scientific reports**, v. 8, n.1, 2752, 2018 Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-21058-w>

WÖLFEL et al., Virological assessment of hospitalized patients with COVID-2019. **Nature**, v. 581, p. 465–469, 2020.

WU J, XU F, ZHOU W, FEIKIN DR, LIN C-Y, HE X et al. Risk factors for SARS among persons without known contact with SARS patients, Beijing, China. **Emerg Infect Dis**, v.10. n.2, p.210, 2004.

ZAYAS, G.; CHIANG, M. C.; WONG, E.; MACDONALD, F.; LANGE, C. F.; SENTHILSELVAN, A.; KING, M. Effectiveness of cough etiquette maneuvers in disrupting the chain of transmission of infectious respiratory diseases. **BMC Public Health**, v. 13, n. 811, p. 1-11, 2013. Disponível em: <http://www.biomedcentral.com/1471-2458/13/811>

ZHAO Z, ZHANG Z, LANZARINI-LOPES M, SINHA S, RHO H, HERCKES P, et al. Germicidal ultraviolet light does not damage or impede performance of N95 masks upon multiple uses. **Environ Sci Technol Lett**, v.7, p.600–5, 2020.

ZHOU J, HU Z, ZABIHI F, CHEN Z, ZHU M. Progress and perspective of antiviral protective material. **Adv Fiber Mater**, v.2, p.123–39, 2020.

ZORKO, D.J.; GERTSMAN, S.; O'HEARN, K.; TIMMERMAN, N.; AMBU-ALI, N.; DINH, T.; M. SAMPSON, M.; SIKORA, L.; MCNALLY, J.D.; CHOONG, K.
Decontamination interventions for the reuse of surgical mask personal protective equipment: a systematic review. **Journal of Hospital Infection**, v. 106, 283e294, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2020.07.007>

ZOU L. et al., SARS-CoV-2 viral load in upper respiratory specimens of infected patients. **N. Engl. J. Med.** v. 382, p.1177–1179, 2020.