

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

**HELEN PATRICIA DE OLIVEIRA DUARTE SOUZA**

**AVALIAÇÃO DE EQUIPAMENTO PORTÁTIL NA DESINFECÇÃO  
RÁPIDA DE DIFERENTES TIPOS DE MÁSCARAS FACIAIS**

**EVALUATION OF PORTABLE EQUIPMENT IN THE RAPID  
DISINFECTION OF DIFFERENT TYPES OF FACE MASKS**

**SÃO PAULO – SP  
2022**

**HELEN PATRICIA DE OLIVEIRA DUARTE SOUZA**

**AVALIAÇÃO DE EQUIPAMENTO PORTÁTIL NA DESINFECÇÃO  
RÁPIDA DE DIFERENTES TIPOS DE MÁSCARAS FACIAIS**

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.

Profa. Dra. Alessandra Baptista  
**Orientadora**

SÃO PAULO – SP  
2022

## FICHA CATALOGRÁFICA

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

S715a      SOUZA, Helen Patrícia de Oliveira Duarte.

Avaliação de equipamento portátil na desinfecção rápida de diferentes tipos de máscaras faciais / Helen Patrícia de Oliveira Duarte Souza. -- São Paulo: Universidade Brasil, 2022.

51 f.: il. color.

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

Orientação: Profa. Dra. Alessandra Baptista.

1. Desinfecção. 2. EPI. 3. Microrganismo. 4. Luz Ultravioleta.  
I. Baptista, Alessandra. III. Título.

CDD 620.82

# TERMO DE APROVAÇÃO DA BANCA EXAMINADORA



UNIVERSIDADE  
BRASIL

## TERMO DE APROVAÇÃO

HELEN PATRÍCIA DE OLIVEIRA DUARTE SOUZA

"LUZ UV-C NA DESINFECÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE MÁSCARAS FACIAIS"

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) Alessandra Baptista (presidente-orientadora)

Prof.(a) Dr.(a) Ricardo Scarparo Navarro (UNIVERSIDADE BRASIL)

Prof.(a) Dr.(a) Aguiñaldo Silva Garcez Segundo (FACULDADE SÃO LEOPOLDO MANDIC)

São Paulo, 31 de agosto de 2022  
Presidente da Banca Prof.(a) Dr.(a). Alessandra Baptista

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

AVALIAÇÃO DE EQUIPAMENTO PORTÁTIL NA DESINFECÇÃO  
RÁPIDA DE DIFERENTES TIPOS DE MÁSCARAS FACIAIS

Campus Itaquera  
Rua Carolina Fonseca, 584, Itaquera - São Paulo/SP | 08230-030  
Central de Relacionamento com o Aluno - 08007807070  
[www.ub.edu.br](http://www.ub.edu.br)

**FOLHA DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DO TEXTO NA PÁGINA  
UNIVERSIDADE BRASIL E CATÁLOGO DE TESES E DISSERTAÇÕES DA  
CAPES E REPRODUÇÃO DO TRABALHO**



**UNIVERSIDADE  
BRASIL**

**Termo de Autorização**

**Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página WWW do Respeetivo 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: "LUZ UV-C NA DESINFECÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE MÁSCARAS FACIAIS"**

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

AVALIAÇÃO DE EQUIPAMENTO PORTÁTIL NA DESINFECÇÃO RÁPIDA  
DE DIFERENTES TIPOS DE MÁSCARAS FACIAIS

Autor(es):

Discente: **Helen Patrícia de Oliveira Duarte Souza**

Assinatura: \_\_\_\_\_

Orientador(a): **Prof.(a) Dr.(a) Alessandra Baptista**

Assinatura: \_\_\_\_\_

Coorientador(a):

Assinatura: \_\_\_\_\_

Data: 31/08/2022

## **DEDICATÓRIA**

Ao meu marido Ricardo, meu amor, meu companheiro de todas as horas, que contribuiu decisivamente para que essa dissertação pudesse ser concluída, com suas sugestões sempre pertinentes, por nunca se incomodar por minha ausência, meu amigo, a quem primeiramente recorro para contar meus segredos e compartilhar minhas vitórias.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus sobre todas as coisas, por iluminar e abençoar meus caminhos, proporcionar esse momento tão sonhado, me dar forças quando tudo parecia tão difícil e por seu infinito amor.

Meus filhos meus amores, minha vida, meu ar... Luiz Felipe, Lucas e Caio que deram o sentido especial à minha existência, sempre compreenderam na minha ausência, a importância e necessidade desse trabalho, valorizando o conhecimento.

Aos meus pais, pelos valores ensinados e por me mostrarem que as conquistas e os sonhos não ocorrem por acaso ou por destino, mas com trabalho, esforço e perseverança.

Em especial minha mãe, minha vida, Elenir, sempre presente, desde muito pequena me alfabetizou e plantou em mim a semente do amor aos estudos.

Ao meu sogro Dr. Luiz Carlos Duarte de Souza, pelos incentivos, apoio, observações sempre importantes, com seu olhar de professor, cientista e pai.

À toda minha família, por sempre comemorarem comigo minhas conquistas e estarem de braços abertos nos momentos de dificuldades, fortalecendo minha alma com suas orações.

Em especial minha orientadora, Profa. Dra. Alessandra Baptista por me aceitar como sua orientanda, me motivando com suas palavras, ensinamentos, competência, contribuições valiosas para os resultados desse trabalho, compartilhando seu conhecimento com imensa generosidade, pelo direcionamento e principalmente pela paciência, contribuindo para meu crescimento profissional, sua ética sempre permeará minhas decisões. Você é incrível!

A Profa. Dra. Silvia Nuñez, coordenadora do Programa de pós-graduação do mestrado em Bioengenharia, minha professora, pessoa brilhante, muito contribuiu para meu crescimento científico e intelectual, com seus conselhos principalmente em meu exame de qualificação.

Ao Prof. Dr. Ricardo Navarro, por seu entusiasmo, sua disponibilidade, energia inesgotável, em sempre ajudar tão prontamente com sua experiência e conhecimento.

A todos os incríveis docentes do programa que, em muito contribuíram para minha formação.

Ao Programa de Pós-Graduação Stricto sensu em Bioengenharia da Universidade Brasil por transformar nossa vida profissional.

Ao Instituto Educacional Santa Catarina – Faculdade Guaraf, por ter permitido a realização do estudo.

A amiga e irmã que Deus me deu, Mara Almeida por ser uma grande companheira de mestrado e amiga para todas as horas, pelos momentos de estudos, desafios, desabafos, lutamos juntas na construção desse sonho. Sinto por estarmos tão longe, e por termos, agora, que seguir caminhos diferentes.

À amiga, parceira de profissão, mestrado, Camila Penna Chaves, pelos momentos que compartilhamos juntas, nesse interminável e constante processo de formação.

Aos meus amigos e parceiros de laboratório, Drielly Lima Santana e Rodrigo Cruz da Luz pela convivência, amizade, aprendizado, e prontidão durante a etapa experimental desse trabalho, tenho a honra de trabalhar com pessoas adoráveis, competentes que sempre estiveram dispostas a me ajudar.

Minhas amigas Débora Batista Pereira Alves, Lídia Lira Saraiva, por trabalharem comigo no piloto desse estudo, incentivar, orar, desde o primeiro dia, com suas palavras valiosas.

“A mente que se abre a uma nova ideia  
jamais voltará ao seu tamanho original”



Albert Einstein



## EPIGRAFE

...Eu aprendi  
que algumas vezes tudo o que precisamos é de uma mão para segurar  
e um coração para nos entender...

...Eu aprendi  
que devemos ser gratos a Deus  
por não nos dar tudo que pedimos...

...Eu aprendi  
que o amor e não o tempo é a cura para todas as feridas...

...Eu aprendi  
que a maneira mais fácil para eu crescer como pessoa  
é me cercar de gente mais inteligente que eu ...

...Eu aprendi  
que um sorriso é a maneira mais barata de melhorar sua aparência...

...Eu aprendi  
que a melhor sala de aula do mundo  
está aos pés de uma pessoa mais velha...

...Eu aprendi  
que todos querem viver no topo da montanha,  
mas toda felicidade e crescimento  
ocorre quando você está escalando-a...

...Eu aprendi  
que quanto menos tempo tenho, mais coisas consigo fazer ...

**(Trechos do texto “ I have leanerd”, atribuido a William Shakespeare)**

## RESUMO

O uso de máscaras para minimizar a transmissão ambiental de patógenos, tem sido uma das principais estratégias para proteger os profissionais da saúde e a população em geral, em momentos de pandemias transmissíveis por vias aéreas. O objetivo deste estudo, *in vitro*, foi avaliar a eficácia da luz ultravioleta (UV-C), em diferentes tempos de exposição, na redução microbiana de diferentes modelos de máscaras faciais: triline, cirúrgica e N95. As máscaras foram contaminadas com suspensão de  $10^8$  UFC/mL de *Staphylococcus aureus*, com o auxílio de um borrifador e submetidas a exposição da radiação UV-C, por meio de equipamento portátil SURFACE UV (MMOptics, São Carlos, Brasil,  $\lambda=254$  nm). A irradiação foi realizada a uma distância de 1 cm das amostras, em modo varredura, por 30 s, 45 s e 60 s. Para avaliar a redução microbiana, pedaços das máscaras, cerca de 1 cm<sup>2</sup> foram colocados em um tubo de ensaio contendo solução salina estéril e submetidos a agitação mecânica, antes e após os procedimentos de desinfecção com a luz. Para facilitar a contagem final foram realizadas diluições seriadas na ordem de 1:10, e 10  $\mu$ L das suspensões foram semeados em ágar Mueller Hinton para a contagem microbiana final. 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  $p<0,05$ . O uso da radiação UV-C promoveu efetiva redução microbiana nas máscaras de proteção facial, contaminadas com *S. aureus*, nos três modelos de máscaras de proteção facial testadas neste estudo ( $p<0,05$ ) e ainda 60 s de irradiação foi mais efetivo em todos os tipos de máscaras. No entanto, os tipos de máscaras de proteção facial avaliados neste estudo, não influenciaram na efetividade da desinfecção promovida por meio da irradiação com luz UV-C, em nenhum tempo de irradiação testado ( $p>0,05$ ). Portanto, podemos concluir que o uso da radiação UV-C pode promover efetiva redução microbiana nas máscaras de proteção facial, contaminadas com *S. aureus*, nos três modelos de máscaras testados neste estudo: Triline, Cirúrgica e N95 e a redução microbiana é densidade de energia dependente.

**Palavras-chave:** Desinfecção. EPI. Microrganismo. Luz ultravioleta.

## ABSTRACT

The use of masks to minimize environmental transmission of pathogens has been one of the main strategies to protect health professionals and the general population in times of airway-transmitted diseases. The aim of this in vitro study was to evaluate the efficacy of ultraviolet light (UV-C), with different exposure times, in microbial reduction in diverse types of face masks: tricoline, surgical and N95. The masks were contaminated with  $10^8$  UFC/mL suspension of *Staphylococcus aureus*, with the aid of a spray and submitted to UV-C light exposure, by means of portable equipment (254 nm). Irradiation was performed at 1 cm from the samples, in sweep mode, for 30 s, 45 s and 60 s. To evaluate microbial reduction, pieces of the masks, about 1 cm<sup>2</sup> were placed in a test tube containing sterile saline solution and submitted to mechanical agitation, before and after disinfection procedures. To facilitate the final counting, serial dilutions were performed in the order of 1:10, and 10 µL of the suspensions were seeded in Mueller Hinton agar for the final microbial count. All data were analyzed on its distribution using the Shapiro-Wilk test. Parametric data were analyzed using the ANOVA test, followed by the Tukey test. Non-parametric data were analyzed using the Kruskal-Wallis test, followed by the Wilcoxon test. The significance level was considered for  $p < 0.05$ . The use of UV-C radiation promoted effective microbial reduction in face protection masks, contaminated with *S. aureus*, in the three models of face protection masks tested in this study ( $p > 0.05$ ) and even 60 s of irradiation was more effective in all types of masks. However, the types of face protection masks evaluated in this study did not influence the effectiveness of disinfection promoted by irradiation with UV-C light, at any irradiation time tested ( $p < 0.05$ ). Therefore, we can conclude that the use of UV-C radiation can promote effective microbial reduction in face protection masks, contaminated with *S. aureus*, in the three models of masks tested in this study: Tricoline, Surgical and N95, and the microbial reduction is density of dependent energy.

**Keywords:** Decontamination. Microorganism. Individual protection equipment. UV light.

## DIVULGAÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE CONHECIMENTO

A pandemia da COVID-19 conscientizou a população em geral, da necessidade do uso de máscaras de proteção facial, com a finalidade de minimizar a disseminação de patógenos transmissíveis por vias aéreas e abriu precedentes para a necessidade de uma desinfecção segura destes equipamentos de proteção individual (EPIs). Este estudo mostrou que a luz UV-C foi eficiente na redução microbiana da bactéria Gram-positiva, *S. aureus*, em diferentes modelos de máscaras de proteção facial. A desinfecção foi proporcional aos tempos de exposição, ou seja, quanto maior o tempo de exposição, maior a desinfecção.

Áreas de trabalho:

- Área de Pesquisa: Fotobiomodulação, Biomarcadores e Sistemas Diagnósticos.
- Linha de Pesquisa: Biofotônica Aplicada
- Projeto de Pesquisa: Fotobiomodulação e Fototerapia para cuidados a saúde.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Máscara de proteção de uso não profissional (tricoline 100% algodão) .....	22
Figura 2 – Imagem por microscopia eletrônica de tecido 100% algodão (esquerda) e poliéster (direita) .....	22
Figura 3 – Máscara cirúrgica descartável .....	24
Figura 4 – Microscopia Eletrônica de Varredura de uma amostra de material de TNT.....	24
Figura 5 - Máscara Descartável Dobrável 3M™ 9920H .....	25
Figura 6 – Imagem por microscopia eletrônica do corte transversal de um respirador tipo N95 .....	26
Figura 7 – <i>Staphylococcus aureus</i> em microscopia eletrônica de varredura .....	27
Figura 8 – Processo de contaminação das amostras: Aspersão da suspensão de $10^8$ UFC/mL de <i>S. aureus</i> nas amostras (A); Amostra de tricoline (B); Amostra respirador facial N95 (C); e máscara cirúrgica descartável (D) .....	32
Figura 9 – Aparelho SURFACE UV® (A) e suas partes principais (B): (1) lâmpada UV-C, (2) corpo plástico, (3) fonte de alimentação, (4) refletor, (5) reator da lâmpada, (6) sensor de nível, (7) painel de controle, (8) botão liga/desliga .....	33
Figura 10 – Aparelho SURFACE UV® utilizado na pesquisa, demonstrando a distância de aplicação (1 cm) .....	34
Figura 11 – Comparativo entre os grupos controle dos três diferentes tipos de máscaras faciais ( $p < 0,05$ ) .....	37
Figura 12 – Desinfecção de diferentes tipos de máscaras de proteção facial: Tricoline (A); Cirúrgica (B) e N95 (C), após variados tempos de exposição à radiação UV-C ( $p < 0,05$ ) .....	38
Figura 13 – Avaliação do tempo de irradiação com luz UV-C na desinfecção de diferentes tipos de máscaras de proteção facial: Tricoline (A); Cirúrgica (B) e N95 (C) .....	38
Figura 14 – Comparação da desinfecção de diferentes tipos de máscaras de proteção facial: Tricoline (A); Cirúrgica (B) e N95 (C), com os mesmos tempos de irradiação com luz UV-C .....	39

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição dos grupos de avaliação dos diferentes modelos de máscaras testadas, de acordo com o processo de desinfecção .....	32
--	----

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

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

## LISTA DE SÍMBOLOS

cm	Centímetro
J/cm <sup>2</sup>	Joule por centímetro cuadrado
mL	Microlitros
mW/cm <sup>2</sup>	Miliwatt por centímetro cuadrado
nm	Nanômetro
s	Segundo
μL	Microlitro



## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	18
2 OBJETIVOS .....	20
2.1 OBJETIVOS GERAL.....	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
3 REVISÃO DA LITERATURA .....	21
3.1 MÁSCARAS DE PROTEÇÃO (TIPOS E USO).....	21
3.2 O MICRORGANISMO .....	26
3.3 AGENTES ANTIMICROBIANOS .....	28
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
4.1 SELEÇÃO DAS MÁSCARAS.....	31
4.2 DIVISÃO DAS AMOSTRAS .....	31
4.3 AMOSTRAS MICROBIOLÓGICAS .....	32
4.4 CONTAMINAÇÃO DAS MÁSCARAS .....	32
4.5 DESINFECÇÃO DAS MÁSCARAS .....	33
4.6 AVALIAÇÃO DOS PROCESSOS DE DESINFECÇÃO.....	34
4.6.1 Amostras de controle .....	34
4.6.2 Amostras de contaminadas .....	35
4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	35
5 RESULTADOS .....	37
6 DISCUSSÃO .....	40
7 CONCLUSÃO.....	45
REFERÊNCIAS.....	46

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização de medidas preventivas quanto a contaminação por aerossóis está diretamente relacionada ao conhecimento e atitudes, tanto das equipes de saúde como para população em geral. A ausência de conhecimento em relação a questões ligadas a biossegurança e ao controle de infecções, são fatores que dificultam a adoção da máscara de proteção facial tanto pelos agentes de saúde como pela população de modo geral (GARCIA, 2020).

Sousa Neto e Freitas (2020), salientam a importância não somente da correta utilização das máscaras, mas também enfatizam a qualidade e o modelo como determinantes para evitar o contágio de doenças transmitidas por aerossóis.

A máscara de proteção facial é uma peça fundamental do EPI, item que, devido à dificuldade de aquisição em situações pandêmicas pode levar aos órgãos sanitários recomendarem a utilização generalizada de máscaras não profissionais, principalmente à população geral, com o intuito de tentar reduzir a disseminação da doença. Essa realidade foi exposta durante a pandemia de COVID-19 (FISCHER et al, 2020).

Outro ponto importante a se destacar é a gestão de resíduos sólidos gerados pelo massivo uso de EPI, principalmente mediante a situações pandêmicas. Segundo Magalhães (2022), são grandes os impactos gerados pelo aumento de resíduos sólidos hospitalares, sugerindo legislações e protocolos que orientem o correto descarte do material hospitalar utilizado.

A pandemia de COVID-19 trouxe um grande alerta para as questões ambientais inerentes a geração de resíduos sólidos no mundo, entre esses o grande aumento no uso dos EPIs como as máscaras faciais, luvas descartáveis, e se descartados de forma inadequada podem ocasionar um grande problema para o meio ambiente e um imenso desafio para a sustentabilidade. (FELISARDO e DOS SANTOS, 2021).

Em circunstâncias que apresentam aumento da demanda por máscaras de proteção, soluções como a reutilização se faz necessário, gerando, portanto, interesse pelo processo de desinfecção para uma nova utilização segura destes dispositivos (CASSORLA, 2020).

Mesmo com a grande variedade de produtos químicos disponíveis para redução de microrganismos, a necessidade pela busca de outros agentes antimicrobianos é contínua, principalmente de dispositivos simples e ecologicamente

corretos, que possam ser usados para melhorar as superfícies contaminadas. Neste contexto, o uso de luz ultravioleta (UV) como dispositivo antimicrobiano tem sido uma alternativa possível para a redução da contaminação (CORRÊA et al, 2017).

Vale destacar, que a resistência microbiana é um desafio para saúde pública. A resistência aos antimicrobianos advém da habilidade da população microbiana, de se adaptar ao uso indiscriminado de fármacos e produtos químicos contribuindo consideravelmente à resistência microbiana, uma vez que o uso incorreto pode levar a seleção dos indivíduos mais fortes (SILVA, 2020).

Entre os vários patógenos relacionados a etiologia de infecções o *Staphylococcus aureus* é uma bactéria Gram-positiva, comensal que acomete 30% da população adulta saudável colonizando a pele, mucosas, cavidade nasal, com potencial para ocasionar uma ampla gama de doenças que podem variar consideravelmente em gravidade. (JENUL E HORSWILL, 2019).

Para a desinfecção da grande variedade de microrganismos ambientais a maioria dos equipamentos que utilizam a Luz ultravioleta, o fazem principalmente com radiação ultravioleta-C (UV-C) em comprimentos de onda entre 200 e 270 nm. Em comprimentos de onda como 254 nm, a radiação UV-C é capaz de destruir as ligações moleculares e interromper a leitura da fita de DNA ou RNA durante a transcrição gênica, através da dimerização pirimidina, causando a morte dos patógenos. (YANG, et al, 2019).

Segundo Correa et al (2017), equipamentos emissores de luz ultravioleta-C vêm apresentando resultados eficientes, melhorando o controle dos microrganismos nos ambientes, auxiliando na desinfecção de superfícies. O autor destaca ainda que quanto mais portátil o equipamento, maior será sua utilização, proporcionando uma alta taxa de desinfecção, além de ser uma solução ecologicamente correto.

Diante do cenário exposto, a pesquisa demonstra a eficácia de um equipamento portátil de desinfecção que utiliza a radiação UV-C no processo de desinfecção em diferentes modelos de máscaras faciais, diminuindo consequentemente a quantidade de lixo contaminado originado de EPIs utilizados.

Deste modo, o processo de desinfecção além de seguro quanto a reutilização destes EPIs, pode reduzir custos e promover sustentabilidade, uma vez que não deixa resíduos e reduz a geração de lixo biológico.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVOS GERAL

O objetivo deste estudo, *in vitro*, foi avaliar a eficácia da radiação ultravioleta (UV-C), na redução microbiana de diferentes modelos de máscaras de proteção facial.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar o *Staphylococcus aureus* como modelo de bactéria Gram positiva em processos de desinfecção por radiação UV-C;
- Avaliar a efetividade da radiação UV-C na desinfecção de diferentes modelos de máscaras de proteção facial: caseira de uso não profissional (tricoline); cirúrgica e equipamentos de proteção respiratória N95.
- Avaliar a efetividade da radiação UV-C, em diferentes tempos de irradiação: 30 s, 45 s e 60 s.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 MÁSCARAS DE PROTEÇÃO (TIPOS E USO)

Pesquisas realizadas durante a pandemia de H1N1 de 2009 identificaram ao combinar o uso de máscaras de proteção facial e a higiene das mãos, a dificuldade na transmissão do vírus em residências e entre estudantes nas salas de aula. Os mesmos estudos apontaram também que pessoas saudáveis utilizando máscaras cirúrgicas tinham uma proteção até três vezes maior daqueles que utilizavam máscaras caseiras (QUALLS et al, 2017).

Entretanto a literatura científica atual apresenta grandes lacunas a respeito das máscaras minimizarem a transmissão comunitária. Embora as evidências experimentais que comprovam a efetividade das máscaras em reter gotículas infectantes e potencialmente reduzir a transmissão, e relatos quanto a diminuição de transmissão entre indivíduos utilizando máscaras, não existem evidências que demonstrem que tal redução ocorra em ambientes comunitários (GARCIA, 2020).

Na fase inicial da pandemia COVID-19, em razão da severa escassez de equipamentos de proteção individual, um movimento generalizado impulsionou a produção de máscaras caseiras confeccionadas de materiais que não eram utilizados ou apropriadamente projetados para filtração do ar. Este tipo de máscara foi indicado a população geral concentrando os estoques de máscaras cirúrgicas e N95 para os profissionais da saúde e paciente contaminados (REUTMAN et al, 2021).

Ainda no contexto da pandemia de COVID-19, Kamacharya et al (2021), apontam o uso de máscaras de tecido (caseiras) como fundamentais no controle da propagação de aerossóis contaminados, dependendo das condições de utilização, do tipo de material e ajuste à face.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) e o Centers for Disease Control and Prevention (CDC) indicaram a população geral o uso de máscaras de tecido contendo três camadas, com a finalidade de bloquear partículas respiratórias entre 1 e 10 mm, porém, mesmo com as três camadas propostas, ambas entidades não garantiam uma proteção eficaz pois, muitas destas máscaras eram confeccionadas com tecidos comuns e sem controle de qualidade (LEACHI et al, 2021).

Segundo Leachi, et al (2021), análises de alguns tecidos através da microscopia eletrônica comprovaram que os tecidos constituídos de 100% em

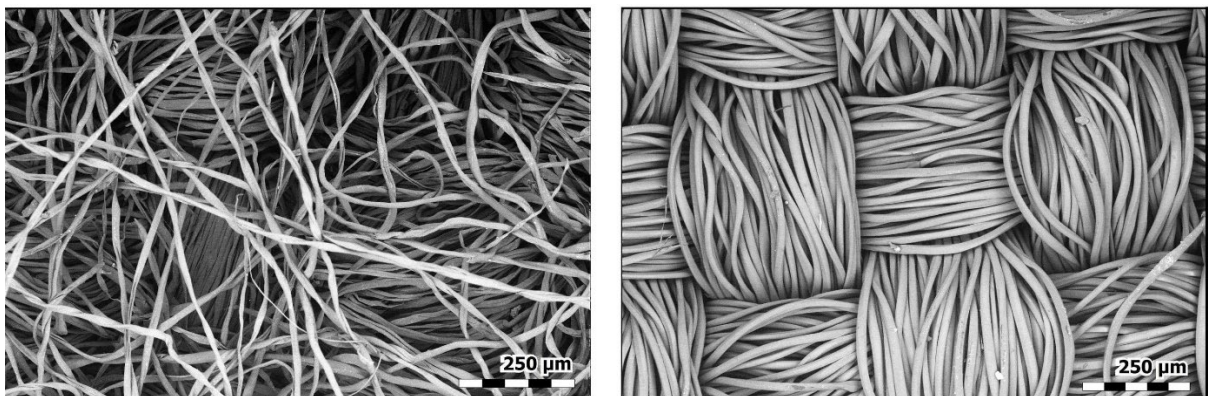
algodão, possuem fios mais grossos e organizados em uma trama mais densa, apresentando, portanto, pouca porosidade, e conseqüentemente proporcionando uma barreira mais eficaz (figura 1). As análises com microscópio eletrônico de varredura apresentadas na figura 2, demonstra que a tecelagem do algodão fica abaixo de uma rede desorganizada de fibras cruzadas. Essas fibras mais elevadas dão o toque de maciez ao tecido. Em contraste, as fibras do poliéster (imagem da direita na figura 2) são muito organizadas e consistentes. Destaca-se que cada fio é constituído de muitos outros fios delgados com diâmetro variando entre 10 e 15  $\mu\text{m}$ .

Figura 1 – Máscara de proteção de uso não profissional (tricoline 100% algodão)



Fonte: <https://www.amazon.com.br/M%C3%A1scara-Tecido-Camadas-R-Two-unidades/dp/B08B1Y5Z4R?th=1>

Figura 2 – Imagem por microscopia eletrônica de tecido 100% algodão (esquerda) e poliéster (direita)



Fonte: E.P. Vicenzi/Smithsonian's Museum Conservation Institute e NIST. Disponível em: <https://www.nist.gov/feature-stories/masks-under-microscope>

Esta imagem mostra vistas de cima para baixo de flanela de algodão (esquerda) e poliéster (direita). A tecelagem da flanela de algodão está escondida

abaixo de uma rede desorganizada de fibras cruzadas. Essas fibras elevadas fazem a flanela se sentir macia ao toque. Em contraste, as fibras deste poliéster são muito organizadas e consistentes.

Leachi, et al (2021) e WHILEY et al (2020) apontam a necessidade de mais investigações sobre as máscaras de tecido que permitam identificar um melhor ajuste, examinar a influência de diferentes velocidades de fluxo e determinar a disponibilidade e os custos dos materiais necessários para fazer máscaras eficientes. Os autores afirmam ainda que, outros materiais, adicionais aos filtros, devem ser testados para garantir acesso global aos suprimentos necessários para produção de máscaras eficazes que reduzam efetivamente a propagação das enfermidades transmitidas por aerossóis.

As máscaras cirúrgicas (figura 3), são classificadas como um dispositivo médico que cobre o nariz, a boca e o queixo proporcionando uma barreira limitante entre um agente infeccioso, a equipe hospitalar e o paciente. Essas máscaras devem cumprir os requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 15052 e da Diretiva 93/42 CEE (Comunidade Econômica Europeia) ou com padrões semelhantes em outros países, como ASTM F2100-11 nos Estados Unidos ou YY 0469 na China. Devem ser compostas por três camadas: interna, camada de filtro e, externa. Na camada externa utilizado não-tecido hidrofóbico de polipropileno, com objetivo de evitar a umidade inalada no ar, prevenindo que está penetre na camada do filtro. A camada de filtro (intermediária) faz uso de polipropileno fundido, micro ou nano extrudado, sendo capaz de capturar óleo e partículas não oleosas no ar inalado. A camada interna também é feita de um não-tecido hidrofóbico de PP e tem a função de bloquear o acesso de umidade do ar exalado para a camada do filtro (RUBIO-ROMERO, 2020).

É importante destacar que o Tecido Não Tecido (TNT) (figura 4) são, segundo a norma brasileira NBR 13370:2017, caracterizados como materiais de estrutura plana, flexíveis e porosos, constituídos de véu ou manta de fibras, ou filamentos, orientados direcionalmente ou ao acaso, consolidada por processos mecânico (fricção) e/ou químico (adesão) e/ou térmico (coesão), ou pelas combinações destes (ZARPELON, 2021).

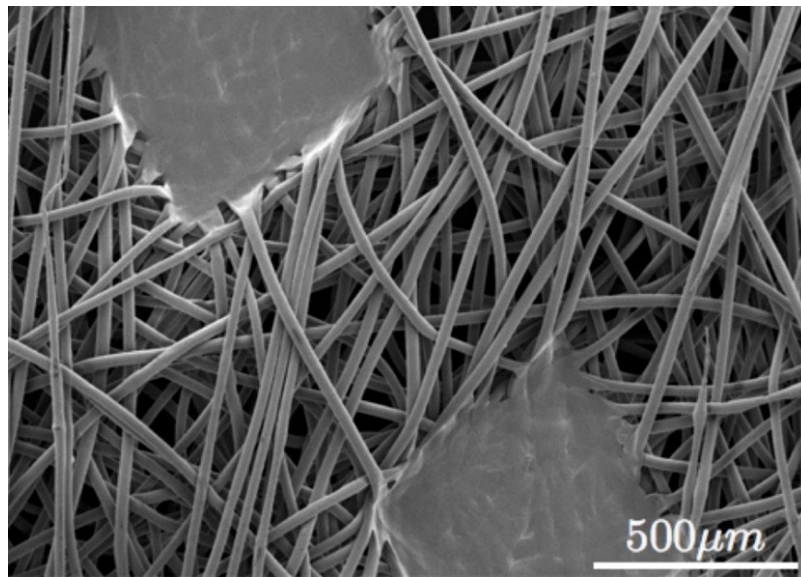
De acordo com estudos realizados por Leachi et al (2021), O TNT conforme demonstrado na figura 4, apresenta fibras grossas, em torno de 40-50  $\mu\text{m}$ , porém, os espaços entre as fibras são maiores, variando entre 115 e 300  $\mu\text{m}$ .

Figura 3 – Máscara cirúrgica descartável



Fonte: Autoria própria

Figura 4 - Microscopia Eletrônica de Varredura de uma amostra de material de TNT



Fonte: <https://groups.oist.jp/nnp/electrocharge-mask>

Máscaras N95 (figura 5) são equipamentos de proteção facial selados e bem ajustados utilizados por profissionais da saúde. Sua classificação (N95) é designada pelo índice mínimo de filtragem de 95%, que advém das camadas de tecido não tecido (TNT) de polipropileno (LIAO et al, 2020). Este modelo proporciona este nível de eficiência na filtração devido a carga eletrostática proporcionada pela fibra de polipropileno (RUBIO-ROMERO, 2020).



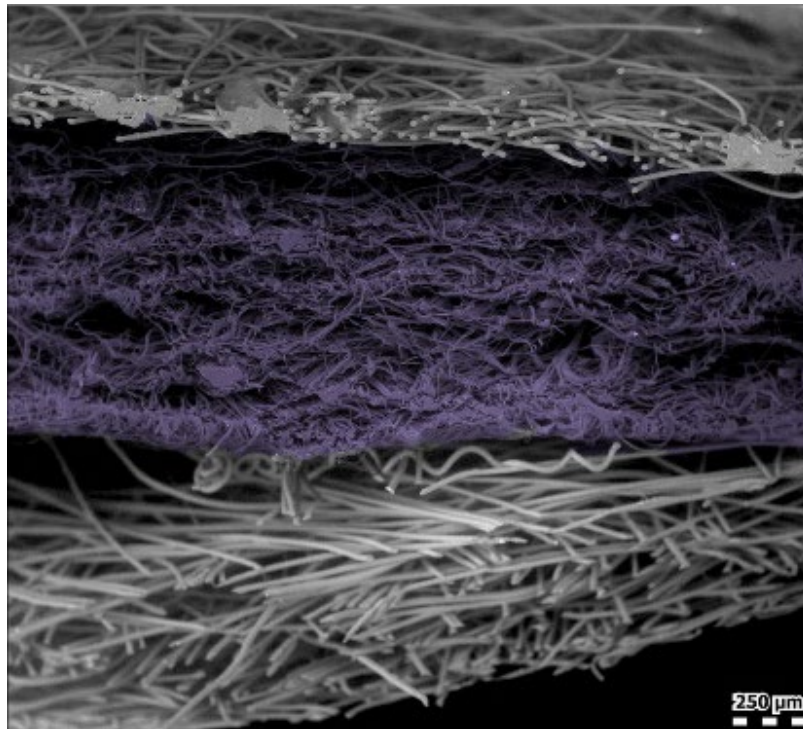
Este tipo de proteção retem partículas a partir de 3  $\mu\text{m}$ , pois como demonstrado na secção transversal de uma das camadas do respirador (figura 6), o material filtrante, indicado na cor roxa e o material protetor ao seu redor, se repetem para maior proteção. O material filtrante é construído por derretimento e em seguida polipropileno é soprando, formando uma estrutura semelhante a uma teia caótica, onde as fibras são menores e possuem uma área de superfície muito maior em relação as fibras de algodão, razão pela qual se evidencia a efetividade desse modelo de máscara (HANACEK, 2021).

Figura 5 – Máscara Descartável Dobrável 3M™ 9920H



Fonte: Autoria própria

Figura 6 – Imagem por microscopia eletrônica do corte transversal de um respirador tipo N95



Fonte: E.P. Vicenzi/Smithsonian's Museum Conservation Institute e NIST. Disponível em: <https://www.nist.gov/feature-stories/masks-under-microscope>

Com a intenção ou a necessidade de se reutilizar máscaras, um dos processos de higienização das máscaras escolhido pode ser a lavagem, porém este processo pode danificar as fibras dos tecidos, principalmente 100% algodão, sarja e TNT, comprometendo a eficácia de filtração (LEACHI et al, 2021).

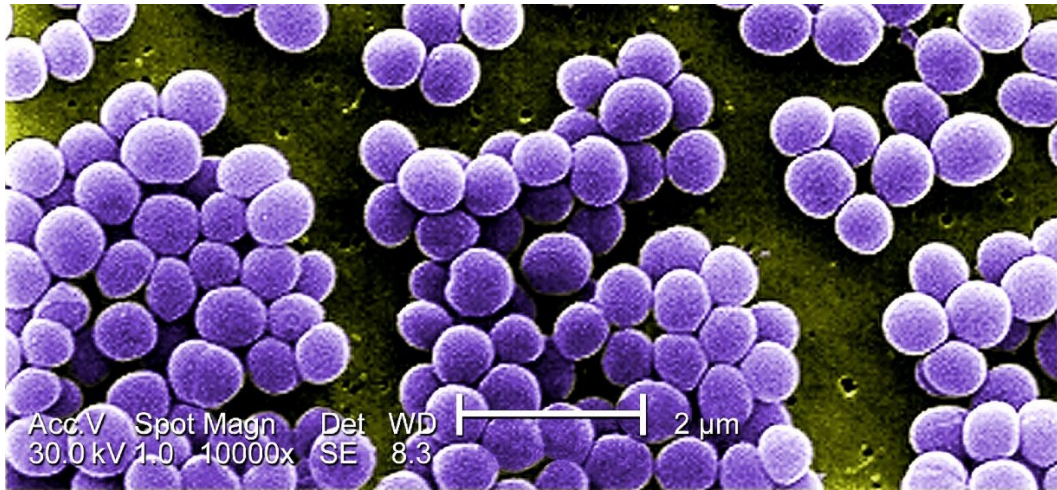
O estudo de NEUPANE et al (2019) evidenciou que a higienização de máscaras de forma química/mecânica (lavagem), podem danificar as fibras dos tecidos comprometendo a eficácia de filtração que em média 20% após o 4º ciclo de lavagem e secagem, havendo mudanças no tamanho e forma dos poros, aumentando seu tamanho, que por consequência, diminui a eficiência de filtragem.

### 3.2 O MICRORGANISMO

*Staphylococcus aureus* é uma bactéria do gênero estafilococo (figura 7), pertencente à família *Micrococcaceae*. formado por cocos Gram-positivos, catalase positivos, medindo aproximadamente 0,5 a 1,5  $\mu\text{m}$  de diâmetro, imóveis, não esporulados, podendo apresentar diferentes arranjos: isolados; aos pares; e em

cadeias de cacho de uva. Na maioria das cepas de *S. aureus* a superfície externa contém o fator de coagulação, coagulase ligada, que utilizamos para identificação da espécie. A coagulase ligada se liga ao fibrinogênio convertendo-o em fibrina insolúvel (MURRAY, 2014).

Figura 7 – *Staphylococcus aureus* em microscopia eletrônica de varredura



Fonte: Janice Haney Carr, Matthew J. Arduino, DRPH, USCDCP. Disponível em: <https://pixnio.com/pt/ciencia/imagens-de-microscopia/staphylococcus-aureus/alta-ampliacao-10000-x-estirpe-estafilococos-aureus-bacteria>

Por ser uma bactéria mesofílica apresenta temperatura de crescimento entre 7° C e 48° C, produzindo enterotoxina em temperaturas entre 10° C e 46° C. Habita naturalmente a pele e mucosas dos animais, inclusive o corpo humano, e a ela são atribuídas uma gama de infecções invasivas, com níveis variáveis de gravidade. A referida colonização dos seres humanos ocorre de forma assintomática em aproximadamente 30% da população. Pesquisas recentes demonstram que a microbiota nasal é altamente variável na promoção ou inibição da colonização de *S. aureus* (JENUL e HORSWILL, 2019; LAUX et al, 2018).

Na pele humana o *Staphylococcus aureus* é responsável por grande parte das infecções bacterianas utilizando mecanismos evasivos contra as defesas do hospedeiro para promover sua colonização e infecções da pele, possuindo mecanismos eficientes para evitar o reconhecimento e destruição pelo sistema imunológico, facilitando assim sua colonização (RYU et al, 2014).

Observa-se ainda a produção crônica de citocinas inflamatórias na pele de indivíduos com dermatite atópica quando acometidos por *S. aureus*, ocasionando supercrescimento de biofilme às custas de outros comensais microbianos,

subvertendo a composição do microbioma da pele saudável (DI DOMENICO et al, 2019).

A endocardite infecciosa, infecções osteoarticulares pulmonares, e em tecidos moles, tem o *S. aureus*, como um dos principais agentes causadores (TONG et al 2015).

A grande capacidade de resistência as defesas do sistema imunológico, juntamente com sua resistência aos antibióticos, tornam o *S. aureus* uma bactéria de grande relevância para área médica (ZHOU et al, 2018).

Segundo SZETO et al (2020), superfícies inoculadas com *S. aureus* são desinfetadas após 10 minutos de exposição em câmara de radiação UV-C ( $\lambda = 254$  nm | 21 mW/cm<sup>2</sup>) associada com ozônio. Quando utilizada somente radiação UV-C, ROCHA et al (2021), obteve desinfecção em placas de Petri entre 15 e 20 minutos com o mesmo comprimento de onda.

Normalmente a metilina é o antibiótico mais usado para tratar a *Staphylococcus Aureus*. Entretanto cepas do tipo MRSA (Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*), resistentes à metilina, tem se tornado mais frequentes, sendo necessário o uso de outros antibióticos a qual a MRSA não ofereça resistência, com a possibilidade de aumento do tempo e/ou dosagem do antibiótico (RYU, 2014).

Os patógenos multidrogas resistentes (MDR) são associados ao aumento significativo de mortalidade e morbidade, relacionadas a infecções nosocomiais. A limpeza e desinfecção dos ambientes hospitalares são extremamente necessários na redução e transmissão desses microrganismos, principalmente onde as infecções associadas à saúde ocasionam preocupação (YANG JH et al ,2017).

### 3.3 AGENTES ANTIMICROBIANOS

As doenças infecciosas de modo geral possuem uma grande habilidade de disseminação devido aos vários meios de transmissão, e inclusive, em alguns casos, observamos a sobrevivência destes patógenos em superfícies fora do hospedeiro por uma grande variabilidade de tempo. Neste sentido, a desinfecção de ambientes e superfícies é uma das medidas que visam reduzir a transmissibilidade dos patógenos no ambiente (HEßLING, et al, 2020).

A higienização ambiental desempenha um papel fundamental no controle da transmissão de microrganismos patogênicos associados a saúde. Entretanto é

comum a higienização dos ambientes muitas vezes não atingir a qualidade ideal, provocando assim, o surgimento de diversas opções tecnológicas de desinfecção mais rápidas e seguras a cada dia no mercado. Uma dessas tecnologias que vem despertando interesse são os dispositivos ultravioleta-C automatizados (UV-C), devido à sua eficiência na redução de patógenos associados principalmente a infecções nosocomiais (NERANDZIC et al, 2014).

Segundo Rocha et al, (2021), um dos requisitos essenciais em sistemas de desinfecção de superfícies utilizando radiação ultravioleta e a quantificação de radiação à qual os patógenos são expostos. Para isso é importante conhecer a intensidade de radiação por unidade de área na superfície irradiada empregada pelas lâmpadas emissoras usadas nestes dispositivos.

Como é notório a fonte primária de radiação ultravioleta (UV) é o sol, porém temos fontes secundárias deste tipo de radiação provenientes de alguns tipos de lâmpadas. Na prática temos três importantes subdivisões de acordo com os comprimentos de onda: UV-A (320 nm a 400 nm), UV-B (290 nm a 320 nm) e UV-C (200 nm a 290 nm) (MOTA, 2011).

Segundo Mota, 2011, a exposição a essa radiação ultravioleta, em qualquer comprimento de onda, é nociva ao ser humano, causando desde queimaduras, envelhecimento cutâneo precoce, manchas, descamação até câncer de pele.

Os efeitos bactericidas da UV-C encontram-se na faixa de 245 nm a 285 nm. A ação dos raios ultravioletas nestes microrganismos provoca alterações no DNA, RNA e nas proteínas, prejudicando a reprodução dos indivíduos. Se for utilizada com intensidade e com tempo de exposição adequados, a radiação UV-C tem a capacidade de eliminar todo tipo de microrganismos, tais como bactérias, fungos e vírus (MUÑOZ et al, 2016).

As fontes de luz UVC mais comuns há muitas décadas têm sido lâmpadas de descarga de mercúrio, especialmente lâmpadas de vapor de mercúrio de baixa pressão, com um forte pico de emissão de 254 nm, que está perto do máximo de absorção de RNA em cerca de 260 nm (HEßLING, et al, 2020).

Normalmente as lâmpadas emissoras de radiação UV-C são compostas por um tubo selado de quartzo, com gás argônio e mercúrio. A eliminação dos microrganismos ocorre, portanto, mediante a exposição dos patógenos ao fluxo de elétrons da ionização do vapor de mercúrio presente na lâmpada. Porém existem fatores que podem contribuir para redução da eficiência de emissão da radiação como

falhas nos eletrodos, deposição de mercúrio nas paredes e solarização do invólucro (SANTOS et al, 2015).

Existem vários estudos avaliando a eficácia dos LEDs ultravioleta na desinfecção de microrganismos em vários comprimentos de onda da radiação UV. Por ser uma tecnologia emergente, os LEDs estão em constante evolução na produção de energia, eficiência energética, vida útil e viabilidade econômica. Uma das vantagens sobre as lâmpadas de UV-C tradicional é a não utilização de mercúrio, o que torna possível serem ligados e desligados instantaneamente (SANTOS et al, 2015).

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de um estudo, *in vitro*, realizado no Laboratório de Análises Clínicas localizado na Clínica de Educação para a Saúde do Instituto Educacional Santa Catarina, da Faculdade Guaraí em Tocantins.

### 4.1 SELEÇÃO DAS MÁSCARAS

A seleção de máscaras avaliadas neste estudo foi realizada segundo parâmetros da ANVISA (2020), que apontam os principais modelos indicados para uso de contaminantes por vias aéreas:

- Máscara de proteção de uso não profissional -tricoline 100% algodão - de duas camadas.
- Máscara cirúrgica – Máscara tripla para proteção com filtro Descarpac® modelo AWFA20065;
- Equipamento de proteção respiratória N95 - Máscara Descartável Dobrável 3M™ 9920H, Classe PFF-2 (S);

### 4.2 DIVISÃO DAS AMOSTRAS

Para avaliação da desinfecção promovida pelo uso da radiação UV-C, em máscaras faciais, foram obtidas amostras padronizadas de três modelos máscaras, divididas em 12 grupos, conforme mostra a tabela 1.

Tabela 1. Distribuição dos grupos de avaliação dos diferentes modelos de máscaras testadas, de acordo com o processo de desinfecção

Modelos de máscaras		
TRICOLINE	CIRÚRGICA	N95
Grupo Controle	Grupo Controle	Grupo Controle
Grupo UV-C, 30 s de exposição (GL30t)	Grupo UV-C, 30 s de exposição (GL30c)	Grupo UV-C, 30 s de exposição (GL30n)
Grupo UV-C, 45 s de exposição (GL45t)	Grupo UV-C, 45 s de exposição (GL45c)	Grupo UV-C, 45 s de exposição (GL45n)
Grupo UV-C, 60 s de exposição (GL60t)	Grupo UV-C, 60 s de exposição (GL60c)	Grupo UV-C, 60 s de exposição (GL60n)

Fonte: Autoria própria.

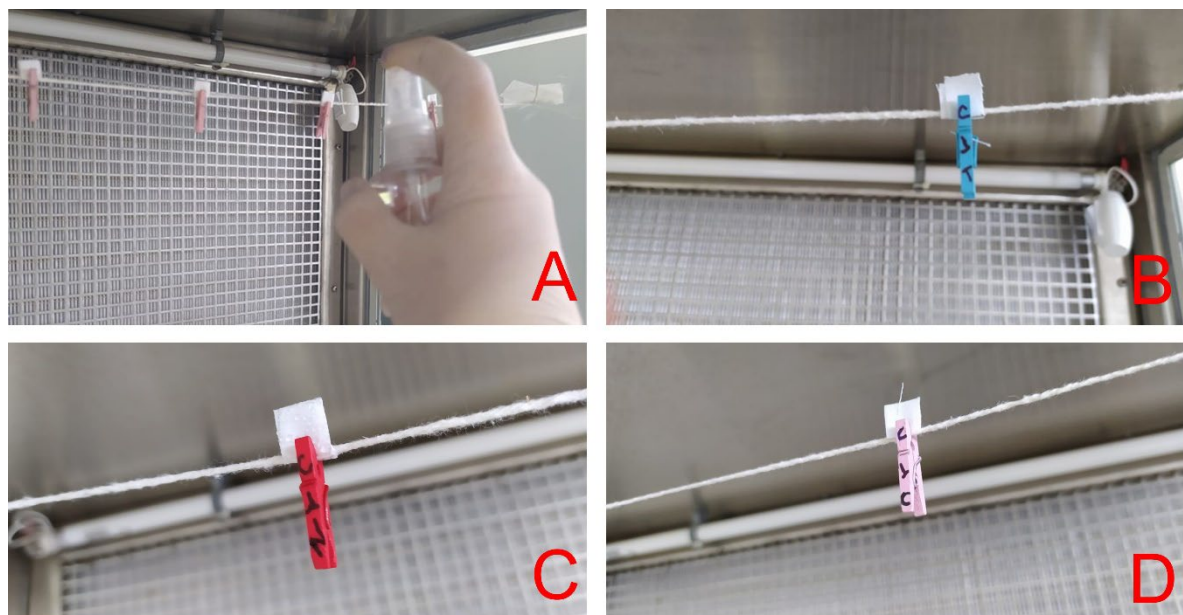
### 4.3 AMOSTRAS MICROBIOLÓGICAS

Para preparação dos inóculos, os microrganismos foram cultivados em caldo de Infusão Cérebro-Coração (*Brain Heart Infusion* – BHI – Kasvi®, Paraná, Brasil), a 37°C por 24 h, em estufa bacteriológica e após este período, obteve-se suspensões bacterianas, em solução salina estéril, na concentração de  $10^8$  UFC/mL, determinada por meio da escala nefelométrica de *Mc Farland* (0,5 *Mc Farland*).

### 4.4 CONTAMINAÇÃO DAS MÁSCARAS

As máscaras foram contaminadas utilizando um borrifador plástico contendo 3 ml de suspensão de  $10^8$  UFC/mL de *S. aureus*. Os inóculos foram aspergidos por 3 vezes consecutivas, na posição frontal de cupons com (1 cm<sup>2</sup>), dos três modelos de máscaras testadas, com uma distância padronizada de 10 cm. Como mostra a Figura 8, para realizar as contaminações, as amostras foram fixadas, com auxílio de um barbante, na capela de fluxo laminar e aguardado o processo de secagem de aproximadamente 30 min, conforme demonstrado na figura 8 (VISCUSI et al, 2007).

Figura 8 – Processo de contaminação das amostras: Aspersão da suspensão de  $10^8$  UFC/mL de *S. aureus* nas amostras (A); Amostra de tricoline (B); Amostra respirador facial N95 (C); e máscara cirúrgica descartável (D)



Fonte: Autoria própria.



#### 4.5 DESINFECÇÃO DAS MÁSCARAS

Após o processo de contaminação dos 3 modelos de máscaras testados neste estudo, amostras padronizadas foram submetidas a irradiação UV-C, por meio do equipamento de desinfecção auxiliar de superfícies, SURFACE UV® (MMOptics, São Carlos, Brasil).

A lâmpada de mercúrio (Hg) de 4 W do dispositivo emite radiação no comprimento de onda de 254 nm, com irradiância de aproximadamente 13 mW/cm<sup>2</sup> a 1 cm de distância da superfície. O dispositivo contém um recurso de segurança que somente ativa a lâmpada quando todo o equipamento está voltado para baixo, evitando a exposição ocular. O desenho esquemático do dispositivo e de suas principais partes pode ser visto na figura 9.

As irradiações foram realizadas a uma distância de 1 cm das amostras, (1 cm/s, 13 mW/cm<sup>2</sup>), com o equipamento posicionado de forma perpendicular, em apenas um lado do tecido (parte externa das amostras). Para avaliação da efetividade da desinfecção promovida pela radiação UV-C, foram avaliados três tempos de exposição diferentes: 30, 45 e 60 segundos (figura 10).

Figura 9 – Aparelho SURFACE UV® (A) e suas partes principais (B): (1) lâmpada UV-C, (2) corpo plástico, (3) fonte de alimentação, (4) refletor, (5) reator da lâmpada, (6) sensor de nível, (7) painel de controle, (8) botão liga/desliga

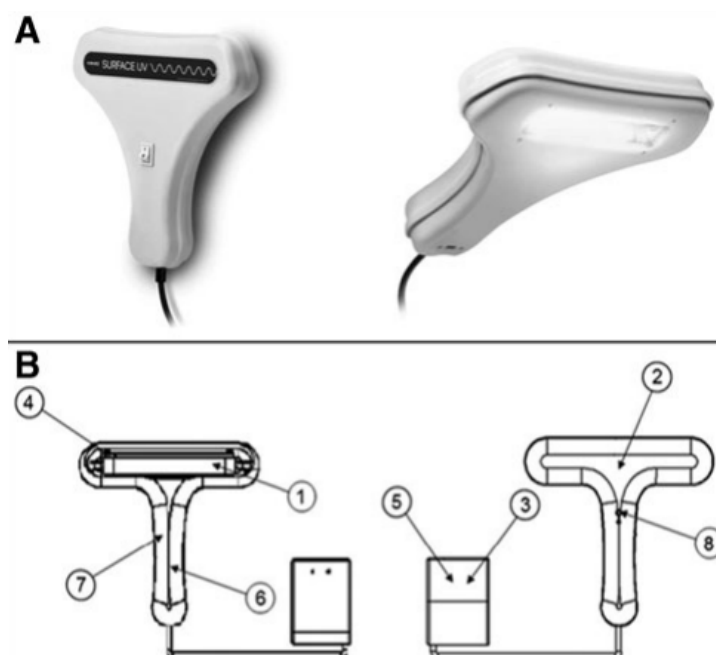


Figura 10 – Aparelho SURFACE UV® utilizado na pesquisa, demonstrando a distância de aplicação (1 cm)



Fonte: A autoria própria.

## 4.6 AVALIAÇÃO DOS PROCESSOS DE DESINFECÇÃO

### 4.6.1 Amostras de controle

Como controle positivo (GC: Grupo Controle) foram obtidas amostras dos 3 modelos de máscaras após o procedimento de contaminação bacteriana.

Essas amostras de controle foram inseridas em tubos de ensaio contendo 1 ml de solução salina estéril e submetidas a agitação mecânica através do vórtex por 30 s. Na sequência, as amostras de tecido foram retiradas dos tubos de ensaio, e a solução remanescente nos tubos foram centrifugadas por 15 min (3400 rotações por minuto).

Após a centrifugação foi desprezado o sobrenadante e inserido 50  $\mu$ L de solução salina estéril e agitado em vórtex por 30 s.

As amostras de controle foram submetidas a diluições seriadas, em placa de microtitulação, na ordem de 1/10 ( $10^{-1}$  até  $10^{-3}$  vezes da concentração inicial), com finalidade de diminuir a concentração de UFC/mL (UFC: unidades formadoras de colônia), facilitando a contagem final.

Para avaliação microbiológica alíquotas 10  $\mu$ L, das diluições seriadas foram semeadas em triplicata em placas de Petri contendo ágar *Mueller Hinton*. As placas

foram encubadas em estufa bacteriológica a 37° C, por 24 h. Após este período, foi realizado a contagem de UFCs e os resultados foram transformados em fração de sobrevivência para serem submetidos à análise estatística.

Os experimentos foram realizados em três dias diferentes, em triplicata (n = 9).

#### **4.6.2 Amostras de contaminadas**

A recuperação microbiana das amostras tratadas foi realizada, após serem submetidas aos diferentes processos de desinfecção realizados neste estudo.

As amostras dos 3 modelos de máscaras tratadas foram inseridas em tubos de ensaio contendo 1mL de solução salina estéril e submetidas a agitação mecânica através do vórtex por 30 s. Após a agitação, os tecidos foram retirados dos tubos de ensaio, e as soluções foram centrifugadas por 15 min (3400 rotações por minuto).

Após a centrifugação foi desprezado o sobrenadante e inserido 50 µL de solução salina estéril e agitado em vórtex por 30 s.

As amostras tratadas foram submetidas a diluições seriadas, em placa de microtitulação, na ordem de 1/10 ( $10^{-1}$  até  $10^{-3}$  vezes da concentração inicial), com finalidade de diminuir a concentração de UFC/mL (UFC: unidades formadoras de colônia), facilitando a contagem final.

Para avaliação microbiológica alíquotas 10 µL, das diluições seriadas foram semeadas em triplicata em placas de Petri contendo ágar *Mueller Hinton*. As placas foram encubadas em estufa bacteriológica a 37° C, por 24 h. Após este período, foi realizado a contagem de UFCs e os resultados foram submetidos à análise estatística.

Os experimentos foram realizados em três dias diferentes, em triplicata (n=9).

#### **4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA**

Todos os resultados obtidos nas leituras das placas foram tabulados no programa Microsoft Excel (Microsoft® Corporation) e para as análises estatísticas foi utilizado o programa estatístico PRISMA (GraphPad® Software, Version 9.2.0, 2021). 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

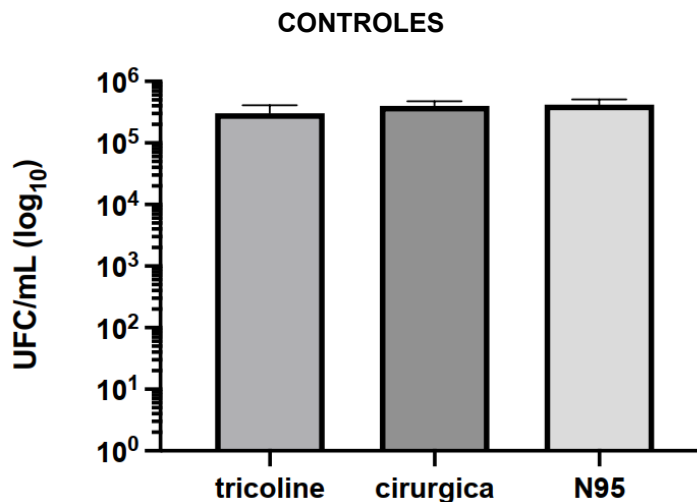
Kruskal-Wallis, seguido do teste de Wilcoxon. O nível de significância foi considerado para  $p < 0,05$ .

## 5 RESULTADOS

Foram avaliados os dados relacionados as 27 máscaras (amostras), distribuídas em 3 grandes grupos diferenciados por modelos de máscaras: máscara de tricoline (n=9), máscara cirúrgica (n=9) e respirador tipo N95 (n=9).

A Figura 11 mostra que os 3 tipos de máscaras de proteção facial, testados neste estudo, foram contaminadas com concentrações entre  $10^5$  e  $10^6$  UFC/mL de *S. aureus*, que foram usadas como grupos controle, para avaliar a efetividade da desinfecção mediada por radiação UV-C. Apesar dos diferentes modelos de máscaras apresentarem diferenças estruturais e teciduais, é perceptível a similaridade na quantidade de UFC/mL entre os grupos, apontando homogeneidade nos processos de contaminação das amostras.

Figura 11 – Comparativo entre os grupos controle dos três diferentes tipos de máscaras faciais ( $p < 0,05$ )

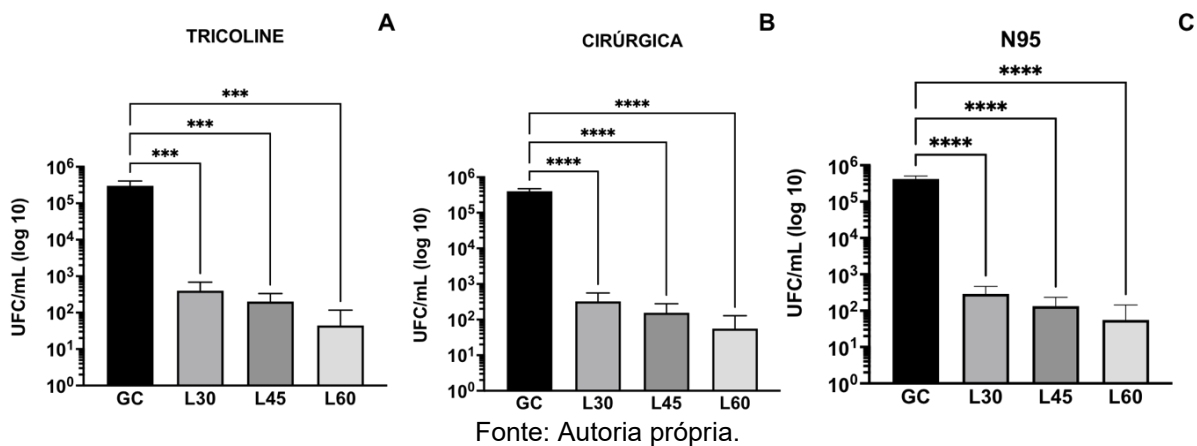


Fonte: Autoria própria.

A Figura 12 mostra o gráfico de desinfecção dos diferentes tipos de máscaras contaminadas com *S. aureus*. Nos grupos controle temos os tecidos das máscaras sem nenhum processo de descontaminação, por esse motivo apresentando quantidade elevada de microrganismos, nas concentrações entre  $10^5$  e  $10^6$ . No processo de descontaminação com luz UV-C foi possível observar efetiva redução microbiana após diferentes tempos de irradiação com UV-C: 30 s, 45 s e 60 s, representadas respectivamente, por L30, L45 e L60, nos 3 diferentes tipos de

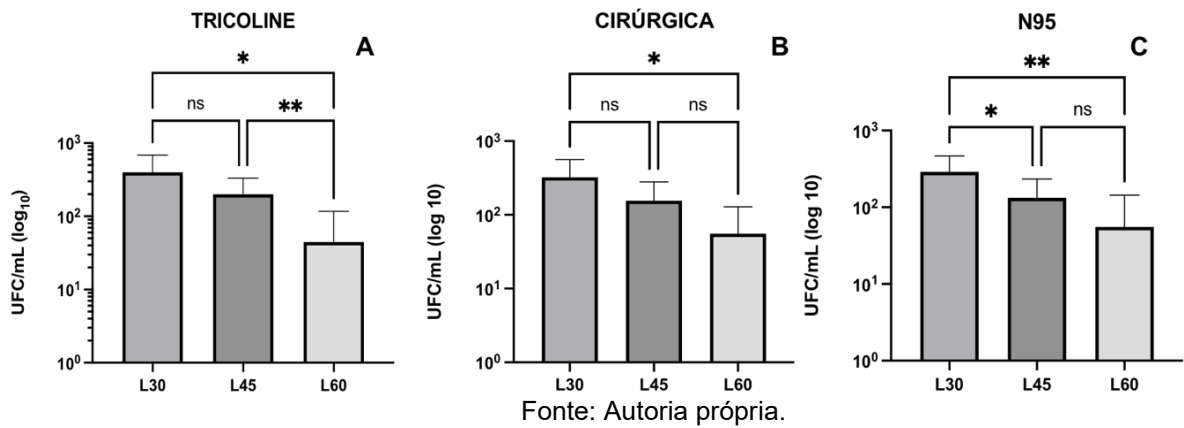
máscaras de proteção facial testadas O uso da radiação UV-C, no processo de desinfecção, foi efetivo já com 30 s de exposição em todas as amostras testadas, reduzindo as concentrações entre  $10^2$  e  $10^3$  UFC/mL de *S. aureus* (Figura 12 A, B e C).

Figura 12 – Desinfecção de diferentes tipos de máscaras de proteção facial: Tricoline (A); Cirúrgica (B) e N95 (C), após variados tempos de exposição à radiação UV-C ( $p < 0,05$ ).



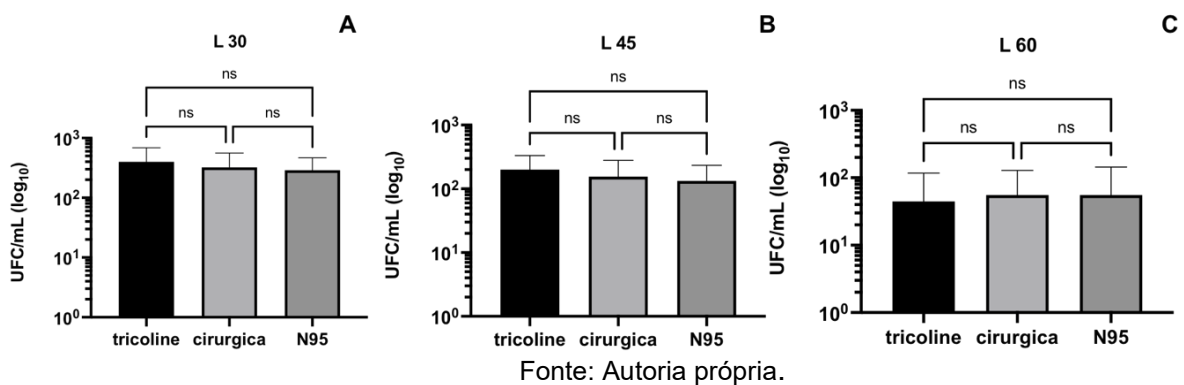
Em relação ao tempo de irradiação, a Figura 13 mostra que máscaras de proteção facial de Tricoline, não apresentaram redução estatisticamente significativa de microrganismos entre 30 s e 45 s de irradiação com luz UV-C ( $p > 0,05$ ) (Figura 13 A). Reduções estatisticamente significativas de *S. aureus* foram observadas entre 30 s e 60 s de irradiação com luz UV-C ( $p < 0,05$ ) (Figura 13 A), bem como entre 45 e 60 s de irradiação com luz UV-C ( $p < 0,05$ ) (Figura 13 A); máscaras de proteção facial cirúrgica mostraram redução estatisticamente significativa de microrganismos apenas entre 30 s e 60 s de irradiação com luz UV-C ( $p < 0,05$ ) (Figura 13 B); e máscaras de proteção facial N 95 mostraram redução estatisticamente significativa de microrganismos entre 30 s e 45 s de irradiação com luz UV-C ( $p < 0,05$ ) (Figura 13 C) e entre 30 s e 60 s de irradiação com luz UV-C ( $p < 0,05$ ) (Figura 13 C). No entanto, entre 45 s e 60 s de irradiação com luz UV-C, não foram observadas reduções estatisticamente significativas de *S. aureus* ( $p > 0,05$ ) (Figura 13 C).

Figura 13 – Avaliação do tempo de irradiação com luz UV-C na desinfecção de diferentes tipos de máscaras de proteção facial: Tricoline (A); Cirúrgica (B) e N95(C).



Quando comparados os diferentes tipos de máscaras, em relação ao mesmo tempo de de irradiação com luz UV-C, observamos que não houve redução estatisticamente significativa de microrganismos em nenhum tempo avaliado ( $p > 0,05$ ) (Figura 14 A, B e C).

Figura 14 – Comparação da desinfecção de diferentes tipos de máscaras de proteção facial: Tricoline (A); Cirúrgica (B) e N95 (C), com os mesmos tempos de irradiação com luz UV-C.



## 6 DISCUSSÃO

O presente estudo avaliou, *in vitro*, o processo de desinfecção de três modelos de máscaras faciais utilizadas por profissionais de saúde e população em geral, utilizando um equipamento portátil de irradiação ultravioleta C (UV-C), com rápida exposição, sem contato com a superfície das máscaras, eficiente redução microbiana, sem emissão de resíduos tóxicos, podendo ser facilmente manuseado por profissionais da saúde e população em geral.

Qualls et al (2017), apontam que o uso combinado de máscaras de proteção facial associadas a etiqueta respiratória e a higienização das mãos, dificulta a transmissibilidade de patógenos em ambientes fechados, como constatado na pandemia de H1N1 de 2009. Quase onze anos depois, uma nova pandemia de corona vírus (COVID-19) expos a severa escassez de equipamentos de proteção individual, mais precisamente as máscaras faciais, levando as autoridades sanitárias a indicar o uso do máscaras mais simples (caseiras) para população geral, direcionando assim os estoques de máscaras cirúrgicas e N95 para os profissionais da saúde e pacientes contaminados (REUTMAN et al, 2021).

Ainda no contexto da pandemia de COVID-19, Kamacharya et al (2021), apontam o uso de máscaras de tecido (caseiras) como peças fundamentais no controle da propagação de bioaerossóis contaminados, dependendo das condições de utilização, do tipo de material e ajuste à face. Corroborando com o estudo de Taminato et al (2020), que através de uma revisão sistemática avaliou as melhores evidências científicas, indicando a utilização das máscaras de tecido como item de segurança e barreira à bioaerossóis para população em geral.

Quanto as máscaras caseiras a ANVISA (2020), recomenda sua higienização imergindo-as em solução de hipoclorito de sódio (30 ml por litro de água) por 30 minutos, e após esse processo realizar o enxague com secagem se possível ao sol. O mesmo documento indica que após 30 lavagens as máscaras devem ser descartadas em função possíveis danos ao tecido, reduzindo consequentemente o nível de proteção.

Slaugther et al (2019) revisou criticamente a epidemiologia e toxicidade em relação ao manejo do hipoclorito de sódio. Em suas considerações alertou sobre a ingestão acidental que normalmente não apresenta significância clínica, no entanto aqueles que ingerem grandes quantidades da fórmula diluída ou a concentrada podem



desenvolver lesões graves, necessitando de atenção e cuidados na utilização.

Embora o foco deste estudo não tenha sido a comparação entre outros métodos químicos ou físicos de desinfecção com a radiação UV-C, observou-se na literatura que alguns métodos podem danificar estruturalmente as máscaras condenando sua capacidade de filtragem ou proteção. Martinez e colaboradores (2022), ao avaliar cinco métodos de descontaminação utilizando bactérias Gram-positivas, relatou que o método de calor seco, tratamento em banho de etanol e peróxido de hidrogênio vaporizado, realizam reduções significativas na ordem de magnitude  $10^3$  UFC/mL, porém podem danificar estruturalmente as máscaras reduzindo sua capacidade de filtração. Já o tratamento fotodinâmico com azul de metileno associado a exposição de luz vermelha de amplo espectro por 30 minutos e a irradiação com UV-C, realizadas utilizando um dispositivo LS-AT-M1 (LASEA) equipado com quatro lâmpadas UV-C de 5,5 W, tempo de 2 min, de  $2,6 \text{ J/cm}^2$  por máscara ( $1,3 \text{ J/cm}^2$  por lado), não alteraram a capacidade de filtração das máscaras, mostrando reduções microbianas significativas. Metolina et al (2022), em seu estudo investigou a suscetibilidade do vírus SARS-CoV-2 em altas concentrações virais através da desinfecção por irradiação UV-C em três modelos de máscaras: tecido algodão, cirúrgica e respirador N95. Os resultados demonstraram, que mais de 95% da quantidade de RNA do SARS-CoV-2 poderia ser reduzida após 10 minutos de exposição UV-C ( $0,93 \text{ J/cm}^{-2}$  por lado) em respiradores N95 e máscaras cirúrgicas e, após 5 min de tratamento UV-C ( $0,46 \text{ J/cm}^{-2}$  por lado) em máscaras de tecido algodão, demonstrando que a menor dose aplicada de ( $0,46 \text{ J/cm}^{-2}$  por lado) é suficiente para descontaminar completamente todas as máscaras. Os resultados foram obtidos através da desinfecção com um dispositivo que consiste em um gabinete fechado com 4 lâmpadas tubulares de vapor de mercúrio.

Assim como Metolina et al (2022), este estudo mesmo utilizando microrganismo e dispositivo diferentes, quando testado em máscaras de tecido, obteve significativa redução microbiana em todos os tempos de exposição, entretanto com o diferencial de irradiar o UV-C em apenas um dos lados das máscaras testadas e com menor tempo de irradiação, evidenciando o tempo de desinfecção com 60 segundos, com uma redução de praticamente 4 logs<sub>10</sub>. Porém o tempo de 45 segundos não apresenta relevância significativa em relação ao tempo 30 segundos. Como questão de segurança e maior confiabilidade na redução microbiana, o ideal neste caso seria a

utilização do tempo de 60 segundos para desinfecção.

Outro estudo, testou o processo de desinfecção em superfícies inanimadas e equipamentos de proteção individual (EPI), empregando um microrganismo bacteriófago ou fago (vírus de RNA com envelope fosfolipídico). Como método de desinfecção foram utilizados dois sistemas de irradiação, um com 2,4 W e outro com 5,5 W constituídos por lâmpadas convencionais de mercúrio UV-C, com um forte de emissora de radiação UV-C a ~254 nm. Ambos os sistemas foram eficazes na inativação do fago, onde a câmara com 5,5 W foi mais eficiente em todas as superfícies testadas. As máscaras cirúrgicas testadas apresentaram inativação efetiva com os tempos de 60 e 120s. redução de aproximadamente 8,8 log UFC/mL após 60 segundos (dose de radiação UV-C de 0,24 J/cm<sup>2</sup>) (BARTOLOMEU et al, 2022).

Corroborando com o estudo de Bartolomeu (2022), este estudo realizou o processo de desinfecção das máscaras cirúrgicas demonstrando a efetiva relevância estatística com redução do *S. aureus* nos três tempos (30, 45 e 60 segundos) de exposição à radiação UV-C em um dos lados das máscaras. Nesse caso também há de se considerar o tempo de 60 segundos como o mais eficiente no processo de desinfecção. Assim como no trabalho de Bartolomeu (2022), que utilizou lâmpadas com o mesmo comprimento de onda (254 nm), este estudo também sugere que protocolos com procedimentos de desinfecção devam ser criados com o intuito de atingir rápida sanitização, eficientes e sustentável, utilizando como parâmetros importantes o tempo de irradiação e a dosagem.

Rubio-Romero et al (2022), demonstraram que o UV-C se mostra eficaz na inativação de uma grande variedade de patógenos. O mesmo estudo indica que os níveis de radiação UV-C necessários à desinfecção não afetam a eficácia de filtragem dos respiradores N95 e podem ser administrados com segurança após fornecer salvaguardas adequadas.

As salvaguardas citadas por Rubio-Romero e colaboradores (2022) são corroboradas pelos estudos de Rowan e Laffey (2020) que relacionam a eficácia da UV-C com a dose, tempo de exposição e sombreamento, uma vez que somente são inativas as superfícies irradiadas, portanto, os respiradores N95 devem ser irradiados de ambos os lados.

Analisando os resultados deste trabalho referentes ao respirador N95, podemos notar a ocorrência de significância estatística com redução microbiana, em todos os tempos testados mediante ao grupo controle. Entretanto ao compararmos

essa redução entre os tempos de 45 e 60 segundos nota-se que não existe relevância estatística significativa, sendo possível considerar a suspensão da aplicação da irradiação no tempo de 45 segundos.

Em 2017, Correa e colaboradores realizaram um estudo visando a desinfecção em faixas elásticas utilizadas por pacientes em tratamento fisioterapêutico, avaliando a eficácia da inativação de microrganismos *in vitro* utilizando o mesmo modelo de equipamento adotado neste estudo. Fazendo uso de um protocolo de desinfecção semelhante, o estudo apontou o tempo para o de 60 segundos de exposição a 1 cm de distância uma redução microbiana de 6,5 log<sub>10</sub> para *Staphylococcus aureus*.

A eficaz redução microbiana por radiação UV-C está ligada a potência do equipamento e ao tempo de exposição, portanto quanto maior o tempo de exposição, maior a redução de *S. aureus*. Neste estudo, o tempo de 30 segundos já apresenta consideráveis reduções nas UFC/mL, entretanto a quando analisada a irradiação no tempo de 60 segundos a inativação das colônias aumentam consideravelmente. Este resultado, indica a possibilidade do uso desse tipo de dispositivo com sucesso nas práticas de desinfecção de máscaras e respiradores reutilizáveis.

A estrutura e design das superfícies irradiadas podem influenciar na ação desinfetante da radiação UV-C. Associado a isso, a composição do material também pode alterar a adesão microbiana, formando biofilmes resistentes aos processos de desinfecção (CORRÊA et al., 2017; NARITA et al., 2018).

Em superfícies hospitalares que utilizam materiais de menor porosidade ou de design mais plano como couro sintético, MDF, aço inoxidável, polímeros plásticos e granito foi obtida uma redução microbiana superior a 81%, utilizando um dispositivo portátil emissor de radiação UV-C por 20 segundos, a uma distância de 1 cm da superfície, resultando em uma dosagem de 0,912 J/cm<sup>2</sup> e intensidade de 45,6 mW/cm<sup>2</sup> (DOS SANTOS e DE CASTRO, 2021).

Os resultados deste estudo obtiveram uma redução de três log<sub>10</sub> após a irradiação UV-C por 30 s, a uma distância de 1 cm da superfície e intensidade de 13 mW/cm<sup>2</sup> e de quatro log<sub>10</sub> no tempo de 60 segundos. Quando comparado aos resultados de Narita (2018), Dos Santos e De Castro (2021) podemos observar dois pontos importantes: a) a porosidade da superfície pode influenciar na taxa de sobrevivência dos microrganismos; e b) a potência do equipamento pode fazer uma significativa diferença. Portanto em situações em que a intensidade irradiada é menor e o material irradiado apresenta porosidade ou vilosidade, deve-se aumentar o tempo

de exposição para se obter uma desinfecção próxima a 99,99%.

Um alerta importante deve ser feito, a exposição à radiação UV-C apresenta riscos à saúde humana, principalmente a pele e os olhos. Doses superiores a 5 mJ/cm<sup>2</sup> podem resultar em conjuntivite aguda dolorosa, e doses maiores que 10 mJ/cm<sup>2</sup> resultam em leve vermelhidão, descamação e pigmentação da pele (PURSCHKE et al, 2020). A dose emitida pelo dispositivo utilizado neste estudo é superior a esses valores, isso fez com fosse projetado para desligar automaticamente quando virado com a lâmpada para cima minimizando os riscos de exposição, além de recomendar o uso de óculos de proteção ao utilizar o equipamento.

Segundo a OMS (2020) a utilização de máscaras deveria ser realizada não somente em casos de pandemias disseminadas através por bioaerossóis, mas em outras doenças mais simples com a gripe impedindo a propagação da infecção de pessoa doente para uma saudável.

Portanto, métodos de descontaminação eficazes devem ser implementados como uma rotina padronizada em unidades de saúde a fim de reduzir a geração de resíduos contaminados, redução dos custos operacionais destas unidades e garantir a disponibilidade de EPI's necessários ao atendimento médico/hospitalar.

## 7 CONCLUSÃO

Podemos concluir que, o uso da radiação UV-C promoveu efetiva redução microbiana nas máscaras de proteção facial, contaminadas com *S. aureus*, nos três modelos de máscaras testados neste estudo: Tricoline, Cirúrgica e N95.

Identificou-se que 60 s de irradiação foi mais efetivo em todos os tipos de máscaras de proteção facial, avaliados neste estudo.

O modelo de máscara de proteção facial avaliado neste estudo, não influenciou na efetividade da desinfecção promovida por meio da irradiação com luz UV-C, em nenhum tempo de irradiação testado.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. S. C. et al. **Staphylococcus Aureus**. Centro Universitário Católica de Quixadá. Mostra Científica em Biomedicina, v. 1, n. 1, 2016.

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **ORIENTAÇÕES GERAIS** – Máscaras faciais de uso não profissional. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/esporte/desporto-militar/sua-saude/orientacoes-gerais-mascaras-faciais-de-uso-nao-profissional/NTMascarasTecidoAnvisa.pdf>. Acesso em: 56 abr. 2021.

BARTOLOMEU, M, et al. Evaluation of UV-C Radiation Efficiency in the Decontamination of Inanimate Surfaces and Personal Protective Equipment Contaminated with Phage  $\phi 6$ . **Microorganisms**, v. 10, n. 3, p. 593, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2607/10/3/593/pdf>.

CASSORLA, L. Decontamination and Reuse of N95 Filtering Facepiece Respirators: Where Do We Stand? **Anesthesia and analgesia**, 2020.

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

DEIVISON, L. **Redução no consumo de energia utilizando tecnologia LED**. Revista Científica Semana Acadêmica. Fortaleza, ano MMXIV, Nº. 000055, 07/05/2014. Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/artigo/reducao-no-consumo-de-energia-utilizando-tecnologia-led> Acessado em: 14 ago 2022.

DI DOMENICO, E. G. et al. Staphylococcus aureus and the cutaneous microbiota biofilms in the pathogenesis of atopic dermatitis. **Microorganisms**, v. 7, n. 9, p. 301, 2019. Acesso em 9 jun. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms7090301>.

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>

FELISARDO, R. J. A.; DOS SANTOS, G. N. Aumento da geração de resíduos sólidos com a pandemia do COVID-19: desafios e perspectivas para a sustentabilidade. **Meio Ambiente (Brasil)**, v. 3, n. 3, 2021. Disponível em: <https://meioambientebrasil.com.br/index.php/MABRA/article/download/138/99>

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.

GARCIA, L. P. Uso de máscara facial para limitar a transmissão da COVID-19. **Epidemiologia e Serviços de Saúde [online]**. 2020, v. 29, n. 2. Acesso em: 1 ago 2022. DOI: <https://doi.org/10.5123/S1679-49742020000200021>.

HANACEK, N. **Masks Under the Microscope**: Viewed under a microscope, mask fabrics are complex, varied and beautiful. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2021. Disponível em: <https://www.nist.gov/feature-stories/masks-under-microscope>. Acesso em: 14 ago. 2022.

HEßLING, M. et al. Ultraviolet irradiation doses for coronavirus inactivation—review and analysis of coronavirus photoinactivation studies. **GMS hygiene and infection control**, v. 15, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3205/dgkh000343>

JENUL, Christian; HORSWILL, Alexander R. Regulation of *Staphylococcus aureus* virulence. **Microbiology spectrum**, v. 7, n. 2, p. 7.2. 29, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1128%2Fmicrobiolspec.GPP3-0031-2018>

KARMACHARYA, M. et al. Advances in facemasks during the COVID-19 pandemic era. **ACS Applied Bio Materials**, v. 4, n. 5, p. 3891-3908, 2021. DOI <https://doi.org/10.1021%2Facsabm.0c01329>.

KUMAR, A. et al. Decontamination of N95 masks for reuse employing seven widely available sterilization methods. **PloS one**, v. 15, n. 12, p. e0243965, 2020.

LAUX, C.; PESCHEL, A.; KRISMER, B. *Staphylococcus aureus* colonization of the human nose and interaction with other microbiome members. **Microbiology Spectrum**, v. 7, n. 2, p. 7.2. 34, 2019. Acesso em: 10 jul. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.gpp3-0029-2018>

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>.

LIAO, L. et al. Can N95 respirators be reused after disinfection? And for how many times? **medRxiv** [Internet]. 2020. Acesso em: 07 ago 2022. DOI: <https://doi.org/10.1101/2020.04.01.20050443>.

MAGALHÃES, A. G.; PIMENTEL, A. K. A. de C.; MELO, M. R. F.; FEITOSA, R. A.; RIBEIRO, S. S.; SANTANA, W. J. de. Impactos dos resíduos sólidos hospitalares durante a pandemia da COVID-19. **Conjecturas**, [S. l.], v. 22, n. 4, p. 392–401, 2022. DOI: 10.53660/CONJ-1245-W20. Disponível em: <https://conjecturas.org/index.php/edicoes/article/view/1245>. Acesso em: 15 set. 2022.

MARTINEZ, E. et al. Effect of five decontamination methods on face masks and filtering facepiece respirators contaminated with *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa*. **Access Microbiology**, v. 4, n. 3, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1099%2Ffacmi.0.000342>

METOLINA, P. et al. Evaluation of the effectiveness of UV-C dose for photoinactivation of SARS-CoV-2 in contaminated N95 respirator, surgical and cotton fabric masks. **Photochemical & Photobiological Sciences**, p. 1-15, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s43630-022-00268-2>.

MOTA, C. D. S. **Desenvolvimento de um sistema para irradiação por ultravioleta de biomoléculas**. 2011. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia de Lisboa. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10362/5696>

MUÑOZ, F. A. et al. Nulo efecto bactericida de la radiación ultravioleta emitida por diodos LED. **Journal of Negative and No Positive Results: JONNPR**, v. 1, n. 6, p. 210-215, 2016. Acesso em: 05 ago 2022.  
DOI: <https://doi.org/10.19230/jonnpr.2016.1.6.1083>

MURRAY, P. R. **Microbiologia médica**. 7. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. P. 330-333.

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>.

NERANDZIC, M. M.; FISHER, C. W.; DONSKEY, C. J. Sorting through the wealth of options: comparative evaluation of two ultraviolet disinfection systems. **PLoS One**, v. 9, n. 9, p. e107444, 2014. Acessado em: 06 ago 2022. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107444>

O'HEARN, K. et al. Decontaminating N95 and SN95 masks with ultraviolet germicidal irradiation does not impair mask efficacy and safety. **Journal of Hospital Infection**, v. 106, n. 1, p. 163-175, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016%2Fj.jhin.2020.07.014>

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>

QUALLS, N. et al. Community Mitigation Guidelines to Prevent Pandemic Influenza - United States, 2017. **MMWR Recommendations and reports**, v. 66, n. 1, p. 1, 2017. Disponível em: <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/44313>

REUTMAN, S. R. et al. Homemade facemasks: particle filtration, breathability, fit, and other performance characteristics. **Journal of Occupational and Environmental Hygiene**, v. 18, n. 7, p. 334-344, 2021.  
DOI: <https://doi.org/10.1080/15459624.2021.1925124>.

ROCHA, A. S. da et al. 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>. Acesso em: 9 ago. 2022.

ROWAN, N. J.; LAFFEY, J. G. Challenges and solutions for addressing critical shortage of supply chain for personal and protective equipment (PPE) arising from



Coronavirus disease (COVID19) pandemic—Case study from the Republic of Ireland. **Science of the Total Environment**, v. 725, p. 138532, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138532>.

RUBIO-ROMERO, J. C. et al. Disposable masks: Disinfection and sterilization for reuse, and non-certified manufacturing, in the face of shortages during the COVID-19 pandemic. **Safety science**, v. 129, p. 104830, 2020. Acessado em 08 ago 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104830>.

RYU, S. et al. Colonization and infection of the skin by *S. aureus*: immune system evasion and the response to cationic antimicrobial peptides. **International journal of molecular sciences**, v. 15, n. 5, p. 8753-8772, 2014. Acesso em: 8 jul. 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1422-0067/15/5/8753/pdf>.

SANTOS, T. S. dos et al. Análise da eficiência energética, ambiental e econômica entre lâmpadas de LED e convencionais. **Engenharia Sanitária e Ambiental [online]**. 2015, v. 20, n. 4, pp. 595-602. Acesso em: 14 ago 2022 DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522015020040125106> .

SERESIRIKACHORN, K. et al. Decontamination and reuse of surgical masks and N95 filtering facepiece respirators during the COVID-19 pandemic: A systematic review. **Infection Control & Hospital Epidemiology**, v. 42, n. 1, p. 25-30, 2021. Acesso em: 20 de junho de 2021. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/02B0BEB7F040DF35BE0E0FF5D3B51AA0/S0899823X20003797a.pdf/decontamination-and-reuse-of-surgical-masks-and-n95-filtering-facepiece-respirators-during-the-covid-19-pandemic-a-systematic-review.pdf>.

SILVA, J. V. D. **Extrato de *Cedrela odorata* L. como modificador de resistência microbiana de cepas multirresistentes de *Staphylococcus aureus***. 2020. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/38562>.

SOUSA NETO, A. R. de; FREITAS, D. R. J. de. Utilização de máscaras: indicações de uso e manejo durante a pandemia da COVID-19. **Cogitare Enfermagem**, [S.l.], v. 25, jul. 2020. ISSN 2176-9133. Acesso em: 30 jul. 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/ce.v25i0.72867>.

SLAUGHTER, R. J. et al. The clinical toxicology of sodium hypochlorite. **Clinical toxicology**, v. 57, n. 5, p. 303-311, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/15563650.2018.1543889>

SZETO, W.; YAM, W.C.; HUANG, H. The efficacy of vacuum-ultraviolet light disinfection of some common environmental pathogens. **BMC Infectious Diseases**, v. 20, n. 1, p. 1-9, 2020. Acesso em: 9 ago 2022. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12879-020-4847-9>

TAMINATO, M. et al. Homemade cloth face masks as a barrier against respiratory droplets – systematic review. **Acta Paul Enferm**, v. 33, eAPE20200103, May. 2020. Acesso em: 9 ago 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.37689/acta-ape/2020AR0103>

TONG, S. Y. C. et al. Staphylococcus aureus infections: epidemiology, pathophysiology, clinical manifestations, and management. **Clinical microbiology reviews**, v. 28, n. 3, p. 603-661, 2015. Acesso em: 06 jun. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1128%2FCMR.00134-14>.

UNA-SUS. **Organização Mundial de Saúde declara pandemia do novo Coronavírus**, 2020. Acesso em: 25 de maio de 2021. Disponível em: <https://www.unasus.gov.br/noticia/organizacao-mundial-de-saude-declara-pandemia-de-coronavirus>.

VISCUSI, D. J.; KING, W. P.; SHAFFER, R. E. Effect of decontamination on the filtration efficiency of two filtering facepiece respirator models. **Journal-International Society for Respiratory Protection**, v. 24, n. 3/4, p. 93, 2007. Acesso em 10 jul. 2022. Disponível em: [https://www.isrp.com/the-isrp-journal/journal-public-abstracts/1138-vol-24-no-3-and-no-4-2007-pp-93-107-viscusi-open-access/file?fbclid=IwAR0Bvow5AjxJJ9Xxki0ss7P\\_tyiKLXrIEOxUg3pQCY8oupiM6xr5fplGcr8](https://www.isrp.com/the-isrp-journal/journal-public-abstracts/1138-vol-24-no-3-and-no-4-2007-pp-93-107-viscusi-open-access/file?fbclid=IwAR0Bvow5AjxJJ9Xxki0ss7P_tyiKLXrIEOxUg3pQCY8oupiM6xr5fplGcr8).

WHILEY, H. et al. Viral filtration efficiency of fabric masks compared with surgical and N95 masks. **Pathogens**, v. 9, n. 9, p. 762, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/pathogens9090762>.

YANG, J.H. et al. Effectiveness of an ultraviolet-C disinfection system for reduction of healthcare-associated pathogens. **Journal of Microbiology, Immunology and Infection**, v. 52, n. 3, p. 487-493, 2019. Acesso em: 11 jun. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmii.2017.08.017>.

ZARPELON, Leonardo de Mattos. Caracterização mecânica de tecido não tecido (TNT) a base de polipropileno exposto a estágios de saturação de água. 2021. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/222595>

ZHOU, K. et al. A review on nanosystems as an effective approach against infections of Staphylococcus aureus. **International Journal of Nanomedicine**, v. 13, p. 7333, 2018. Acesso em: 05 jun. 2022. DOI: <https://doi.org/10.2147/ijn.s169935>.