



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
ENGENHARIA BIOMÉDICA



NICOLLE RIBEIRO VAZ

**MÉTODOS DE DESINFECÇÃO "NO-TOUCH":
REVISÃO SOBRE O USO DE DISPOSITIVOS BASEADOS NA
EMISSÃO DE LUZ UV-C E VAPOR DE PERÓXIDO DE
HIDROGÊNIO**

Uberlândia

2022

NICOLLE RIBEIRO VAZ

**MÉTODOS DE DESINFECÇÃO "NO-TOUCH":
REVISÃO SOBRE O USO DE DISPOSITIVOS BASEADOS NA
EMISSÃO DE LUZ UV-C E VAPOR DE PERÓXIDO DE
HIDROGÊNIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Biomédica.

Orientador: Prof.^a. Dra. Selma Terezinha Milagre

Uberlândia

2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me conceder saúde, força e sabedoria para seguir sempre em frente. A ti, Senhor, toda honra e toda glória.

Aos meus pais, Marcos e Selma, e minha irmã Marcela, pelo apoio e incentivo em todos os momentos da minha vida. Por acreditarem em mim, e não medirem esforços para a concretização dos meus sonhos. Sem vocês, nada seria possível. Amo vocês!

A prof.^a Dra. Selma pelo incentivo, paciência, motivação e orientação com que dirigiu este processo, ajudando não somente com inteligência e sabedoria, como também com amor e carinho.

Aos professores e técnicos da FEELT, pelos ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo do curso.

Aos meus queridos irmãos e irmãs de Uberlândia, que foram minha segunda família, fundamentais para o meu processo de crescimento na graduação, para que eu me mantivesse bem, sempre me incentivando e dando suporte nos momentos difíceis.

Agradeço aos meus familiares, amigos e amigas pelo apoio emocional e pelo companheirismo durante todos esses anos.

Gratidão por todas as experiências e aprendizados durante esses anos de graduação.

RESUMO

A disseminação de patógenos se relaciona diretamente com a contaminação das superfícies hospitalares. Isso sugere que os procedimentos de desinfecção e limpeza padrão não são suficientes para promover a segurança dos pacientes. Portanto, há uma demanda crescente de novos métodos seguros, eficazes e rápidos para auxiliar na desinfecção terminal de superfícies ambientais em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde. Dentro desta ótica, os dispositivos “no-touch” têm como propósito melhorar os níveis da desinfecção terminal. Em meio à grande variedade de dispositivos disponíveis no mercado, destacam-se os métodos de geração de vapor de peróxido de hidrogênio e baseados na emissão de radiação ultravioleta. Este trabalho propõe revisar e caracterizar as principais tecnologias “no-touch”. Além disso, reunir suas principais vantagens e desvantagens, e buscar estudos na literatura avaliando a eficácia na redução de patógenos multirresistentes e o impacto de sua implementação nas taxas de infecções relacionadas à assistência à saúde. Para fins deste estudo, realizou-se uma pesquisa em duas bases de dados, utilizando palavras chaves e operadores booleanos para aprimorar a estratégia de busca. Utiliza-se de duas fases para selecionar os estudos baseando-se nos critérios de inclusão e exclusão pré-definidos. Diante disso, 22 estudos foram selecionados. Em geral, os sistemas de desinfecção automatizados podem fornecer uma redução da contaminação residual adicional a limpeza manual. Os resultados sugerem que dispositivo de vapor de peróxido de hidrogênio apresentam maior poder de redução de patógenos comparado ao dispositivo de luz ultravioleta, no entanto, possui tempos de ciclo e configuração maiores e difícil de usar. Toda via, os desenhos de estudo apresentam heterogeneidade na metodologia e nos resultados. Assim observa-se uma compensação entre tempo e eficácia nos métodos. Os custos iniciais de aquisição são consideráveis e mais elevados para os dispositivos baseados na emissão de luz ultravioleta, no entanto, os dispositivos de vapor de peróxido de hidrogênio possuem custos contínuos maiores. Por fim, em relação ao impacto clínico, concluiu-se que não há evidências suficientes para comparar os dispositivos e que há uma demanda urgente por regulamentação e testes padronizados para dispositivos de desinfecção “no-touch”.

Palavras-chave: Desinfecção terminal. Dispositivos de desinfecção automatizados. Luz ultravioleta. Vapor de peróxido de hidrogênio. Infecções relacionadas à assistência à saúde (IRAS).

ABSTRACT

Contamination of hospital surfaces directly involves pathogen spreads, suggesting that standard disinfection and cleaning procedures are insufficient. So, there is an increasing demand for new safe, effective, and rapid methods to aid in the terminal disinfection of environmental surfaces in Health Care Establishments. Within these optics, the “no-touch” devices aim to improve the levels of terminal disinfection. Among the wide variety of devices available in the market, stand out the methods of hydrogen peroxide vapor generation and based on emission of ultraviolet radiation. This paper proposes to review and characterize the main “no-touch” technologies. In addition, to gather its primary advantages and disadvantages, and to seek studies in the literature evaluating the effectiveness in reduction of multiresistant pathogens and the impact of their implementation on the rates of infections related to health care. For this study, it conducted a survey in two databases, using keywords and boolean operators to improve the search strategy. Two phases are used to select 22 studies based on pre-defined inclusion and exclusion criteria. Automated disinfection systems can offer a reduction of the residual contamination added to manual cleaning. The results suggest that the hydrogen peroxide vapor device has greater power of pathogen reduction compared to the ultraviolet light device, but it has longer cycle times and configuration and is difficult to use. Throughout, the study designs presents heterogeneity in the methods and results. Thus, the methods have compensation for time and efficiency. The initial acquisition costs are considerable and higher for devices based on the emission of ultraviolet light, however hydrogen peroxide vapor devices have higher continuous costs. Finally, on the clinical impact, conclude that there is not enough evidence to compare the devices, and that there is an urgent demand for standardized regulation and testing for “no-touch” disinfection devices.

Keywords: Terminal disinfection. Automated disinfection devices. Ultraviolet light. Hydrogen peroxide vapor. Healthcare-Associated Infections (HAI).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma PRISMA do processo de seleção de estudos.....	45
--	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Visão geral dos sistemas de desinfecção de superfícies automatizados “no-touch”	34
Quadro 2 - Comparação das vantagens e desvantagens entre os dispositivos "no-touch" baseados em luz UV e vapor de peróxido de hidrogênio	39
Quadro 3 - Estratégias de busca	42

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Desfechos por tipo de dispositivo “no-touch”.	46
Gráfico 2 - Patógenos alvo dos estudos selecionados.	47
Gráfico 3 - Ocorrência das marcas de dispositivos nos estudos selecionados.	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tempo de sobrevivência dos patógenos multirresistentes em superfícies secas em EASs.....	13
Tabela 2 - Percentual de redução logarítmica.....	32
Tabela 3 - Comparação entre os principais dispositivos “no-touch” de desinfecção hospitalar terminal.....	38
Tabela 4 - Características dos estudos selecionados	48
Tabela 5 - Informações dos estudos com desfecho de impacto clínico.....	51
Tabela 6 - Informações dos estudos selecionados com desfecho de eficácia microbiológica.....	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

aHP	Aerossol de peróxido de hidrogênio
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CDI	Infecção por <i>Clostridioides difficile</i>
<i>C. difficile</i>	<i>Clostridioides difficile</i>
CRM	Conselho Regional de Medicina
COVID-19	Doença por Coronavírus 2019
DNA	Ácido Desoxirribonucléico
EAS	Estabelecimento Assistencial de Saúde
H ₂ O ₂	Peróxido de hidrogênio
HPV	<i>Hydrogen Peroxide Vapor</i> (em português, Vapor de Peróxido de Hidrogênio)
IB	Indicador Biológico
IC	Infecção Comunitária
IRAS	Infecção Relacionada à Assistência à Saúde
IV	Infravermelho
KPC	<i>Klebsiella Pneumoniae</i> Produtora de Carbapenemase
LOG	Logaritmo
	<i>Multidrug resistant organism</i> (em português, micro-organismos resistentes a
MDRO	múltiplos antimicrobianos)
MIN	Minuto
MRSA	<i>Staphylococcus Aureus</i> Resistente à Meticilina
nm	Nanômetro
OMS	Organização Mundial da Saúde
pH	Potencial Hidrogeniônico
	<i>Provincial Infectious Diseases Advisory Committee on Infection Prevention and</i>
PIDAC-IPC	<i>Control</i>
PNHOSP	Política Nacional de Atenção Hospitalar
ppm	Partes por Milhão
PX-UV	Dispositivos de Ultravioleta de Xenônio Pulsado
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
RM	Resistência Microbiana

RNA	Ácido Ribonucleico
SUS	Sistema Único de Saúde
spp.	Espécies
UFC	Unidade Formadora de Colónia
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
US\$	United States Dollar (em português, dólar americano)
UTI	Unidade de Terapia Intensiva
UV	Ultravioleta
UV-A	Ultravioleta A
UV-B	Ultravioleta B
UV-C	Ultravioleta C
UV-V	Ultravioleta
	Vaporized Hydrogen Peroxide (em português, Peróxido de Hidrogénio
VHP	Vaporizado)
VRE	<i>Enterococcus</i> resistentes à vancomicina

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
°C	Grau Celsius
\geq	Maior ou igual
\leq	Menor ou igual
\pm	Mais ou menos
μ	Micro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Justificativa	14
1.2 Objetivos.....	15
1.2.1 Objetivo geral	15
1.2.2 Objetivos específicos	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
2.1 Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EASs).....	16
2.1.1 Classificação de áreas hospitalares	17
2.1.2 Unidade de Terapia Intensiva	18
2.2 Infecções relacionadas à assistência à saúde (iras).....	19
2.3 Microrganismos multirresistentes a medicamentos (MDROs).....	20
2.4 Limpeza, descontaminação e desinfecção.....	22
2.5 Dispositivos de desinfecção “no-touch”	23
2.5.1 Sistema de Peróxido de Hidrogênio	24
2.5.1.1 <i>Sistema de Vapor de Peróxido de Hidrogênio</i>	<i>25</i>
2.5.1.2 <i>Aerossol de peróxido de hidrogênio.....</i>	<i>27</i>
2.5.2 Dispositivos de Irradiação Germicida Ultravioleta	27
2.5.2.1 <i>Propriedades e mecanismos de inativação</i>	<i>28</i>
2.5.2.2 <i>Dispositivos UV-C com lâmpada mercúrio de baixa pressão.....</i>	<i>30</i>
2.5.2.3 <i>Dispositivo PX-UV</i>	<i>31</i>
2.6 Redução logaritimica.....	32
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	33
4 MATERIAIS E MÉTODOS	42
5 RESULTADOS	45
6 DISCUSSÃO	59
7 CONCLUSÃO.....	66
REFERÊNCIAS.....	68

1 INTRODUÇÃO

As infecções relacionadas à assistência à saúde (IRAS) são um dos principais eventos adversos relacionados à assistência à saúde e levam ao aumento da morbidade e mortalidade dos pacientes, com impactos econômicos e sociais nas populações, sistemas de saúde e países (WHO, 2002).

No cenário global, a incidência de infecções em unidades de terapia intensiva (UTI) em países de baixa e média renda é pelo menos 2 a 3 vezes maior em comparação com países de alta renda e 5 a 10 vezes maior do que as infecções adquiridas em outros setores (BRAGA *et al.*, 2018).

Em um contexto histórico, em 1928, Alexander Fleming deu origem à chamada “Era dos Antimicrobianos” com a descoberta da penicilina e seu uso excessivo desencadeou as primeiras resistências bacterianas. Segundo Charles Darwin, o princípio básico da evolução é a adaptação genética de organismos a mudanças no seu meio ambiente. Esse processo evolutivo contribuiu com o cenário alarmante que se vive atualmente, onde os antibióticos lideram as listas dos remédios mais vendidos, e podem se tornar obsoletos (ANVISA, 2020; ARAÚJO, 2013).

Segundo a *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC), anualmente nos Estados Unidos, até 1,7 milhões de pacientes hospitalizados adquirem infecções relacionadas à saúde durante o tratamento para outros problemas de saúde, e desses pacientes, um em 17 (mais de 98.000) morrem devido à infecção (POSTER *et al.*, 2021).

Décadas atrás, pensava-se que o papel das superfícies ambientais não estava relacionado à transmissão de patógenos nosocomiais. Atualmente, um acúmulo de evidências científicas que ligam superfícies hospitalares contaminadas à disseminação de patógenos multirresistentes, incluindo *Staphylococcus aureus* resistente à meticilina (MRSA), *Enterococcus* resistentes à vancomicina (VRE), *Clostridioides difficile*, *Acinetobacter* spp. e norovírus (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2019; WEBER *et al.*, 2016).

Geralmente, patógenos associados aos cuidados a saúde compartilham as seguintes características: aptidão de sobreviver a longo prazo em superfícies, capacidade de manter a virulência após exposição ambiental, contaminação frequente de ambientes hospitalares, aptidão de colonizar pacientes, transmissão cruzada pelas mãos de profissionais de saúde. *Clostridioides difficile* se destaca por sua pequena dose de inóculo e relativa tolerância a antissépticos e desinfetantes. O tempo de sobrevivência de alguns patógenos em superfícies secas pode se estender por meses, como mostra a Tabela 1 (WEBER *et al.*, 2016).

Tabela 1 - Tempo de sobrevivência dos patógenos multirresistentes em superfícies secas em EASs.

Microrganismo	Tempo de sobrevivência
<i>Clostridioides difficile</i>	>5 meses
<i>Acinetobacter spp.</i>	3 dias a 11 meses
<i>Enterococcus spp.</i>	5 dias a > 46 meses
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	6 horas a 16 meses
<i>Klebsiella spp.</i>	2 horas a > 30 meses
<i>Staphylococcus aureus</i>	7 dias a >12 meses
Norovírus	8 horas a > 2 semanas

Fonte: Governo do Estado de São Paulo et al. (2019)

Outro exemplo importante é o novo coronavírus (SARS-CoV-2), causador da atual crise pandêmica, que pode persistir por até 72 horas em superfícies de diferentes materiais (CHIAPPA *et al.*, 2021; LEITE; ALBUQUERQUE; PINHEIRO, 2021).

As superfícies hospitalares têm uma função importante na transmissão endêmica, pois atuam como reservatório de patógenos que permanecerão por vários dias, ou até meses se as superfícies não forem desinfetadas eficazmente (GREEN *et al.*, 2017; NERANDZIC; FISHER; DONSKEY, 2014).

A limpeza e desinfecção terminal adequada é essencial na prevenção de IRAS, porém, a eficácia da limpeza, quando aplicada, tem sido decepcionante. Sua realização está sujeita a diversos erros e não é suficiente para erradicação dos patógenos. Sua prática e os resultados da equipe sofrem uma considerável variabilidade (ROCK; SMALL; THOM, 2018).

Estima-se que 50% das superfícies não são desinfetadas adequadamente. Os índices de baixa conformidade pode ser motivados por diversos fatores, dentre eles é possível citar o despreparo da equipe de limpeza e o fato da limpeza e desinfecção serem realizadas manualmente, com grandes oportunidades de erros humanos. Com isso, é possível dizer que os métodos padrão de limpeza e desinfecção não são adequados (GREEN *et al.*, 2017; ROCK; SMALL; THOM, 2018).

A implementação de intervenções como a educação da equipe de limpeza ou uso de marcadores fluorescentes e substâncias químicas que detectam microrganismos para gerar *feedback* podem resultar em uma limpeza melhorada. Contudo, ainda existe uma demanda por

novas tecnologias que sejam eficazes na eliminação de patógenos, e sejam também seguras e rápidas (BARBUT, 2015; NERANDZIC; FISHER; DONSKEY, 2014).

1.1 JUSTIFICATIVA

Em face do cenário atual, houve um aumento nos estudos e desenvolvimentos de diversos dispositivos com diferenças tecnológicas para inativação ou redução de biocarga em superfícies e ambientes. Por apresentar uma resposta à demanda global, essas tecnologias vêm ganhando popularidade e visibilidade no mercado. No entanto, ainda há necessidade de uma rigorosa avaliação da maioria das tecnologias (BRÊDA MASCARENHAS *et al.*, 2021; NERANDZIC; FISHER; DONSKEY, 2014).

Os inovadores sistemas automatizados sem toque, também conhecidos como sistemas de desinfecção “no-touch” foram recentemente introduzidos em ambiente hospitalar com o intuito de superar os obstáculos enfrentados pelos métodos tradicionais de desinfecção na etapa de limpeza terminal. É importante salientar que tais tecnologias não devem substituir os métodos tradicionais, e sim, complementar. Os dispositivos mais promissores, mais testados e estudados são baseados em peróxido de hidrogênio (H_2O_2), luz ultravioleta gerado por mercúrio (UV-C) ou lâmpadas de xenônio pulsado (PX-UV). Recentemente, dado o contexto atual da pandemia de COVID-19, ambas tecnologias receberam destaque, pois foram aceitas como medida para descontaminação das máscaras N95 em locais com escassez dessa tecnologia. (BARBUT, 2015; GREEN *et al.*, 2017; HEDIN, 2021).

Devido à vasta quantidade de novas tecnologias surgindo no mercado e da baixa disponibilidade de estudos de comparações diretas ou relatos sobre o processo de escolha da tecnologia, selecionar um dispositivo de desinfecção “no-touch” para uso em ambiente hospitalar pode ser considerada uma tarefa difícil (MASSE *et al.*, 2018). Portanto, buscou-se reunir dados e informações na literatura sobre os dispositivos “no-touch” baseados em vapor de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e luz ultravioleta (UV), com o propósito de analisar se esses sistemas realmente atendem à demanda de uma desinfecção efetiva e comparar qual seria a opção ideal para uso.

O presente estudo se propõe a revisar a literatura, delimitou-se a analisar a efetividade e eficácia, identificar as características, benefícios e limitações na implementação de dispositivos de desinfecção terminal “no-touch” como complemento aos protocolos de limpeza manual em ambiente de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EASs), com foco nos métodos baseados em luz ultravioleta de mercúrio e xenônio pulsado e vapor de H_2O_2 (HPV).

Acredita-se que esse estudo pode ser relevante para auxiliar os profissionais e EASs no processo de decisão sobre a implementação e escolha do dispositivo ideal a ser adquirido.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O presente estudo possui como objetivo revisar a literatura sobre o uso de tecnologias “no-touch” de desinfecção em EASs baseadas em luz UV-C e vapor de peróxido de hidrogênio (HPV) como complemento à limpeza terminal.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste estudo são:

- Revisar a literatura e caracterizar as classes de dispositivos “no-touch” baseados na emissão de luz UV-C e HPV na desinfecção terminal;
- Reunir as principais vantagens e desvantagens dos dispositivos “no-touch” encontradas na literatura;
- Reunir e analisar estudos publicados que abordam a eficácia contra patógenos nosocomiais dos dispositivos “no-touch”.
- Reunir e analisar estudos publicados que descrevam a efetividade da implantação dos dispositivos de desinfecção “no-touch” nas taxas de patógenos nosocomiais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para melhor compreensão do trabalho, este capítulo aborda assuntos referentes ao tema principal deste estudo. A princípio, são apresentados definições, conceitos e classificações de estabelecimentos assistenciais de saúde (EASs). Em seguida, é abordada a questão das infecções relacionadas à assistência à saúde. Na sequência, são apresentados os conceitos de bactérias multirresistentes, desinfecção hospitalar e por fim, conceitos sobre os dispositivos de desinfecção “no-touch” e redução logarítmica.

2.1 ESTABELECIMENTOS ASSISTENCIAIS DE SAÚDE (EASS)

Sendo um tipo de EAS, os hospitais complementam e aumentam a efetividade de outras partes no sistema de saúde, proporcionando disponibilidade contínua de serviços para condições agudas e complexas. Pode-se dizer que os hospitais são reservatórios de recursos e conhecimento. Além disso, fornecem um ambiente para o treinamento de profissionais de saúde, proporcionando uma base essencial para a pesquisa clínica (WHO, [s. d.]).

Conforme a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) n.º 48, de 2 de junho de 2000 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (2000) que trata do “Roteiro de Inspeção do Programa de Controle de Infecção Hospitalar”, o termo unidade hospitalar se refere ao “estabelecimento de saúde destinado a prestar assistência à população na promoção da saúde e na recuperação e reabilitação de doentes”.

A Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) n.º 50, de 21 de fevereiro de 2002 que “Dispõe sobre o Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde”, define o estabelecimento assistencial de saúde (EAS) como:

denominação dada a qualquer edificação destinada à prestação de assistência à saúde à população, que demande o acesso de pacientes, em regime de internação ou não, qualquer que seja o seu nível de complexidade (ANVISA, 2002, p. 153).

Segundo o tesouro eletrônico do Ministério da Saúde, o hospital (BVS, [s. d.]

É parte integrante de uma organização médica e social, cuja função básica consiste em proporcionar à população assistência médica integral, curativa e preventiva, sob quaisquer regimes de atendimento, inclusive o domiciliar, constituindo-se também em centro de educação, capacitação de recursos humanos e de pesquisas em saúde, bem

como de encaminhamento de pacientes, cabendo-lhe supervisionar e orientar os estabelecimentos de saúde a ele vinculados tecnicamente.

Em outras palavras, a Portaria n.º 3.390, de 30 de dezembro de 2013, que instituiu a Política Nacional de Atenção Hospitalar (PNHOSP) no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS), consolidada pela Portaria de Consolidação n.º 2, de 28 de setembro de 2017 define:

Art. 3º Os hospitais são instituições complexas, com densidade tecnológica específica, de caráter multiprofissional e interdisciplinar, responsável pela assistência aos usuários com condições agudas ou crônicas, que apresentem potencial de instabilização e de complicações de seu estado de saúde, exigindo-se assistência contínua em regime de internação e ações que abrangem a promoção da saúde, a prevenção de agravos, o diagnóstico, o tratamento e a reabilitação. (BRASIL, 2017)

É importante salientar que os hospitais podem ser classificados conforme as intervenções que oferecem, as funções que desempenham no sistema de saúde e os serviços de saúde e educação que prestam às comunidades ao seu redor (WHO, [s. d.]). No Brasil, essa classificação se dá pelo seu porte, perfil assistencial, nível de complexidade das atividades prestadas, papel exercido na rede de serviços de saúde e regime de propriedade (NEGRI, 2014).

2.1.1 Classificação de áreas hospitalares

Com o intuito de cumprir com o seu objetivo, pode-se dizer que o hospital deve prestar seu serviço com qualidade, eficiência e eficácia. Neste contexto, é necessário proporcionar ambientes seguros para o paciente e para os profissionais (ANVISA, 2003).

As áreas hospitalares são classificadas de acordo com as atividades realizadas em cada local e sua relação com o risco de transmissão de doenças infecciosas. O objetivo é orientar sobre a complexidade, rigor e detalhamento dos serviços prestados para que o processo de limpeza e desinfecção de superfícies seja adequado ao risco e ajude a prevenir a infecção (ANVISA, 2012).

Nesse sentido, Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) n.º 50, de 21 de fevereiro de 2002 (ANVISA, 2002) classifica:

Áreas críticas - são os ambientes onde existe risco aumentado de transmissão de infecção, onde se realizam procedimentos de risco, com ou sem pacientes, ou onde se encontram pacientes imunodeprimidos.

Áreas semicríticas - são todos os compartimentos ocupados por pacientes com doenças infecciosas de baixa transmissibilidade e doenças não infecciosas.

Áreas não-críticas - são todos os demais compartimentos dos EAS não ocupados por pacientes, onde não se realizam procedimentos de risco.

2.1.2 Unidade de Terapia Intensiva

A Resolução n.º 2.271 de fevereiro de 2020 que define as unidades de terapia intensiva e unidades de cuidado intermediário de acordo com sua complexidade e nível de cuidado, conceitua Unidade de Terapia Intensiva (UTI) como:

Ambiente hospitalar com sistema organizado para oferecer suporte vital de alta complexidade, com múltiplas modalidades de monitorização e suporte orgânico avançados para manter a vida durante condições clínicas de gravidade extrema e risco de morte por insuficiência orgânica. Essa assistência é prestada de forma contínua, 24 horas por dia, por equipe multidisciplinar especializada. (CONSELHO FEDERAL DE MEDICINA, 2020, p. 90)

Conforme a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) n.º 7, de 24 de fevereiro de 2010 (ANVISA, 2010, p. 3), as UTIs devem atender grupos etários, sendo eles:

- Unidade de Terapia Intensiva - Adulto (UTI-A): UTI destinada à assistência de pacientes com idade igual ou superior a 18 anos, podendo admitir pacientes de 15 a 17 anos, se definido nas normas da instituição.
- Unidade de Terapia Intensiva Especializada: UTI destinada à assistência a pacientes selecionados por tipo de doença ou intervenção, como cardiopatas, neurológicos, cirúrgicos, entre outras.
- Unidade de Terapia Intensiva Neonatal (UTI-N): UTI destinada à assistência a pacientes admitidos com idade entre 0 e 28 dias.
- Unidade de Terapia Intensiva Pediátrica (UTI-P): UTI destinada à assistência a pacientes com idade de 29 dias a 14 ou 18 anos, sendo este limite definido de acordo com as rotinas da instituição.
- Unidade de Terapia Intensiva Pediátrica Mista (UTIPm): UTI destinada à assistência a pacientes recém-nascidos e pediátricos numa mesma sala, porém havendo separação física entre os ambientes de UTI Pediátrica e UTI Neonatal.

Em síntese, a UTI é considerada um exemplo de área crítica no setor de saúde. Em geral, os pacientes em estado crítico, apresentam instabilidade ou risco de vida, problemas relacionados aos mecanismos imunológicos e de defesa, utilizam uma série de tecnologias de alto risco, podem receber medicações imunossupressoras e possuir comorbidades, aumentando assim, os riscos de adquirir uma infecção hospitalar. O mais preocupante, contudo, é salientar que essas infecções aumentam a morbidade, mortalidade, tempo e custos de internação (CONSELHO FEDERAL DE MEDICINA, 2020; GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2019).

2.2 INFECÇÕES RELACIONADAS À ASSISTÊNCIA À SAÚDE (IRAS)

O termo infecção é usado para se referir à deposição e multiplicação de um patógeno infeccioso em tecidos ou em superfícies de um hospedeiro, causando danos, com ou sem efeitos adversos (LOWBURY *et al.*, 1981, p. 1) “É uma competição vital entre um agente etiológico animado (parasita “sensu latu”) e um hospedeiro; é, portanto, uma luta pela sobrevivência entre dois seres vivos, que visam a manutenção de sua espécie” (BRASIL, 2005, p. 183).

É importante distinguir as definições entre Infecção relacionada à assistência à saúde (IRAS) e infecção comunitária (IC). Segundo a Portaria n.º 2.616 de 12 de maio de 1998 entende-se por infecção comunitária, como “é aquela constatada ou em incubação no ato de admissão do paciente, desde que não relacionada com internação anterior no mesmo hospital.” (ANVISA, 1998).

As infecções relacionadas à assistência à saúde (IRAS), também conhecidas como infecções hospitalares ou infecções nosocomiais, são aquelas adquiridas em estabelecimentos de saúde por pacientes ou profissionais sem evidências de estar presente ou em incubação no momento da admissão do paciente (ANVISA, 1998; LOWBURY *et al.*, 1981).

Quando relacionadas à internação ou procedimentos hospitalares, a infecção se manifesta 48 a 72 horas após a admissão ou visita a uma unidade hospitalar, ou em até 10 dias após a alta hospitalar (PIDAC, 2018; WHO, 2002).

As infecções adquiridas em EASs podem ser causadas por uma variedade de microrganismos, incluindo bactérias, vírus ou fungos, podendo ser transmitida por via exógena e endógena ao indivíduo. Ou seja, tanto pela própria flora do paciente ou quanto por veículos como mãos, secreção salivar, fluidos corpóreos, ar e materiais contaminados (HEALTH QUALITY ONTARIO, 2018; LEVY, 2004, p. 8).

Uma série de fatores pode facilitar a infecção do paciente, sendo eles: o estado imunológico, idade, uso abusivo de antibióticos, procedimentos médicos invasivos, imunossupressão e falhas nos procedimentos de controle de infecção (LEVY, 2004, p. 8).

Portanto, as infecções hospitalares vêm sendo reconhecidas como um problema que afeta a qualidade dos cuidados e uma das principais fontes de resultados adversos na área da saúde. Neste contexto, fica claro que as IRAS têm um impacto significativo no aumento da taxa de mortalidade e no tempo de hospitalização. Pode-se afirmar que levam a um aumento de custos dos cuidados de saúde e contribuem substancialmente para o acréscimo do custo direto e indireto dos serviços de saúde, resultando em despesas adicionais para o tratamento de infecção (LEVY, 2004; SILVA; KOZUSNY-ANDREANI, 2020).

2.3 MICRORGANISMOS MULTIRRESISTENTES A MEDICAMENTOS (MDROS)

Desde o seu surgimento na primeira metade do século XX, o uso de antibióticos tornou-se um dos pilares da medicina moderna, salvando milhões de vidas. No entanto, com o surgimento de patógenos resistentes a essas drogas, sua eficácia foi reduzida como uma consequência inevitável da seleção natural descrita por Charles Darwin (ANTONIETA *et al.*, 2019).

O uso abusivo de agentes antimicrobianos decorre da necessidade de tratar agressivamente infecções graves. Os Antibióticos de amplo espectro são geralmente a primeira escolha, e os pacientes recebem tratamentos prolongados. O amplo uso de antimicrobianos, leva à pressão seletiva, de modo a promover a seleção de cepas mais resistentes, permanecendo como colonizantes nos pacientes, se propagam e acumulam mecanismos de resistência (FERNANDO *et al.*, 2004; OKAGAWA, 2018).

Para fins epidemiológicos, os microrganismos multirresistentes (MDROs), são definidos como aqueles que não podem ser eliminados por agentes antimicrobianos aos quais, normalmente, eram suscetíveis e apresentam resistência a três ou mais classes desses fármacos. Nos casos onde os microrganismos adquirem resistência a todos os antimicrobianos aos quais eram sensíveis, são chamados pan-resistentes (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2019).

Compreende-se o conceito de resistência bacteriana pela “capacidade de um microrganismo de se desenvolver *in vitro* na presença da concentração alcançada pelo antimicrobiano na corrente sanguínea, após administração de dose padrão.” (OKAGAWA, 2018).

Entre as IRAS, o *Clostridioides difficile* é uma das ameaças mais importantes para a saúde pública global. Nas últimas décadas, tornou-se a principal causa de diarreia infecciosa associada à assistência à saúde e rapidamente se tornou uma emergência global à saúde pública. A infecção por *C. difficile* é responsável por cerca de 500.000 infecções e 29.000 mortes a cada ano nos Estados Unidos. Deste modo, este patógeno multirresistente é listado como uma ameaça iminente de resistência antimicrobiana pelos *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC). As mudanças epidemiológicas de *C. difficile* são principalmente atribuídas ao surgimento de novas cepas altamente virulentas, especialmente o ribotipo 027, embora outros tipos epidêmicos tenham surgido recentemente (SPIGAGLIA, 2022).

Devido às diferenças taxonômicas entre esta espécie e outros membros do gênero *Clostridium*, o bacilo gram-positivo foi oficialmente renomeado como *Clostridioides difficile*

em 2016. Caracteriza-se por formadores de esporos anaeróbios toxigênicos que são resistentes ao calor e a muitos desinfetantes, contribuindo para a sua disseminação em ambientes de saúde. Cerca de 60% das cepas epidêmicas que circulam em ambientes hospitalares são resistentes a três ou mais antibióticos (CZEPIEL *et al.*, 2019; FINN; ANDERSSON; MADIN-WARBURTON, 2021; SARTELLI *et al.*, 2019).

Quase todos os antibióticos foram relacionados ao desenvolvimento das infecções por *Clostridioides difficile*, incluindo os medicamentos usados para o seu próprio tratamento: metronidazol e vancomicina (CZEPIEL *et al.*, 2019; SARTELLI *et al.*, 2019).

Os *Staphylococcus spp.* constituem a microbiota humana e animal, habitando a pele e as mucosas. São patógenos oportunistas associados a infecções leves, mas também podem causar infecções graves e potencialmente fatais. O gênero *Staphylococcus* é composto por 37 espécies, das quais 17 podem ser isoladas de amostras biológicas humanas. São cocos Gram-positivos que são mais resistentes no ambiente, e podem ocorrer isolados ou aos pares, em cadeias curtas ou aglomerados. Também, são anaeróbios facultativos, não formadores de esporos e produzem catalase (ANVISA, 2013, 2020; 2008).

O *Staphylococcus aureus* (MRSA) é considerado o mais patogênico dentre as espécies devido aos seus múltiplos fatores de virulência. Também é considerado um dos principais microrganismos causadores de bacteremia e sepse em todo o mundo. É resistente a classe de antibióticos chamados beta-lactâmicos, incluindo meticilina e oxacilina, penicilina e amoxicilina (ANVISA, 2020; CDC, 2016).

As bactérias gram-positivas *Enterococcus spp.* sobrevivem em várias superfícies abióticas. Podem causar diversas infecções, incluindo peritonite, bacteremia, sepse, endocardite, infecções de feridas cirúrgicas, e principalmente infecções do trato urinário. Particularmente, duas espécies recebem maior destaque por causar infecção e colonização em humanos são *Enterococcus faecalis* e *Enterococcus faecium* (ALVES *et al.*, 2020; ANVISA, 2013).

Os *Enterococcus* resistentes à vancomicina (VRE) são altamente prolíficos em ambientes hospitalares sendo reconhecidos como uma bactéria multirresistente. Genótipos resistentes à vancomicina (*vanA* e *vanB*) residem em elementos genéticos móveis e podem ser adquiridos por outros *Enterococcus* ou outros gêneros bacterianos como *Staphylococcus aureus*, levando a graves limitações terapêuticas. As mudanças nos padrões de resistência em VRE são determinadas por mecanismos de mutação genética, sendo os genótipos *vanA* e *vanB* os mais importantes na prática clínica (ALVES *et al.*, 2020; ANVISA, 2013; SOUZA *et al.*, 2012).

2.4 LIMPEZA, DESCONTAMINAÇÃO E DESINFECÇÃO

O ambiente dos serviços de saúde é considerado um importante reservatório de microrganismos. Superfícies hospitalares contaminadas desempenham um papel na disseminação de infecções relacionadas à assistência à saúde (IRAS). Os patógenos podem permanecer ativos nos ambientes hospitalares por semanas ou meses, representando um risco de segurança para todos (BARCELOS, 2016).

Segundo o Ministério da saúde, a limpeza, desinfecção e proteção de superfícies nos serviços de saúde visa preparar o ambiente para suas atividades, manter a ordem e proteger equipamentos e instalações, principalmente para evitar a disseminação de microrganismos causadores de IRAS. Também visa garantir uma estadia saudável, confortável e segura para pacientes e profissionais em locais e ambientes limpos e com a menor carga de contaminação possível (ANVISA, 2012; BARCELOS, 2016).

A limpeza e desinfecção de superfícies hospitalares podem ser consideradas um dos melhores custo-benefício na prevenção e controle das IRAS. Sendo assim, o Ministério da Saúde, em conjunto com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), além da higienização das mãos, prioriza essa prática (BARCELOS, 2016).

A higienização hospitalar ou limpeza hospitalar pode ser definida como “processo de remoção de sujidade de superfícies inanimadas”. Sua realização é alcançada a partir dos procedimentos de descontaminação, desinfecção e limpeza (EBSERH, 2019).

A limpeza é conceituada como a remoção de toda a sujeira de superfícies ou ambientes. Para sua execução, pode-se utilizar de ação mecânica manual, como a fricção; meios físicos, como temperatura; ou produtos químicos. Com isso, o suporte físico e nutricional que sustenta o micróbio pode ser eliminado, pois, a cadeia epidemiológica é quebrada. Salienta-se que esse processo deve preceder, obrigatoriamente, a desinfecção e esterilização (ANVISA, 2012, p. 66; KALIL; COSTA, 1994; YOSHINO; HERING; CARVALHO, 2015, p. 120).

A desinfecção é entendida como o processo de destruição de microrganismos na forma vegetativa, sendo eles patogênicos ou não, presentes em artigos ou superfícies inanimadas, pelo uso de substâncias desinfetantes em superfície previamente limpa (EBSERH, 2019; NÚCLEO DE TELESSAÚDE RIO GRANDE DO SUL, 2008).

Os conceitos de desinfecção e esterilização não devem ser confundidos entre si, pois a desinfecção não pode eliminar todas as formas de microrganismos. Para melhor compreensão, a esterilização é definida como “destruição ou eliminação total de todos os microrganismos na forma vegetativa ou esporulada.” (FERRARINI, 1977; KALIL; COSTA, 1994).

A descontaminação é o processo de eliminação dos microrganismos por meio da remoção de materiais orgânicos de uma superfície, aplica-se uma solução desinfetante diretamente sobre o agente contaminante. (EBSERH, 2019).

Os métodos de limpeza nos serviços de saúde incluem as limpezas concorrente, imediata e terminal. A limpeza concorrente deve ser realizada diariamente e em todas as unidades do EAS com intuito de limpar e organizar o ambiente, recolher os resíduos conforme a sua classificação e repor os materiais de consumo diário. Durante a execução, é possível a identificação de materiais e equipamentos que não estão funcionando (ANVISA, 2012).

A limpeza imediata deve ser realizada sempre que necessário quando há presença de sujidade e/ou matéria orgânica (EBSERH, 2019).

Por fim, a limpeza terminal é a mais completa, “inclui todas as superfícies horizontais e verticais, internas e externas dos quartos sendo realizada após alta hospitalar, transferências, óbitos ou nas internações de longa duração.” (ANVISA, 2012).

2.5 DISPOSITIVOS DE DESINFECÇÃO “NO-TOUCH”

Os dispositivos de desinfecção “no-touch” referem-se as tecnologias que têm como proposta complementar as práticas de limpeza padrão. No entanto, não substituem a limpeza diária de rotina. Além disso, por constituírem riscos à saúde, as máquinas são usadas apenas em desinfecção terminal ou após a alta (DANCER, 2014; HEALTH QUALITY ONTARIO, 2018).

A desinfecção “no-touch” é realizada por máquinas autônomas, semi ou totalmente teleoperadas, e pode ser considerada uma abordagem promissora para reduzir infecções relacionadas à assistência à saúde (IRAS) (TARKA; NITSCH-OSUCH, 2020; WAN YAW SANG *et al.*, 2021).

A adoção de dispositivos “no-touch” oferece uma abordagem alternativa que pode diminuir ou eliminar a dependência do operador nos processos de desinfecção terminal. Nos métodos convencionais, confia-se no operador para garantir a seleção, formulação, distribuição e o tempo de contato com o agente. Portanto, os sistemas automatizados auxiliam na contenção de erros humanos (OTTER *et al.*, 2013).

Em um contexto geral, as classes de sistema de desinfecção “no-touch” mais comumente usados em EASs são: peróxido de hidrogênio aerossolizado (aHP), vapor de peróxido de hidrogênio (HPV), radiação ultravioleta C (UV-C) e UV de xenônio pulsado (PX-UV). Outros exemplos de métodos existentes são ozônio gasoso, sistemas de vapor saturado, nebulização de

ácido peracético e H_2O_2 , dispositivos de luz espectro estreito de alta intensidade (405 nm), superfícies auto desinfetantes entre outros (BOYCE *et al.*, 2016; OTTER *et al.*, 2014; WEBER *et al.*, 2016).

É válido ressaltar que os dispositivos de desinfecção automatizados não são classificados como dispositivos médicos, pois, não há contato direto com os pacientes durante seu uso (HEALTH QUALITY ONTARIO, 2018).

2.5.1 Sistema de Peróxido de Hidrogênio

O peróxido de hidrogênio é um composto de fórmula molecular H_2O_2 , conhecido por ter efeito germicida de amplo espectro contra vírus, bactérias, leveduras e esporos bacterianos (IWT TECNPLAST COMPANY, 2021; MURDOCH *et al.*, 2016).

O H_2O_2 é uma espécie reativa de oxigênio que atua como oxidante para gerar radicais livres de hidroxila e outras espécies citotóxicas de oxigênio, que, atacam componentes celulares essenciais, incluindo proteínas da membrana celular, lipídios e DNA, causando danos irreparáveis ou lise celular (CHEMALY *et al.*, 2014; MURDOCH *et al.*, 2016; SAGE, 2020).

Trata-se de um composto instável que se decompõe espontaneamente em uma reação exotérmica, formando água e oxigênio. O aumento da taxa de decomposição está relacionado à temperatura, concentração, luz e pH. Em sua forma pura, o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) é uma solução líquida, incolor, com ponto de ebulição de 150 °C, podendo ser utilizada em diferentes concentrações volumétricas. É amplamente utilizado em processos de esterilização e desinfecção (ARTASENSI; MAZZOTTA; FUMAGALLI, 2021; IWT TECNIPLAST COMPANY, 2021).

Em sua formulação gasosa, o H_2O_2 é gerado a partir de uma solução aquosa de 7% a 35%, variando conforme o fabricante. Em geral, o H_2O_2 é provavelmente o produto químico mais comumente usados na fumigação (controle de pragas por meio químico) moderna, seja como vapor gerado termicamente ou como uma névoa fina “seca”. (SAGE, 2020).

A exposição ao H_2O_2 pode ser prejudicial devido à toxicidade por inalação, ingestão e contato com a pele ou os olhos. Os limites de exposição ocupacional estabelecidos para longo prazo (8 horas) é de 1,0 ppm e para curto prazo (15 minutos) de 2,0 ppm. As concentrações típicas de tratamento variam entre 100 ppm e 800 ppm, portanto, a remoção adequada após o tratamento é fundamental para evitar efeitos adversos à saúde (MURDOCH *et al.*, 2016; SAGE, 2020).

O H_2O_2 é compatível com a maioria dos materiais e seguro para uso em equipamentos eletrônicos e elétricos, desde que a condensação seja evitada para que as soluções concentradas não se depositem nas superfícies. A decomposição completa no final do período de tratamento não deve ser assumida até que a aeração adequada tenha sido realizada. Dado que isso é alcançado, o produto químico não deixa resíduos nocivos (SAGE, 2020).

Os sistemas automatizados de geração de peróxido de hidrogênio para desinfecção têm DOI:s principais métodos, sendo eles o vapor de peróxido de hidrogênio (HPV) e o aerossol de peróxido de hidrogênio (aHP). A principal diferença está no estado físico em que H_2O_2 é liberado pelo dispositivo (ARTASENSI; MAZZOTTA; FUMAGALLI, 2021; IWT TECNIPLAST COMPANY, 2021).

Outra diferença entre os sistemas HPV e aHP é a concentração de peróxido de hidrogênio usada durante o tratamento de desinfecção. O HPV usa concentrações 30-35% de H_2O_2 , enquanto o sistema aHP usa de 5-6%. As quantidades de H_2O_2 ativo atingido pelo HPV (150 – 750 ppm) são maiores quando comparados a aHP (menos de 160 ppm) e, o HPV produz um vapor uniforme em toda a sala para descontaminação (DANCER, 2014).

2.5.1.1 Sistema de Vapor de Peróxido de Hidrogênio

O peróxido de hidrogênio é um agente antimicrobiano que produz radicais hidroxila altamente reativos que oxidam DNA, RNA, lipídios de membrana e outros componentes celulares, levando à morte celular (OTTER *et al.*, 2014; WEBER *et al.*, 2016).

Os sistemas de vapor de peróxido de hidrogênio são baseados em micro condensação, que através do calor, gera a vaporização da solução aquosa de H_2O_2 concentrado (30–35%), por fluxo de ar de alta velocidade para atingir uma distribuição espacial homogênea no ambiente fechado. Duas abordagens diferentes são mencionadas na literatura, o HPV considerado como vapor de peróxido de hidrogênio, e o VHP como peróxido de hidrogênio vaporizado (DANCER; KING, 2021; HEDIN, 2021; OTTER *et al.*, 2014, 2020).

Neste estudo, o acrônimo HPV será usado para se referir a essa tecnologia em geral. Esta sigla é frequentemente associada aos sistemas de fumigação Bioquell para diferenciá-lo dos demais, incluindo o sistemas Steris (VHP), embora produzam H_2O_2 na forma aerotransportada. Em resumo, o sistema Bioquell produz uma atmosfera saturada de H_2O_2 condensando na superfície, usa um ciclo úmido, comumente referido como HPV enquanto o sistema Steris não produz condensação, usa um ciclo seco, comumente chamado peróxido de

hidrogênio vaporizado (VHP) (BLAZEJEWSKI *et al.*, 2011; OTTER *et al.*, 2020; SAGE, 2020).

O HPV (Bioquell) é composto pelo vaporizador, unidade de aeração, painel de controle e módulo. O vaporizador ou gerador é responsável por produzir o vapor de H_2O_2 . Já o módulo visa medir a concentração de H_2O_2 no ar, a temperatura e a umidade relativa do ambiente. A degradação do H_2O_2 em oxigênio e vapor de água após o processo de exposição ocorre através da unidade de aeração. Para possibilitar a operação remota, o painel de controle é alocado fora da sala. O vapor é administrado até que o ar da sala esteja saturado e o peróxido de hidrogênio comece a se condensar na superfície ((BIOQUELL UK LTD., 2018; OTTER *et al.*, 2020).

O sistema Steris (VHP) possui um gerador com aerador integrado e um desumidificador projetado para atingir um nível de umidade especificado antes do início do ciclo no interior sala, controlado remotamente. O peróxido de hidrogênio vaporizado é fornecido “sem condensação”, e assim o fluxo de vapor é seco à medida que retorna ao gerador. Em suma, o sistema Bioquell não controla a concentração H_2O_2 no ar na corrente de vapor, enquanto o sistema Steris mantém uma concentração constante de H_2O_2 no ar durante todo o período de exposição (OTTER *et al.*, 2020).

Para realizar o tratamento de desinfecção, o sistema é alocado em um quarto vazio, e libera vapor de H_2O_2 . Para evitar uma exposição desnecessária, a sala e os sistemas de ventilação devem ser vedados. A falha na vedação pode ocasionar o vazamento de produto, ultrapassando os limites recomendados de exposição a curto prazo (CHEMALY *et al.*, 2014; OTTER *et al.*, 2014).

O tempo necessário para realizar a desinfecção varia de acordo com tamanho da sala e modelo do dispositivo (ACSQHC, 2021). De acordo com Chemaly et al. (2014), esse tempo pode variar de 1,5 a 4 horas para completar o processo de selagem e desinfecção.

Após a exposição, o ar retorna através do gerador e aciona a unidade de aeração (catalisador) para catalisar a degradação do H_2O_2 em oxigênio e água (BC- HTAO, 2019; OTTER *et al.*, 2020).

Em resumo, pode-se dizer que um ciclo de desinfecção dessa tecnologia é constituído de quatro fases. A princípio ocorre a desumidificação, onde a umidade relativa é reduzida por secagem para uma média de 30% a 40% pela circulação do ar em um circuito fechado. Em seguida, ocorre o condicionamento, que consiste na produção e a introdução do vapor desinfetante na corrente de ar para atingir a concentração desejada de H_2O_2 . Posteriormente, ocorre a descontaminação, segue de forma idêntica à fase anterior, com a injeção de vapor de H_2O_2 na corrente de ar em estado estacionário, apenas mantendo a concentração durante o tempo

de exposição desejado. Por fim, na aeração a injeção de vapor desinfetante é interrompida e o vapor residual é catalisado e decomposto em água e oxigênio (MESZAROS *et al.*, 2005).

Bioquell apud (2010 CHEMALY *et al.*, 2014) salienta que a exposição ao vapor representa um potencial risco para a saúde, podendo causar irritação nos olhos, nariz, garganta e pulmões.

2.5.1.2 *Aerossol de peróxido de hidrogênio*

O sistema de peróxido de hidrogênio aerossolizado (aHP), também conhecido como "peróxido de hidrogênio em névoa seca", oferece H₂O₂ em aerossol, gerado através da pressão de uma solução com concentração relativamente baixa de H₂O₂ (5-7%) com cátions de prata (<50 ppm), que auxilia na estabilização do H₂O₂. O tamanho das partículas dos aerossóis geralmente varia de 2 a 12 µ, sendo injetadas no quarto por um bico unidirecional, seguidos de aeração passiva. Em outras palavras, o aerossol é deixado para se decompor naturalmente (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2019; OTTER *et al.*, 2013; SCARANO; INCHINGOLO; LORUSSO, 2020).

Pode-se afirmar que o dispositivo aHP é simples de usar e relativamente mais barato em comparação com os sistemas de vapor de H₂O₂. Para sua operação, é obrigatório vedar as portas e saídas, podendo levar de 2 a 4 horas a depender da quantidade de ciclos. Se faz necessário também, o uso de monitores portáteis para verificar se a concentração de H₂O₂ na sala está dentro dos limites de segurança antes de permitir a entrada de pessoas ao local e garantir que não ocorra vazamento durante o ciclo. Ao final da exposição, o aerossol naturalmente se decompõe em oxigênio e água (OTTER *et al.*, 2014).

2.5.2 **Dispositivos de Irradiação Germicida Ultravioleta**

Os dispositivos de irradiação germicida ultravioleta funcionam emitindo luz UV-C e contam com duas principais categorias de sistemas portáteis para desinfecção de superfície: aqueles que emitem doses contínuas de luz UV-C por lâmpadas de mercúrio de baixa pressão (UV-C) e aqueles que utilizam lâmpadas de xenônio pulsada (PX-UV) (HEALTH QUALITY ONTARIO, 2018).

2.5.2.1 Propriedades e mecanismos de inativação

O espectro eletromagnético é todo o intervalo da radiação eletromagnética, incluindo ondas de rádio, micro-ondas, infravermelho (IV), luz visível, ultravioleta (UV), raios X e radiação gama (FRANÇA, 2011, p. 8).

Entende-se por radiação ultravioleta qualquer energia radiante, considerada não ionizante, que ocupa uma grande faixa de comprimento de onda do espectro eletromagnético, entre 100 nm — 400 nm (SHIRBANDI *et al.*, 2020). “Ultravioleta (UV) é uma parte do espectro eletromagnético e a radiação dentro dessa faixa de comprimento de onda é produzida pelo sol e por fontes artificiais.” (CIE, 2003).

Os espectros ultravioletas são divididos em 4 grupos, sendo eles UV-V (100-200 nm), UV-C (200-280 nm), UV-B (280-315 nm) e UV-A (315-400 nm). Dentre essas, pode-se dizer que o espectro UV-C tem propriedades antimicrobianas e antivirais mais fortes. O espectro de ação germicida é padronizado, o DNA e o RNA geralmente absorvem. Caracteriza-se por um comprimento de onda de 235 nm a 313 nm e tem seus picos de absorção entre 260-265 nm (ARTASENSI; MAZZOTTA; FUMAGALLI, 2021; HESSLING; VATTER, 2020; IES, 2020).

A radiação UV-C é composta por um fluxo de fótons com maior energia no espectro óptico (compreendendo UV, visível e infravermelho) e apresentam maior poder de ativação fotoquímica. Embora UV-C tenha demonstrado ser o mais eficaz para desinfecção, espectros ultravioletas menos energéticos também possuem certa capacidade germicida. (IES, 2020).

A luz ultravioleta, com seus eventos adversos na estrutura dos organismos vivos, consegue cortar as ligações moleculares no DNA e no RNA. A faixa de comprimento de onda de 250-270 nm é considerada uma das mais letais por sua energia ser fortemente absorvida pelos ácidos nucleicos em células microbianas e virais. Com base na fotoquímica, as biomoléculas microbianas absorvem a energia dos fótons emitidos, causando alterações químicas e danos celulares através de três vias potenciais: foto hidratação do DNA, *fotosplitting* (quebra do DNA) ou foto dimerização. Os dispositivos UV-C contínuos fornecem doses de luz UV a 254 nm, pois neste comprimento de onda consegue-se atingir a uma variedade de microrganismos. No entanto, existem variações nas doses necessárias para inativá-los. (ARTASENSI; MAZZOTTA; FUMAGALLI, 2021; SCOTT; HANSRAJ, 2019; KCIUK *et al.*, 2020; SHIRBANDI *et al.*, 2020).

O principal mecanismo de inativação do patógeno se deve à capacidade de destruir o material genético presente no núcleo das células. O dano genético acontece através da formação de dímeros entre as moléculas de nucleotídeos de pirimidina nas fitas de DNA/RNA.

Conseqüentemente, acarreta a clivagem do DNA e, eventualmente, interrompe a replicação celular e outras funções celulares. Prevenir a replicação celular pode resultar na morte celular e na inibição da reprodução viral. Ressalta-se que a radiação UV-C, por fotorreativação, pode desnaturar enzimas essenciais no reparo do DNA (KCIUK *et al.*, 2020).

Embora a radiação UV-C consiga inativar todos os microrganismos e vírus, sua eficácia varia conforme o patógeno, pois requer diferentes doses de irradiação para atingir a inativação. Ressalta-se que a luz UV não tem poder de penetração e tem efeito germicida afetado pelo acúmulo de sujeira e matéria orgânica nas superfícies, pois, podem pré-absorver os fótons UV-C antes que eles atinjam o vírus ou bactéria ativa. Além disso, a composição do material também pode alterar a aderência microbiana ao formar biofilmes resistentes aos processos de desinfecção (BHARDWAJ *et al.*, 2021; HESSLING; VATTER, 2020; IES, 2020; SANTOS; CASTRO, 2021).

Para atingir uma desinfecção eficaz e segura, os principais aspectos a serem considerados são o comprimento de onda, a dose de UV e o fator de inativação de patógenos. A dose é definida como a energia UV recebida por unidade de área, ou seja, irradiância multiplicada pelo tempo. A irradiância ou “intensidade da luz” representa o fluxo radiante (potência) recebido por uma superfície por unidade de área e depende da potência da fonte UV e da distância entre a fonte e a superfície alvo: aumenta e diminui proporcionalmente à potência emitida (BOYCE; DONSKEY, 2019; CHIAPPA *et al.*, 2021; YANG *et al.*, 2019).

Conforme a “lei do quadrado inverso”, a irradiância UV é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre o dispositivo e a superfície exposta. Há uma relação entre a intensidade UV, a distância da fonte e o tempo de exposição necessário para atingir uma dose efetiva na para inativar os microrganismos. Em suma, a “lei do quadrado inverso” afirma que dobrar a distância entre a lâmpada e a superfície a ser desinfetada quadruplica o tempo necessário para a desinfecção (BOYCE; DONSKEY, 2019; BROWNE, 2021; CASINI *et al.*, 2019).

Em suma, quantidade de luz UV fornecida a uma superfície e as reduções *log* alcançado pelo microrganismo pode ser afetado por variáveis, tais como: a carga orgânica, patógeno, dose, tamanho do ambiente, forma, tempo de exposição da superfície na faixa de visão da lâmpada, posição da lâmpada ou se recebe luz refletida por outros objetos e distância do dispositivo à superfície exposta. Ressalta-se também que todo o processo pode ser afetado pela umidade relativa e campos de irradiação irregulares podem levar a variações nas doses de exposição (BOYCE; DONSKEY, 2019; MONTALLI *et al.*, 2021; WEBER *et al.*, 2016).

Idealmente, para manter a eficácia UV, o tempo de exposição e potência UV devem ser os menores possíveis, e a distância entre o emissor UV o mais alto permitido (CHIAPPA *et al.*, 2021).

Existe uma relação não linear entre a exposição aos raios UV e a eficácia germicida. Como citado anteriormente, diferentes patógenos têm diferentes fatores de inativação e, portanto, requerem diferentes doses de irradiação para inativação completa (BHARDWAJ *et al.*, 2021; IES, 2020).

Em relação aos princípios biofísicos básicos a luz UV-C é teoricamente cancerígena pelas mesmas razões que as tornam um germicida eficaz (SCHOYER; HALL, 2020).

A preocupação relacionada à segurança associada aos raios UV-C é que ela pode desencadear efeitos perigosos na pele humana a curto e longo prazo, como “queimaduras solares”, desenvolver câncer de pele, e causar desde foto ceratite até danos na retina. Além disso, pode causar fotodegradação em materiais suscetíveis, como plásticos e tintas, pois, os fótons UV com menor comprimento de onda têm um potencial energético maior do que fótons UV de maior comprimento de onda, e, aceleram o envelhecimento desses materiais (ALVARENGA *et al.*, 2022; BUONANNO *et al.*, 2017; IES, 2020).

2.5.2.2 Dispositivos UV-C com lâmpada mercúrio de baixa pressão

São dispositivos de luz contínua UV-C, que utilizam lâmpadas de gás de mercúrio de baixa pressão e que emitem, principalmente, uma forte banda estreita do espectro de UV-C (no pico de emissão na faixa de 254 nm). As doses utilizadas são direcionadas para o microrganismo presente nas superfícies, por exemplo, bactérias vegetativas ou esporos. Alguns aspectos diferem os modelos de dispositivos UV-C de mercúrio entre si, alguns deles são: o número de lâmpadas usadas e o tipo de saída produzida pela lâmpada (HEALTH QUALITY ONTARIO, 2018).

Para realizar o processo de desinfecção utilizando o dispositivo, primeiramente, é necessário desocupar o local. Recomenda-se que o dispositivo seja posicionado no meio da sala, com a porta do banheiro aberta, e os itens alocados perto para ter uma maior exposição, pois, sua eficácia se limita a áreas sombreadas. Pode-se dizer que a quantidade de inativação é resultado da intensidade e duração da exposição, visto que é diretamente proporcional à dose de UV-C (DANCER, 2014; HEALTH QUALITY ONTARIO, 2018; LINDBLAD *et al.*, 2020, p. 843; OTTER *et al.*, 2014).

A radiação UV-C tem alta energia e, em comparação a outras radiações UV, tem comprimento de onda curto, permitindo um melhor funcionamento em linha reta e curta distância. Sendo assim, superfícies fora da linha de visão direta têm sua desinfecção comprometida. Portanto, para reduzir esses problemas, alguns fabricantes recomendam vários ciclos em diferentes locais do ambiente (LINDBLAD *et al.*, 2020; OTTER *et al.*, 2014).

Alguns modelos dispositivos UV-C possuem sensores para medir a quantidade de luz UV-C refletida de volta para o dispositivo, confirmando se ocorreu a administração da dose especificada para todas as partes da sala. Visto que, para determinação do ciclo, os sistemas dependem da dose refletida, fatores como a existência de superfícies que não refletem ou refletem ineficientemente o UV-C, as variações de temperatura, umidade e a idade das lâmpadas prejudicarão a dose refletida e podem levar ao aumento dos tempos de ciclo (OTTER *et al.*, 2014).

A Lumalier Corp. oferece um sistema UV-C “TRU-D® SmartUVC™” e seu “Sensor360™”, que usa fatores como o tamanho da sala, geometria, refletância da superfície e equipamentos na sala, para calcular o tempo e dose necessária para o ambiente. Os robôs são atribuídos às salas após a limpeza do terminal e ativados remotamente (ECRI INSTITUTE’S, 2015).

Em resumo, os sistemas de desinfecção UV-C são fáceis de usar e têm tempos de ciclo curtos a variar conforme os modelos e os fabricantes. Outro fato é que não requer vedação de portas ou das aberturas de ventilação. No entanto, existe uma limitação para desinfetar áreas maiores, já que “a intensidade da luz UV se dissipa com o quadrado da distância da fonte”(OTTER *et al.*, 2014).

2.5.2.3 Dispositivo PX-UV

Os dispositivos de desinfecção UV de xenônio pulsado (PX-UV) utilizam lâmpadas de gás xenônio conectada a um capacitor de descarga de alta tensão para liberar pulsos curtos de luz UV policromáticos de alta intensidade com um amplo espectro de 200 a 1100 nm, cobrindo o espectro germicida de 200 – 280 nm. Sua diferença em relação à desinfecção por luz UV-C de mercúrio se dá pela maior intensidade e utilização de faixa mais ampla de radiação (MILLER *et al.*, 2015; SCOTT; HANSRAJ, 2019, p. 9).

As considerações práticas de operação PX-UV são semelhantes aos sistemas UV-C contínuos, entre elas, a necessidade de ser alocado em vários locais da sala e a limitação na capacidade de desinfecção de áreas maiores (OTTER *et al.*, 2014).

A operação do dispositivo pode ser realizada remotamente, com a sala vazia, e alguns modelos podem incluir sensores de segurança, que param o processo ao detectar movimento ou abertura da porta (SCOTT; HANSRAJ, 2019).

O tempo para execução da desinfecção utilizando o dispositivo PX-UV varia entre os modelos e os fabricantes. O dispositivo desenvolvido pela Xenex®, da *Xenex Disinfection Services*, leva em média de 5 a 15 minutos por execução. Todo o processo de desinfecção da sala leva cerca de 15 a 20 minutos (SCOTT; HANSRAJ, 2019).

2.6 REDUÇÃO LOGARITÍMICA

Para expressar a inativação de patógenos, geralmente, utiliza-se o conceito de redução logarítmica, que reflete o número de reduções expressas na ordem de grandeza da concentração microbiana. Pode ser representado pela Equação 1: (BHARDWAJ *et al.*, 2021; GUETTARI; GHARBI; HAMZA, 2020).

$$\text{Redução Logarítmica} = \text{Log } 10 \left(\frac{N}{N_0} \right) \quad \text{Eq. (1)}$$

Em que, N_0 e N são o número de microrganismos antes e depois da exposição à luz UV-C, respectivamente (GUETTARI; GHARBI; HAMZA, 2020). “Uma inativação de *log* de 1 significa que 90% dos vírus desejados estão inativados, enquanto uma inativação de *log* de 2 implica que 99% dos vírus estão inativados.”(BHARDWAJ *et al.*, 2021). A Tabela 2 traz o percentual de redução logarítmica.

Tabela 2 - Percentual de redução logarítmica

Redução Log	Fator de redução	Percentual de redução
1	10	90%
2	100	99%
3	1.000	99,9%
4	10.000	99,99%
5	100.000	99,999%
5	1.000.000	99,9999%

Fonte: (MICROCHEM LABORATORY, 2022).

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Não é exagero dizer que o interesse por tecnologias que podem ajudar a prevenir a transmissão de infecções está crescente e sendo mais adotados na área da saúde. Alguns dos fatores que impulsionam essa busca por novas tecnologias vêm da necessidade de diminuir erros humanos e reduzir a dependência dos operadores (DOLL; STEVENS; BEARMAN, 2018; OTTER *et al.*, 2014). Nesse contexto, Weinstein apud (1998 apud OTTER *et al.*, 2014) comentando sobre o futuro do controle de infecções, escreveu: "Dada a escolha de melhorar a tecnologia ou melhorar o comportamento humano, a tecnologia é a melhor escolha".

Considerando o cenário atual, o desenvolvimento e implantação de robôs para desinfecção e descontaminação de ambientes clínicos aumentou nos últimos anos devido à pandemia mundial de COVID-19. Essas tecnologias ganharam forças tanto na indústria comercial quanto em grupos pesquisas com foco em DOI:s princípios de limpeza: a pulverização química e luz UV. Portanto, a inclusão desses dispositivos tem como objetivo reduzir o risco de infecção, eliminar o erro humano, aumentar a eficiência da limpeza e otimizar o tempo de desinfecção. Além disso, eles podem tratar áreas que não recebem atenção regular de limpeza, por exemplo, superfícies elevadas, usar fumigantes, a parte de baixo de móveis (BESWICK *et al.*, 2022; SIERRA MARÍN *et al.*, 2021).

Ao considerar a implementação de dispositivos automatizados para desinfecção terminal, vários fatores devem ser considerados ao analisar o custo do sistema. Na revisão realizada por Otter *et al.* (2014), são consideradas as principais características de um dispositivo "ideal": a eliminação eficiente de patógenos de superfície, distribuição uniforme do agente ativo, facilidade de operação, totalmente automatizado, exigir o mínimo de medidas de segurança, sem impacto ambiental, permitir o acesso instantâneo à área, evidências publicadas de impacto clínico e obtenção das aprovações regulatórias necessárias. No entanto, nenhum sistema pode atender a todas as condições até o momento. O Quadro 1, traz as características de um método de desinfecção "no-touch" "ideal" e compara com as características dos métodos baseados em luz UV e gerador de peróxido de hidrogênio (HPV).

Conforme mencionado na Seção 2.5, existem diversas categorias de dispositivos e sistemas de desinfecção "no-touch", podendo existir vários modelos no mercado. Em face à esta situação, é necessária uma análise minuciosa antes de adquirir e implementar essa tecnologia (MARRA; SCHWEIZER; EDMOND, 2018).

Quadro 1 - Visão geral dos sistemas de desinfecção de superfícies automatizados “no-touch”.

(✓ = atende à característica do sistema “no-touch” ideal; ✓ = atende à característica do sistema “no-touch” ideal;

✗/✓ = não está claro se atende ou não a característica do sistema “no-touch” “ideal.”)

O sistema "no-touch" ideal	aHP	Vapor de H ₂ O ₂	UV-C	PX-UV
Tempo de ciclo curto (< 1 hora)	✗	✗	✓	✓
Alto nível de eficácia microbiana (redução esporicida de 6 log)	✗/✓	✓	✗	✗
Patógenos não cultiváveis de superfícies após o ciclo	✗	✓	✗	✗
Fácil de operar	✓	✗	✓	✓
Operação totalmente automatizada	✓	✓	✗/✓	✗
Entrada imediata no quarto após o tratamento *	✗	✗	✓	✓
Não há necessidade de vedação da sala	✗	✗	✓	✓
Distribuição homogênea	✗	✓	✗	✗
Evidência de impacto clínico	✗/✓	✓	✓	✗/✓

Fonte: Traduzido de OTTER *et al.* (2020).

Chamada: *A entrada imediata na sala pode ser vantajosa em caso de emergência.

Na literatura, poucos estudos avaliaram os custos para aquisição e implementação de tecnologias automatizadas de desinfecção. Presume-se que o custo inicial de compra do equipamento incluía treinamento, possível recrutamento de equipe e armazenamento, além do próprio equipamento. Os custos contínuos incluem custo com funcionários, depreciação, manutenção, os consumíveis (H₂O₂ ou lâmpadas UV) de substituição e a energia elétrica (OTTER *et al.*, 2014).

A escolha do sistema “no-touch” é baseada na aplicação pretendida, analisando o risco e a gravidade da infecção. Novamente, a justificativa econômica deve ser baseada em custos de capital, projeções e possíveis economias futuras relacionadas a infecções. Outros fatores que

também devem ser analisados são: vantagens, desvantagens e capacidade bactericida demonstrada. Por fim, deve-se optar por dispositivos com capacidade demonstrada de reduzir as taxas de IRAS (BESWICK *et al.*, 2022; HEALTH QUALITY ONTARIO, 2018; OTTER *et al.*, 2014; WEBER *et al.*, 2016).

A escolha de compra ou locação de equipamentos dependerá das necessidades do usuário, de seu orçamento e das condições do contrato de serviço. O custo e a reputação do fabricante são fatores relevantes. Os contratos de serviço são um custo adicional, no entanto, é interessante de se considerar, pois, geralmente o fornecedor avaliará os riscos de uso, treinará a equipe e incluirá os custos dos consumíveis. É importante considerar fatores como dados de expectativa de vida do equipamento, os requisitos necessários para chamar um engenheiro e os tempos de resposta para chamadas e suporte. Fatores como período de garantia padrão, custo e extensão da garantia, termos e condições para substituição de equipamentos defeituosos, etc. precisam ser negociados (BESWICK *et al.*, 2022).

Independentemente da tecnologia escolhida, só devem ser usados para desinfecção terminal porque são prejudiciais aos pacientes e funcionários. Além disso, o número de dispositivos a comprar deve ser baseado nas necessidades de devolução da sala e no tempo que leva para higienizar (ECRI INSTITUTE'S, 2015).

O estudo de Nerandzic *et al.* (2014) aponta que os dispositivos de luz UV-C têm gastos resumidos à aquisição e operadores. Também destaca que os custos de operação e manutenção são mínimos, custando cerca de US\$ 20 por ano para substituir uma lâmpada, e que não requer pessoal especializado.

A pesquisa realizada pela *Health Quality Ontario* (2018) trouxe os dados disponibilizados em 2017 por fabricantes de sistemas de UV-C e PX-UV. Um dispositivo de lâmpada de mercúrio (UV-C) é avaliado em US\$ 89.500, esse valor inclui 1 ano de garantia, e um dispositivo de lâmpada de xenônio (PX-UV) US\$ 102.300, esse valor inclui 4 anos de garantia. As garantias anuais cobrem os custos de substituição da lâmpada, peças do dispositivo e suporte técnico, variando de US\$ 11.500 a US\$ 13.356 por ano. Também traz um custo de US\$ 53.424 por ano para alugar um dispositivo UV-C.

Doan *et al.* (2012), calcularam o custo por uso e o custo mensal dos dispositivos de HPV e outros métodos de desinfecção. Os autores contam com uma análise de custos totais, custos de equipamentos, taxas mensais de depreciação e recursos necessários. Portanto, o custo declarado por uso é de £ 108,96 (US\$ 142,60) e o custo mensal é de £ 1154,98 (US\$ 1511,52).

O *Emergency Care Research Institute* apud (2011 OTTER *et al.*, 2020) informou um preço de £ 77.190 (US\$ 124.500) para o dispositivo UV-C e para o sistema HPV £ 27.280 (US\$

44.000). Por fim, a ordem do custo relativo estimado para aquisição dos dispositivos, do maior para o menor custo, é UV-C > PX-UV > Sistemas de vapor H₂O₂ > aPH (OTTER *et al.*, 2020).

Para garantir que os dispositivos de desinfecção “no-touch” estejam conforme as suas especificações e sejam sempre eficazes, sua validação é essencial. Existem vários métodos de medição úteis na avaliação do desempenho do dispositivo, como: redução *log in vitro*, medição de culturas de superfícies (antes e depois) ou uso de indicadores biológicos (IB) com concentrações conhecidas de microrganismos. Por outro lado, dado que a concentração de contaminação em superfícies hospitalares é em torno de 2 log₁₀, muito se discute sobre o indicador biológico de 6 log₁₀ ser um teste adequado para validar tais métodos. Para desinfetantes hospitalares, algumas autoridades estrangeiras exigem que certas bactérias sejam reduzidas em >6 *log in vitro*. Esse valor é significativamente maior do que as concentrações normalmente encontradas em superfícies hospitalares, assim, mesmo nas condições mais imprevisíveis do "mundo real", os desinfetantes oferecem mais garantias de eficácia (BESWICK *et al.*, 2022; OTTER *et al.*, 2013, 2014).

Há evidências de que sistemas “no-touch” podem reduzir a contaminação de patógenos causadores de IRAS no ambiente. É difícil estimar a magnitude dessas reduções porque os estudos podem variar muito em métodos de testes experimentais e resultados microbiológicos (PIDAC, 2018; RUTALA; WEBER, 2011).

Evidências coletadas por Totaro *et al.* (2020) mostram que, em complemento à limpeza terminal, o vapor de peróxido de hidrogênio reduz os níveis de contaminação bacteriana das superfícies em maior medida do que os métodos convencionais sozinhos.

Boyce *et al.* (2008) realizaram o primeiro estudo avaliando a capacidade de reduzir a contaminação ambiental e a transmissão de *Clostridioides difficile* por dispositivo de desinfecção a vapor de H₂O₂. Os autores destacam a eficácia do HPV (Bioquell) na inativação de esporos em superfícies contaminadas. A partir deste estudo, Barbut *et al.* (2012) exploraram a atividade *in vitro* de esporos de várias cepas de *C. difficile* presentes em placas de metal reportaram que os esporos foram completamente erradicados após 15 minutos de tratamento do HPV na concentração de 30%.

Segundo Dancer *et al* (2014), pode-se dizer que o sistema de vapor de peróxido de hidrogênio é eficaz contra *M. tuberculosis*, MRSA, vírus, formadores de esporos, VRE e bacilos Gram-negativos multirresistentes. Neste contexto, aparenta oferecer atividade microbicida contra a maioria dos patógenos nosocomiais. Em complemento, Tarka *et al.* (2020) relataram redução *log* maior que 6 para esse dispositivo.

Em um documento da *Infectious Diseases Advisory Committee on Infection Prevention and Control* (PIDAC-IPC), foram avaliados estudos referentes ao uso do sistema de vapor de peróxido de hidrogênio em ambiente livre de surto. Os resultados mostraram uma redução geral nas taxas de transmissão de organismos resistentes a antibióticos (PIDAC, 2018).

Ao analisar a eficácia dos sistemas baseados em luz UV-C para desinfecção de superfícies em sua revisão, Elgujja *et al.* (2020) apontou que tais dispositivos podem ocasionar reduções significativas, de até 4 *log*, em carga biológica de patógenos multirresistentes e de formadores de esporos, incluindo VRE, MRSA, *C. difficile* e vírus Ebola. Em paralelo, Tarka *et al.* (2020) frisa que o uso dos sistemas PX-UV e UV-C pode reduzir as cargas de patógenos entre 2 a 4 *log*, menor nas superfícies fora da linha direta de visão do dispositivo.

Para entender o efeito dos parâmetros de distância e orientação na eficácia dos dispositivos UV-C, Boyce *et al.* (2016) mostraram que a irradiância, dosagem e efeito de inativação recebidos pelos inóculo sofrem ampla conforme a sua localização em relação ao dispositivo.

Como mencionado na Seção 2.5.2.3, o dispositivo PX-UV possui considerações práticas semelhantes ao UV-C de luz contínua, incluindo a necessidade de usar várias posições para reduzir áreas sombreadas, a idade das lâmpadas diminuindo a intensidade da luz emitida e a capacidade limitada de desinfetar ambientes maiores (SCOTT; HANSRAJ, 2019). No entanto, Nerandzic *et al.* (2015) relataram que a *redução de log* unidade formadora de colônia (UFC) em suportes de vidro alcançada por UV-C contínuo foi significativamente maior do que PX-UV. Em contraste, o PX-UV requer tempos de ciclo mais curtos.

Dispositivos complementares, como paredes ou tintas refletivas, podem reduzir o tempo necessário para inativar patógenos, aumentando assim a eficácia dos sistemas de luz UV-C (GUETTARI; GHARBI; HAMZA, 2020; WEBER; KANAMORI; RUTALA, 2016).

Embora limitados, existem estudos publicados que testam novas tecnologias de desinfecção no combate ao vírus SARS-CoV-2, causador da pandemia do novo coronavírus (COVID 19) (TSOU *et al.*, 2020). Em um resumo rápido de evidências publicado recentemente, a *Wales COVID-19 Evidence Centre* (2021) relatou que os dispositivos baseados em UV podem ser eficazes na inativação do vírus, mas não há evidências suficientes para determinar sua eficácia. Igualmente os dispositivos HPV podem ser eficazes em ambientes hospitalares e experimentais e podem ser uma abordagem viável contra SARS-CoV-2, no entanto, sua eficácia não é clara.

Em 2020, o uso dos dispositivos de desinfecção de UV-C e HPV foram testados e autorizados como medida de emergência para a desinfecção de respiradores faciais, incluindo

os respiradores N95. A pandemia da doença COVID-19 levou a uma escassez crítica destes equipamentos de proteção individual que são essenciais para proteger os profissionais de saúde e a população. É importante frisar que esta medida é válida apenas para o período de escassez e os respiradores podem ser reutilizados até três vezes (CDC, 2020; JUREKA *et al.*, 2021).

No geral, ao observar os dispositivos de desinfecção “no-touch” é possível notar que seus diferentes métodos possuem uma série de particularidades, benefícios e limitações. Portanto, pode-se dizer ser importante comparar e estar ciente sobre as vantagens e desvantagens de dispositivos (WEBER; KANAMORI; RUTALA, 2016).

A Tabela 3 traz a comparação entre as principais características dos dispositivos geradores de vapor de peróxido de hidrogênio e os dispositivos baseados na emissão de luz ultravioleta (UV-C e PX-UV).

Tabela 3 - Comparação entre os principais dispositivos “no-touch” de desinfecção hospitalar terminal. (continua).

Características	Vapor de H₂O₂ (HPV/VHP)	UV de Mercúrio (UV-C)	UV de xenônio pulsado (PX-UV)
Eficácia de descontaminação	Redução >5-6 log ₁₀ em colônias bacterianas	Redução 2-4 log ₁₀ em colônias bacterianas	Redução <1 log ₁₀ em colônias bacterianas
Custo por quarto* (fornecedor líder na categoria)	US\$110,27	US\$15,75	US\$2,80
Tempo de ciclo	1,5-4 horas por quarto, dependendo do dispositivo	20-40 min	15-20 min
Operador	Técnico especializado	Equipe de limpeza	Equipe de limpeza
Acesso à sala durante a operação	Não	Parada remota Entrada Imediata	Parada remota Entrada Imediata
Segurança	O vapor é perigoso até que o ciclo esteja completo. As salas devem ser seladas	A luz ultravioleta pode irritar a retina, portanto, a equipe deve sair durante o tratamento	A luz ultravioleta pode irritar a retina, portanto, a equipe deve sair durante o tratamento

Tabela 3 - Comparação entre os principais dispositivos “no-touch” de desinfecção hospitalar terminal. (conclusão).

Características	Vapor de H ₂ O ₂ (HPV/VHP)	UV de Mercúrio (UV-C)	UV de xenônio pulsado (PX-UV)
Exemplos de fabricantes disponíveis comercialmente	HPV, Bioquell VHP, Steris	Tru-d, Lumalier Pathogon, Steris V-360+, Spectra254	Xenex

Fonte: Elaborada com base nos dados de (DOLL *et al.*, 2015; GARRONE, [s. d.]).

Chamada: * Calculado com base no custo anual do equipamento + insumos (produtos químicos, lâmpadas, etc.) dividido pela capacidade (número de quartos) permitida pelos tempos de ciclo. Não inclui custo com funcionários ou outros custos para as instalações.

O Quadro 2 traz um resumo das principais vantagens e desvantagens dos dispositivos de vapor de peróxido de hidrogênio e os dispositivos de luz ultravioleta conforme apresentado na literatura disponível.

Quadro 2 - Comparação das vantagens e desvantagens entre os dispositivos "no-touch" baseados em luz UV e vapor de peróxido de hidrogênio (continua).

Vantagens	Desvantagens
Vapor de H₂O₂	
<ul style="list-style-type: none"> • Reduz a carga bacteriana quando adicionado à limpeza manual • Atividade germicida de amplo espectro e esporicida • Desinfecção simultânea de superfícies, móveis e equipamentos complexos • Distribuição uniforme por meio de um sistema de dispersão automatizado • Não há necessidade de mover móveis e equipamentos • Pode ser usado para descontaminar unidades inteiras ou enfermarias durante surtos 	<ul style="list-style-type: none"> • Adiciona o tempo na limpeza do quarto • Exige que pacientes e funcionários devem ser removidos da sala antes da descontaminação • Eficácia é afetada pela natureza da superfície, concentração de H₂O₂ e presença de sujeira • Pré-limpeza necessária para remover poeira e manchas • Vedação de dutos de ar da sala e vãos sob as portas necessárias antes da desinfecção • Tempo de ciclo elevado • Os custos dos equipamentos de capital são substanciais • Potencial de danos em algumas superfícies de plástico e polímeros • É necessário operadores de sistema treinados • Requer tempo e trabalho transporte do sistema para salas onde ocorre a desinfecção

Quadro 2 - Comparação das vantagens e desvantagens entre os dispositivos "no-touch" baseados em luz UV e vapor de peróxido de hidrogênio (conclusão).

Vantagens	Desvantagens
Baseado na emissão de luz UV	
<ul style="list-style-type: none"> • Reduz a carga bacteriana quando adicionado à limpeza manual • Atividade germicida de amplo espectro • Esporicida em dose mais alta e / ou tempo de ciclo mais longo • Tempo de ciclo relativamente curto (15 a 50 minutos) • Nenhum resíduo após o uso • Não é necessária a vedação de entradas de ar • Desinfecção simultânea de superfícies, móveis e equipamentos • Baixos custos operacionais 	<ul style="list-style-type: none"> • Adiciona o tempo na limpeza do quarto • Eficácia afetada pelo comprimento de onda, dose, tempo de ciclo, fluxo de ar, distância do alvo, sujeira orgânica • Efeito destrutivo a longo prazo em plásticos e vinis e desbotamento de tintas e tecidos • Baixo efeito de penetração • Pré-limpeza necessária para remover poeira e manchas • Exige que equipamentos e móveis sejam movidos para a linha de visão para que a desinfecção ocorra • Todos os pacientes e funcionários devem ser removidos da sala antes da desinfecção • É necessário operadores de sistema treinados • Requer tempo e trabalho transporte do sistema para salas onde ocorre a desinfecção • Custo inicial de aquisição elevado

Fonte: Adaptado de: (PIDAC., 2018; RUTALA; WEBER, 2013).

Observando a Tabela 3 e o Quadro 2, algumas semelhanças podem ser observadas entre os dispositivos, por exemplo, todos os pacientes e funcionários devem ser removidos da sala antes da descontaminação, e nenhum dos métodos remove a poeira e manchas, portanto, a limpeza deve preceder a descontaminação.

No caso do HPV os resíduos orgânicos reagem com o desinfetante micro condensado na superfície do material e podem neutralizá-lo, reduzindo sua atividade antes que afete os patógenos contaminantes. Além disso, pode proteger os microrganismos expostos à luz UV, mascarar os contaminantes da exposição total e novamente reduz os efeitos benéficos (BESWICK *et al.*, 2022).

Na visão de Weber *et al.* (2016) a principal vantagem de um sistema "no-touch" é a capacidade de descontaminar consistentemente as superfícies hospitalares. Em contraste, Otter *et al.* (2020) considera que o principal benefício é reduzir ou eliminar a dependência dos operadores.

Considerando as diferenças entre os dispositivos "no-touch" baseados em luz UV e vapor de peróxido de hidrogênio (Quadro 2), é importante enfatizar que os sistemas baseados

em luz UV-C requerem tempos de entrega mais curtos e sua inativação de patógenos é limitada em superfície sombreadas. Os sistemas de HPV requerem a vedação do sistema de ar condicionado e quaisquer passagens de ar, demonstraram maior letalidade contra microrganismos formadores de esporos e têm a vantagem adicional de poder alcançar todos os cantos da sala, incluindo partes das saídas de ar quando o ar condicionado não está funcionando (DONSKEY, 2019).

Por fim, existem algumas diferenças e particularidades entre os dispositivos, além de várias opções comerciais para cada tecnologia. A validação dos métodos de desinfecção “no-touch” é necessária para garantir que seus processos sejam eficientes e repetíveis. Portanto, os provedores de saúde devem confiar na literatura para validar dispositivos e sistemas específicos antes da compra. Até o momento, não há padrões regulatórios estabelecidos para estes sistemas. Espera-se que reguladores e sociedades profissionais sejam solicitados para aconselhar sobre questões como nomenclatura, aceitabilidade de padrões de teste e diretrizes para aplicação segura e eficaz (OTTER *et al.*, 2014, 2020).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para elaboração desta revisão de literatura, no período de dezembro de 2021 a janeiro de 2022, foi realizada uma busca por artigos científicos utilizando as bases de dados eletrônicas PubMed e Embase.

Os termos utilizados como descritores para auxiliar nas buscas foram: *disinfection*, *decontamination*, *"terminal disinfection"*, *"infection control"*, *"healthcare associated infection"*, *"hospital infection"*, *HAI*, *"hydrogen peroxide vapour"* *"hydrogen peroxide system"*, *HPV*, *VHP*, *UV-C*, *"UV-C system"*, *"ultravioleta light"*, *"UV light"*, *px-uv*, *"pulsed xenon"*, *"surface"* e *"surface contamination"*

Para aprimorar a estratégia de pesquisa, utilizaram-se os operadores booleanos "AND" e "OR", como apresentado no Quadro 3, que mostra as estratégias de buscas utilizadas e a quantidade de estudos encontrada em cada base de dados. A busca foi limitada para estudos publicados no período de janeiro 2012 a janeiro 2022. O idioma não foi considerado como fator limitante para a busca e elegibilidade dos estudos.

Quadro 3 - Estratégias de busca (continua).

N	Base de dados	Pesquisa	Resultados
1	PUBMED	((("ultraviolet light" OR "uv light") OR (px-uv OR "pulsed xenon") OR (uv-c OR "UV-C system"))) AND (disinfection OR decontamination OR "terminal disinfection" OR "infection control")) AND ("healthcare associated infection" OR "hospital infection" OR "nosocomial infections" OR HAI)	32
2	PUBMED	(("hydrogen peroxide vapor" OR "hydrogen peroxide vapour" OR "hydrogen peroxide system" OR HPV OR VHP) AND (disinfection OR decontamination OR "terminal disinfection" OR "infection control")) AND ("healthcare associated infection" OR "hospital infection" OR "nosocomial infections" OR HAI)	9

Quadro 3 - Estratégias de busca (conclusão).

N	Base de dados	Pesquisa	Resultados
3	EMBASE	('ultraviolet light'/exp OR 'ultraviolet light' OR 'uv light'/exp OR 'uv light' OR 'px uv' OR 'pulsed xenon' OR 'uv c' OR 'uv-c system') AND ('disinfection'/exp OR disinfection OR 'decontamination'/exp OR decontamination OR 'terminal disinfection' OR 'infection control'/exp OR 'infection control') AND ('healthcare associated infection'/exp OR 'healthcare associated infection' OR 'hospital infection'/exp OR 'hospital infection' OR 'nosocomial infections' OR hai) AND ([article]/lim OR [article in press]/lim OR [conference paper]/lim OR [conference review]/lim OR [data papers]/lim OR [short survey]/lim OR [preprint]/lim) AND [2012-2022]/py	122
4	EMBASE	('hydrogen peroxide vapor' OR 'hydrogen peroxide vapour' OR 'hydrogen peroxide system' OR hvp OR vhp) AND (disinfection OR decontamination OR 'terminal disinfection' OR 'infection control') AND ('healthcare associated infection' OR 'hospital infection' OR 'nosocomial infections' OR hai) AND ([article]/lim OR [article in press]/lim OR [conference paper]/lim OR [conference review]/lim OR [data papers]/lim OR [short survey]/lim OR [preprint]/lim) AND [2012-2022]/py	32

Fonte: Elaboração própria

Os critérios de inclusão previamente estabelecidos para seleção dos estudos foram:

- Estudos que têm o foco de pesquisa em dispositivos automatizados de desinfecção terminal de Vapor de Peróxido de Hidrogênio (HPV), UV-C contínuo com lâmpada de vapor de mercúrio (UV-C) e de xenônio pulsado (PX-UV);
- Estudos realizados nos últimos dez anos;
- Estudos que utilizavam o dispositivo como complemento à limpeza e desinfecção manual padrão.
- Estudos escritos em qualquer idioma.

Os critérios de exclusão previamente estabelecidos para seleção dos estudos foram:

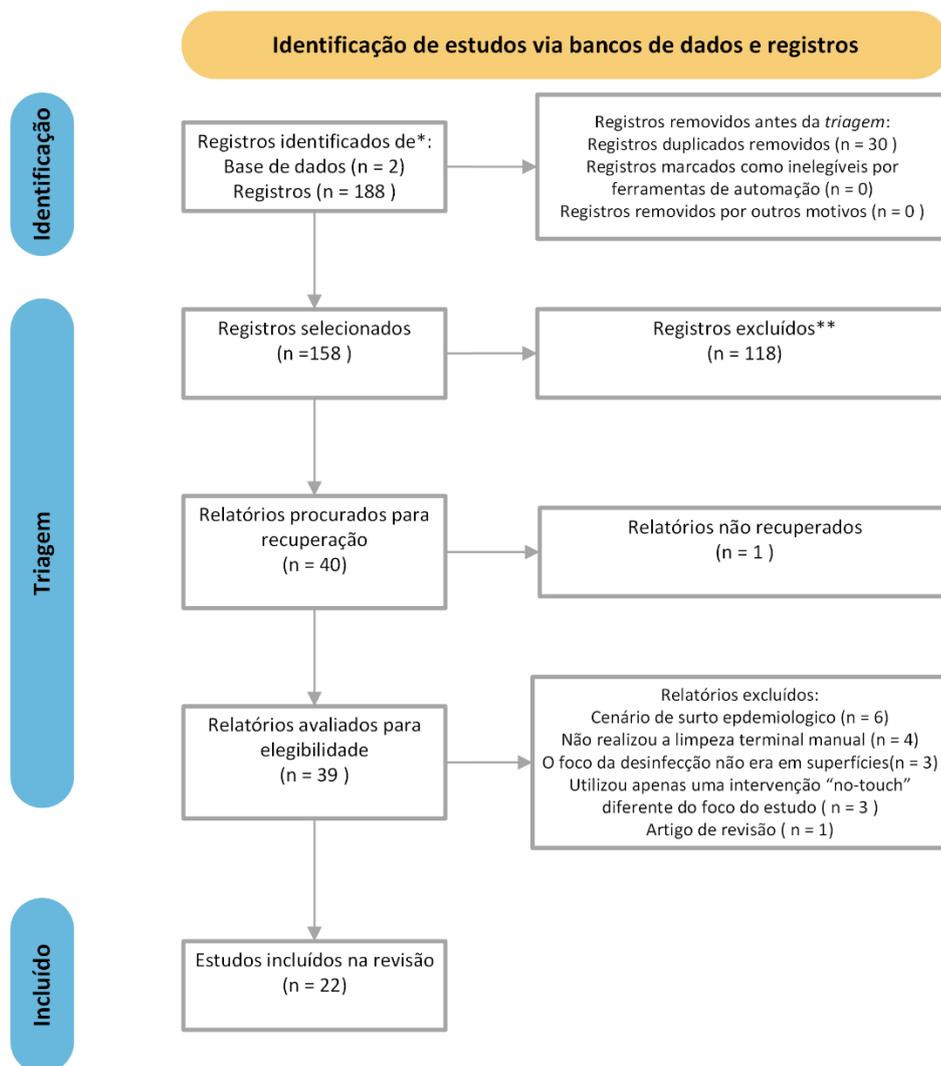
- Estudos focados em utilizar o sistema automatizado para desinfecção de dispositivos médicos, equipamentos, instrumentos ou qualquer objeto em específico;
- Estudos que abordam o uso dos sistemas automatizados de desinfecção fora do ambiente hospitalar;
- Estudos que abordam o uso das tecnologias para descontaminação de água, esgoto e no setor alimentício;
- Estudos de revisão, cartas ao autor, estudos que apresentavam apenas o resumo e entrevistas;
- Estudos em que o dispositivo UV-C utiliza lâmpadas que não sejam de mercúrio de baixa pressão ou de xenônio pulsado.

Os estudos foram selecionados em duas fases. Na primeira fase, utilizou-se a plataforma *Rayyan QCRI* (OUZZANI *et al.*, 2016) para o gerenciamento dos resultados e seleção dos textos e avaliaram-se os títulos e resumos dos estudos identificados através das estratégias de busca e os que corresponderam aos objetivos do estudo foram pré-selecionados para análise de texto completo. Em seguida, com o auxílio do gerenciador de referências Mendeley, foram analisados os textos completos dos artigos para verificar se atendiam aos critérios de inclusão. Também foram avaliados os textos completos dos estudos, cujos resumos não forneciam dados suficientes para a decisão de descartá-los.

5 RESULTADOS

Um total de 188 estudos foram recuperados de DOI:s bancos de dados. Os registros duplicados foram removidos ($n = 30$), e os critérios de elegibilidade foram aplicados para o processo de seleção. Após a revisão do texto completo, 136 artigos foram excluídos pelos seguintes motivos: irrelevante para o tema de pesquisa, texto completo indisponível, artigos de revisão, dispositivo como substituto da limpeza padrão, tipo de sistema “no-touch” diferente, cenário de surto epidemiológico e do estudado, desinfecção de equipamentos, e intervenção incorreta. Por fim, 22 artigos foram incluídos neste trabalho, como mostra a Figura 1 do fluxograma PRISMA (MOHER *et al.*, 2015) do processo de seleção de estudos.

Figura 1 - Fluxograma PRISMA do processo de seleção de estudos.

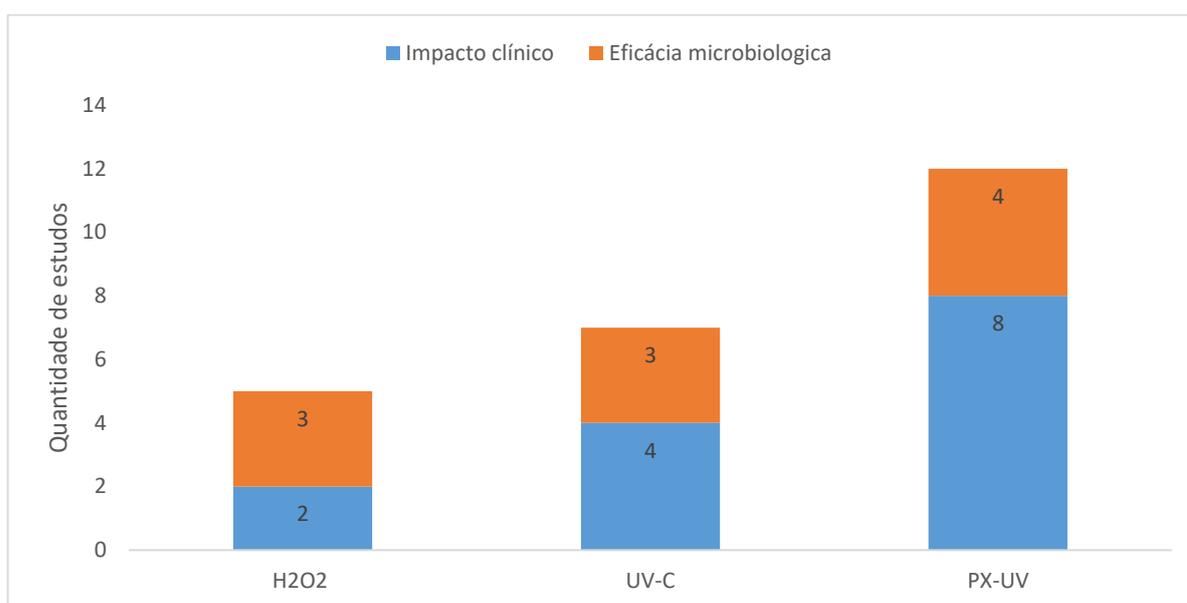


Fonte: Elaboração própria

Dentre os 22 estudos selecionados, 11 estudos abordaram apenas o dispositivo de luz ultravioleta de xenônio pulsado (PX-UV) como intervenção automatizada de desinfecção, 5 focaram apenas no dispositivo de luz de vapor de mercúrio de baixa pressão (UV-C), 4 em vapor de peróxido de hidrogênio (HPV) e 2 estudos abordaram mais de um tipo de dispositivo como tratamento em sua metodologia, sendo 1 tratando de PX-UV e UV-C e 1 tratando de UV-C e HPV.

O Gráfico 1 traz os desfechos de impacto clínico e eficácia microbiológica por tipo de dispositivo “no-touch”. Dentre os 22 estudos selecionados, 9 trazem o desfecho de eficácia microbiológica, sendo 2 estudos usando o sistema HPV, 2 usando UV-C, 4 usando PX-UV e 1 usando UV-C e HPV. Para os desfechos de impacto clínico foram selecionados 13 estudos, sendo 2 estudos usando o sistema HPV, 3 usando UV-C, 7 usando PX-UV e 1 usando UV-C e PX-UV.

Gráfico 1 - Desfechos por tipo de dispositivo “no-touch”.



Fonte: Elaboração própria

Os anos dos estudos selecionados abordando os dispositivos UV-C, PX-UV e HPV variaram entre 2012 a 2021, 2013 a 2021 e 2012 a 2019, respectivamente.

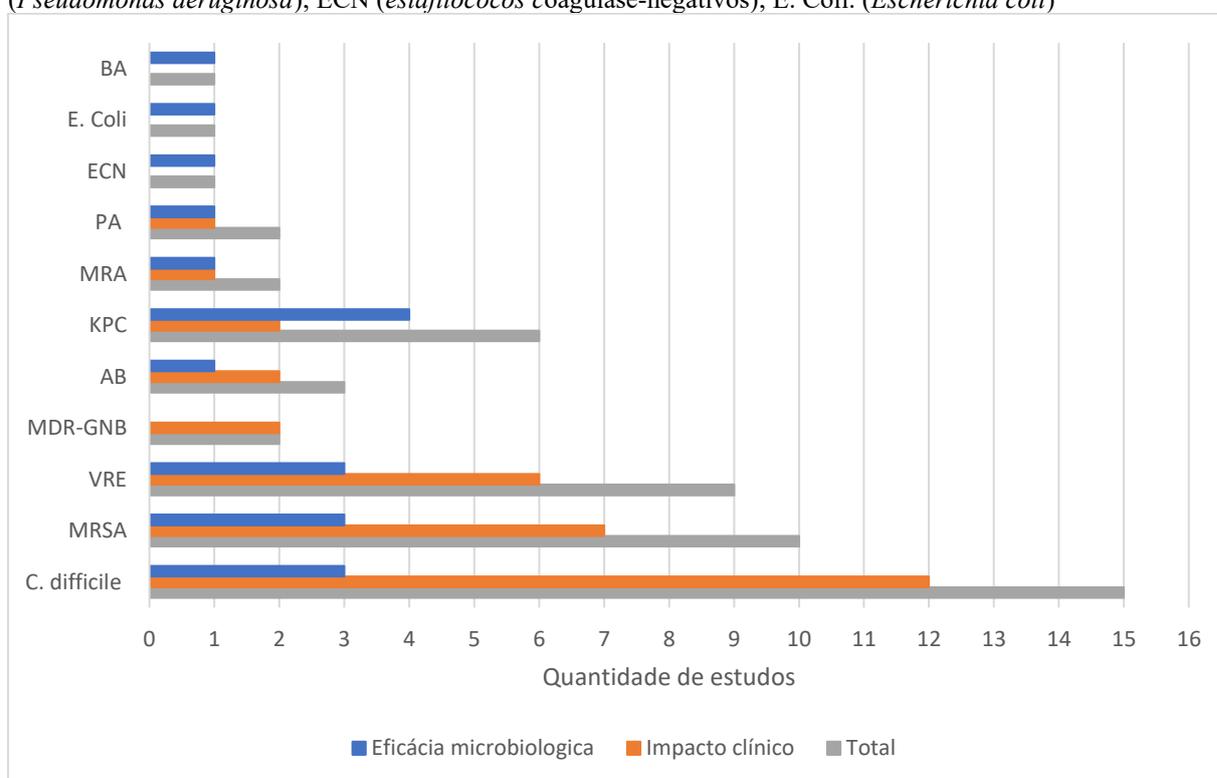
Os estudos apresentaram desfechos avaliando as taxas de IRAS ($n = 13$) ou a eficácia microbiológica ($n = 9$) dos sistemas automatizados, que descreveu o efeito sobre um patógeno específico ou uma combinação. No geral, os três patógenos mais populares a serem controlados com sistemas “no-touch”, sozinhos ou combinados, são: *Clostridioides difficile* ($n = 15$)

relatado em 68,2% dos estudos selecionados, *Enterococcus* (VRE) resistente à vancomicina ($n = 9$) relatado em 40,9% dos estudos e *Staphylococcus Aureus* resistente à Meticilina (MRSA) ($n = 10$) relatado em 45,5% dos estudos. Em 90,9% dos estudos, pelo menos um destes patógenos citados era o alvo do tratamento.

O Gráfico 2 traz um resumo de todos os microrganismos apontados nos estudos incluídos. Esses resultados são apresentados na Tabela 4.

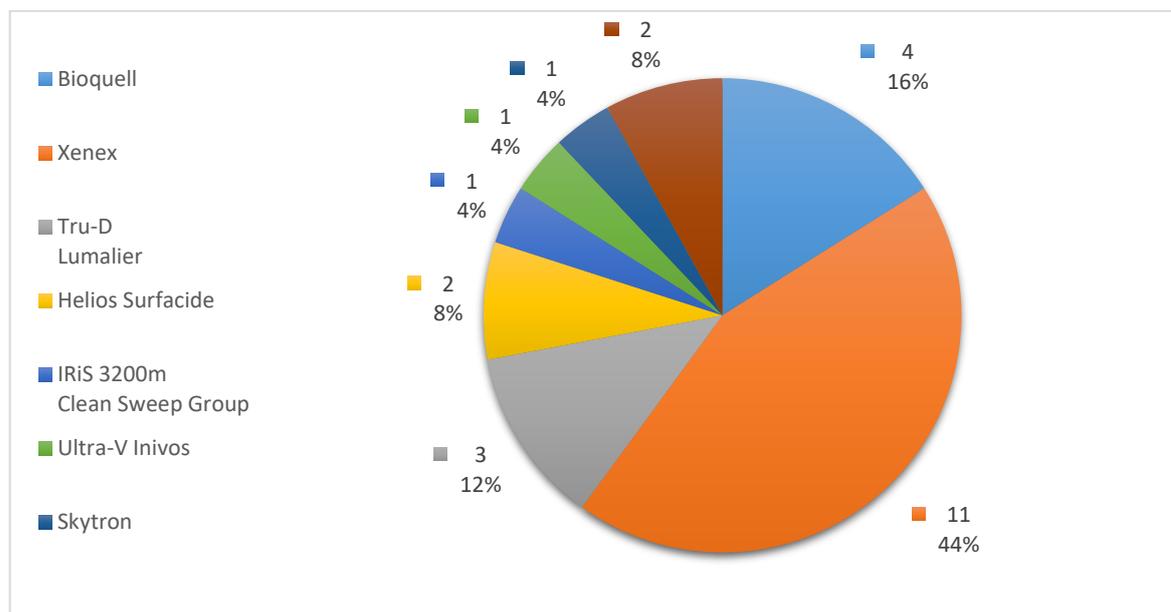
Gráfico 2 - Patógenos alvo dos estudos selecionados.

BA (bactérias aeróbias); MRSA (*Staphylococcus aureus* resistente à meticilina); VRE (*Enterococcus* resistentes à vancomicina); *C. difficile* (*Clostridioides difficile*); MDR-GNB (Gram-negativos multirresistentes); KPC (*Klebsiella pneumoniae*); AB (*Acinetobacter baumannii*); MDA (*Acinetobacter spp.* multirresistente); PA (*Pseudomonas aeruginosa*); ECN (*estafilococos coagulase-negativos*); E. Coli. (*Escherichia coli*)



Fonte: Elaboração própria.

Em relação aos sistemas “no-touch” utilizados como intervenção nos estudos, o Gráfico 3 mostra as marcas das tecnologias de desinfecção apontadas nos estudos selecionados. Em 50% dos casos ($n = 11$), dispositivos fabricados pela Xenex foram escolhidos para dispositivos de UV de xenônio ($n = 11$). A Bioquell foi a única fabricante relatada para sistemas de vapor de peróxido de hidrogênio ($n = 4$), representando 80% dos estudos que avaliam esse método.

Gráfico 3 - Ocorrência das marcas de dispositivos nos estudos selecionados.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 4 - Características dos estudos selecionados (continua).

C. difficile (*Clostridioides difficile*); MRSA (*Staphylococcus Aureus* Resistente à Meticilina); VRE (*Enterococcus* resistente à vancomicina); MDR-GNB (Gram-negativos multirresistentes); KPC (*Klebsiella pneumoniae*); AB (*Acinetobacter baumannii*); MRA (*Acinetobacter spp.* multirresistente); PA (*Pseudomonas aeruginosa*); ECN (*estafilococos* coagulase-negativos); E. Coli. (*Escherichia coli*); BA (Bactérias aeróbias); MDRO (microrganismos resistentes a múltiplos antimicrobianos); N/R (Não relatado).

Autor (ano)	Revista	Intervenção "no-touch"	Conflito de interesses	Patógenos	Desfecho
Havill et al. (2012)	Infection Control & Hospital Epidemiology	UV-C (Lumalier Tru-D) HPV (Bioquell)	Um autor é funcionário da Bioquell O dispositivo UV-C foi fornecido pelo fabricante.	<i>C. difficile</i>	Eficácia
Passaretti et al. (2013)	Clinical Infectious Diseases	HPV (Bioquell)	O fornecedor emprestou o dispositivo Um autor é empregado pela Bioquell	<i>C. difficile</i> , MRSA, VRE e MDR-GNB	Impacto clínico
Levin et al. (2013)	American Journal of Infection Control	PX-UV (Xenex)	-	<i>C. difficile</i>	Impacto clínico
Mahida et al. (2013)	Journal of Hospital Infection	UV-C (Lumalier Tru-D)	O dispositivo foi emprestado por uma empresa	MRSA, VRE e MRA	Eficácia
Nagaraja et al. (2015)	American Journal of Infection Control	PX-UV (Xenex)	-	<i>C. difficile</i>	Impacto clínico
Napolitano et al. (2015)	American Journal of Infection Control	UV-C (Clean Sweep Group)	Recebeu financiamento do fabricante	<i>C. difficile</i> , AB, KPC, MSRA e VRE	Impacto clínico

Tabela 4- Características dos estudos selecionados (continuação).

Autor (ano)	Revista	Intervenção "no-touch"	Conflito de interesses	Patógenos	Desfecho
McCord et al (2016)	Journal of Hospital Infection	HPV (Bioquell)	Um dos autores é funcionário da fabricante	<i>C. difficile</i>	Impacto clínico
Ali et al. (2016)	Journal of Hospital Infection	HPV (Bioquell)	Financiada por doações irrestritas da fabricante	MRSA, KPC e <i>C. difficile</i>	Eficácia
Hosein et al (2016)	American Journal of Infection Control	PX-UV (Xenex)	Apoiado por uma doação da Sodexo; A fabricante emprestou 2 dispositivos	MDRO	Eficácia
Beal et al (2016)	Journal of Hospital Infection	PX-UV (Xenex)	Dispositivo e autor emprestados pela Xenex	VRE	Eficácia
Vianna et al. (2016)	American Journal of Infection Control	PX-UV (Xenex)	4 são funcionários da Xenex e identificaram interesses concorrentes financeiros	<i>C. difficile</i> , MRSA e VRE	Impacto clínico
Ali et al. (2017)	Journal of Hospital Infection	UV-C (Surfacide e Inivos)	Um dos autores está em painel consultivo global para o fabricante de produto desinfetante; Os fabricantes dos sistemas financiaram os testes microbiológicos	<i>C. difficile</i> , MRSA e KPC	Eficácia
Green et al. (2017)	Burns	PX-UV (Xenex)	A Xenex emprestou o dispositivo, treinamento, suporte laboratorial e amostragem	<i>C. difficile</i> , MRSA e VRE	Impacto clínico.
Anderson et al. (2017)	The Lancet	UV-C (Lumalier Tru-D)	Consumíveis e dispositivos fornecidos pela indústria (tru-d smart uv, ecolab e clorox) e 2 autores receberam honorários de consultoria.	<i>C. difficile</i> , MRSA, VRE e MRA	Impacto clínico
Raggi et al. (2018)	American Journal of Infection Control	UV-C (Skytron)	2 autores relataram ser funcionários do hospital. Um autor relata ser funcionário do fabricante. Um autor recebeu financiamento do fabricante	VRE, MRSA, PA, AB e KPC	Impacto clínico
Sampathkumar et al (2019)	American Journal of Infection Control	PX-UV (Xenex)	2 dispositivos doados pela Xenex	<i>C. difficile</i> e VRE	Impacto clínico
Chiguer et al (2019)	Heliyon	HPV (N/R)	N/R	ECN, AB, MRSA, PA, KPC, VRE <i>E. coli</i> .	Eficácia

Tabela 4 - Características dos estudos selecionados (conclusão).

Autor (ano)	Revista	Intervenção "no-touch"	Conflito de interesses	Patógenos	Desfecho
Villacís et al. (2019)	BMC Infectious Diseases	PX-UV (Xenex)	Apoio financeiro do distribuidor; 2 autores são funcionários da Xenex e 4 são funcionários do distribuidor	KPC	Eficácia
Attia et al. (2020)	American Journal of Infection Control	PX-UV (N/R)	N/R	<i>C. difficile</i>	Impacto clínico
Kitagawa et al. (2020)	American Journal of Infection Control	PX-UV (Xenex)	Financiado em parte por uma doação por uma empresa. Um autor recebeu bolsa de pesquisa	MRSA e BA	Eficácia
Schaffizim et al. (2020)	American Journal of Infection Control	PX-UV (Xenex)	N/R	<i>C. difficile</i> e MDR-GNR	Impacto clínico
McMullen et al. (2021)	American Journal of Infection Control	A e C: PX-UV (Xenex) B:UV-C (Surfacide)	Um autor é consultor de diversas empresas	<i>C. difficile</i>	Impacto clínico

Fonte: Elaboração própria.

Dos estudos incluídos, 9 apresentam resultados sobre a avaliação da eficácia microbiológica das tecnologias, 13 apresentam resultados do impacto clínico avaliando as taxas de incidência.

A limpeza manual antecedendo a intervenção automatizada foi estabelecida como critério de inclusão. Como apresentado na Tabela 5 e Tabela 6, alguns estudos especificaram as soluções desinfetantes usadas ($n = 7$) e alguns ($n = 7$) utilizavam um desinfetante diferente do usado no cenário padrão para tratar salas previamente ocupadas por *C. difficile*.

Medidas adicionais, como: Modelo de serviço dedicado ao dispositivo ($n = 3$), treinamento de funcionários para os protocolos padronizados ($n = 1$), equipe de melhoria multidisciplinar ($n = 1$), limpeza terminal “aprimorada” ($n = 1$), foram adotadas durante a realização de 6 estudos.

Por fim, a maioria dos estudos incluídos apresenta um potencial conflito de interesses (77,3%). Foi adotado como potencial conflito de interesse, além da declaração dos autores, qualquer tipo de patrocínio da indústria, seja ele doação de equipamentos, financiamento, empréstimo de equipamentos, empréstimo de laboratórios, a participação de autores funcionários das empresas fornecedoras.

Ao todo, 13 estudos trouxeram desfecho de impacto clínico. O resultado de impacto nas taxas de IRAS dos estudos incluídos é apresentado na Tabelas 5.

Tabela 5 - Informações dos estudos com desfecho de impacto clínico (continua).

C. Difficile (*Clostridioides difficile*); CDI (infecção por *Clostridioides difficile*); MRSA (*Staphylococcus Aureus* Resistente à Meticilina); VRE (*Enterococcus* resistente à vancomicina); MDR-GNB (Gram-negativos multirresistentes); KPC (*Klebsiella pneumoniae*); AB (*Acinetobacter baumannii*); MDA (*Acinetobacter* multirresistente); PA (*Pseudomonas aeruginosa*); ECN (estafilococos coagulase-negativos); L/D (limpeza e desinfecção); H₂O₂ (peróxido de hidrogênio); min (minutos); IRAS (infecções relacionadas à assistência à saúde); MDRO(micro-organismos resistentes a múltiplos antimicrobianos); Red. (Redução)

Autor (ano)	Intervenção	Medida adicional	Tempo	Resultados
				A aquisição VRE diminuiu de 8,19% para 1,7%
Passaretti et al (2013)	HPV após L/D manual terminal com composto de amônio quaternário e H ₂ O ₂ líquido para <i>C. difficile</i>	-	90 min à 180 min	A aquisição de MRSA diminuiu de 2,8% para 0,9% CDI: pré-HPV 27 por 10.000 pacientes-dia HPV: CDI: 10 por 10.000 pacientes-dia No geral, reduziu o risco de aquisição de MDROs em 64%, mas não foi significativo
Levin et al. (2013)	PX- UV em adição a limpeza manual: Geral: L/D com produtos desinfetantes de nível hospitalar; <i>C. difficile</i> : L/D com produto à base de cloro	-	3 ciclos, 7 min; Tempo Médio: 15 min	Pré-PX-UV: taxa de CDI: 9,46/10.000 pacientes-dia Pós-PX-UV: taxa de CDI: 4,45/10.000 pacientes-dia Redução de 53% de taxa de CDI
Nagaraja et al. (2015)	UV-C após a limpeza manual	-	3 ciclos, 6 min; Tempo médio: 18 min	Pré UV-C: 0,83/1.000 pacientes-dia durante-UV-C: 1,06/1.000 pacientes-dia A taxa de CDI adquirido no hospital foi 22% menor durante UV-C

Tabela 5 - Informações dos estudos com desfecho de impacto clínico (continuação).

Autor (ano)	Intervenção	Medida adicional	Tempo	Resultados
Napolitano et al. (2015)	UV-C após a L/D terminal manual	Implementou um modelo de serviço dedicado: uso de UV-C	18 min	Foram identificados 44 IRAS Taxa de incidência linha de base: 3,7/1.000 pacientes-dia Taxa de global de incidência Pós UV-C: 2,4/1.000 pacientes-dia Diferença de incidência: 1,3/1.000 pacientes-dia Red. de 34,2% nas taxas globais Red. de 71,4% para AB Red. de 42,7% para CDI Red. de 100% para KPC Não encontrou redução estatisticamente significativa para MRSA e VRE
McCord et al (2016)	HPV após limpeza manual à base de hipoclorito de sódio	-	105 min	Pré intervenção HPV: 1,0 por 1.000 paciente-dia HPV: 0,4 por 1.000 pacientes-dia Redução de 60% nas taxas de CDI
Vianna et al. (2016)	PX-UV após L/D manual padrão incluído alvejante para <i>C. difficile</i>	-	3 ciclos 5 min	Taxa geral em todas as instalações: Pré intervenção: 0,83/1.000 pacientes-dia Pós PX-UV: 0,49/1.000 pacientes-dia NÃO-UTI: Redução das taxas CDI (40%) Redução das taxas VRE (37%) Aumento das taxas MRSA (52%) No geral, houve redução de 29% em toda instalação Na UTI: Redução das taxas de CDI (45%), Redução das taxas MRSA (56%) Redução das taxas VRE (87%) No geral, houve redução de 61% na UTI

Tabela 5 - Informações dos estudos com desfecho de impacto clínico (continuação).

Autor (ano)	Intervenção	Medida adicional	Tempo	Resultados
Green et al. (2017)	PX-UV após L/D manual com desinfetantes aprovados pelo hospital incluindo alvejante para <i>C. difficile</i>	-	15 min	<p>Taxa total: Pré PX-UV: 9,15/ 1.000 pacientes-dia; Pós PX-UV: 10,72/1.000 pacientes-dia</p> <p>Taxa de CDI: Pré-intervenção (L/D): 1,83/ 1.000 pacientes-dia PX-UV: 0,0/ 1.000 pacientes-dia</p> <p>Taxa de MRA P. aeruginosa: Pré-intervenção (L/D): 0,91/ 1.000 pacientes-dia PX-UV: 0,0/ 1.000 pacientes-dia</p> <p>MRSA: Pré-intervenção: 3,66/ 1.000 pacientes-dia PX-UV: 4,6/ 1.000 pacientes-dia</p> <p>MDR-GNB: Pré-intervenção: 3,66/ 1.000 pacientes-dia PX-UV: 6,1/ 1.000 pacientes-dia</p>
Anderson et al. (2017)	UV-C após L/D manual com amônio quaternário, incluindo hipoclorito de sódio para <i>C. difficile</i>	Treinamento de funcionários para todos os protocolos padronizados	<p>20 min para ciclo vegetativo mediano;</p> <p>55 min para esporos; Até que uma dose suficiente seja detectada (30-55 min)</p>	<p>Taxa Combinada por 10.000 dias de exposição: L/D manual: 51,3 UV-C+ L/D manual:33,9 lixívia: 41,6; lixívia + UV:45,9</p> <p>Taxa por 10.000 dias de exposição de:</p> <p>CDI: lixívia: 31,6 lixívia + UV-C: 30,4</p> <p>MRSA: Ref.: 50,3 UV-C:36,5 lixívia:48,2 lixívia +UV-C:46,9</p> <p>VRE: Ref.: 63,4 UV-C:29,4 lixívia: 31,9 lixívia + UV: 39,0</p>

Tabela 5 - Informações dos estudos com desfecho de impacto clínico (continuação).

Autor (ano)	Intervenção	Medida adicional	Tempo	Resultados
Raggi et al. (2018)	UV-C após L/D terminal padrão	Os tratamentos UV-C foram realizados por operadores contratados	10,1 ± 4,3 min	<p>Taxa de incidência Pré-intervenção:</p> <p>IRAS: 4,87/ 1.000 pacientes-dia BA: 0,34/ 1.000 pacientes-dia KPC: 1,16/ 1.000 pacientes-dia MRSA: 1,42/ 1.000 pacientes-dia PA: 1,29/ 1.000 pacientes-dia VRE: 0,68/ 1.000 pacientes-dia</p> <p>UV-C:</p> <p>IRAS: 3,94/ 1.000 pacientes-dia (19,2% < pré-intervenção) BA: 0,16/ 1.000 pd. (redução de 53,1%) KPC: 1,22/ 1.000 pacientes-dia (aumento de 7,49%) MRSA: 0,98/ 1.000 pacientes-dia (redução de 30,8%) PA: 1,16/ 1.000 pacientes-dia (redução de 12,9%) VRE: 0,45/ 1.000 pacientes-dia (redução de 34,3%)</p>
				Sampathku mar et al (2019)
Attia et al. (2020)	UV-C após L/D terminal manual limpos manualmente com hipoclorito de sódio (2016) e esporicida à base de H ₂ O ₂ (2017)	-	3 ciclos 5 min Total: 15 min	<p>Taxa de CDI combinada:</p> <p>Fase 1: 1,57/ 1.000 pacientes-dia Fase 2: 1,61/ 1.000 pacientes-dia</p>

Tabela 5 - Informações dos estudos com desfecho de impacto clínico (conclusão).

Autor (ano)	Intervenção	Medida adicional	Tempo	Resultados
Schaffizim et al. (2020)	UV-C após L/D terminal manual	Estabelece uma equipe de melhoria	11 a 13 min.	Taxa mediana de IRAS basal: 3,63/1.000 pacientes-dia Taxa mediana de IRAS pós intervenção: 0,75/1.000 pacientes-dia
McMullen et al. (2021)	UV-C após L/D manual; Hospital A: lixívia. Hospital B: outros: amónio quaternário <i>C. difficile</i> : alvejante Hospital C: de amónio quaternário (isolamento de contato)	-	-	Taxa de incidência CDI: Hospital A:0.69/ 1.000 pacientes-dia Hospital B:0.34/ 1.000 pacientes-dia Hospital C: 0.96/ 1.000 pacientes-dia Pós intervenção: Hospital A (UV-C): 0.64/ 1.000 pacientes- dia Hospital B (PX-UV):0.46/ 1.000 pacientes- dia Hospital C (UV-C): 1.18/ 1.000 pacientes- dia

Fonte: Elaboração própria

A eficácia microbiológica foi abordada em 9 dos 22 estudos incluídos nesta pesquisa. A Tabela 6 traz as informações dos estudos com esse desfechos.

Tabela 6 - Informações dos estudos selecionados com desfecho de eficácia microbiológica (continua).

C. difficile (Clostridioides difficile); MRSA (Staphylococcus Aureus Resistente à Meticilina); VRE (*Enterococcus* resistente à vancomicina); KPC (Klebsiella pneumoniae); AB (Acinetobacter baumannii); MDA (Acinetobacter multiresistente); PA (Pseudomonas aeruginosa); BA (Bactérias aeróbias); L/D (limpeza e desinfecção); H₂O₂(peróxido de hidrogênio); min (minutos); IRAS (infecções relacionadas à assistência à saúde); UFC (unidade formadora de colônia); IBs(indicadores biológicos);MDROs (microrganismos resistentes a múltiplos antimicrobianos); Red. (redução)

Autor (ano)	Intervenção	Medidas adicional	Tempo	Resultados
Havill et al. (2012)	HPV ou UV-C após L/D manual usando composto de amônio quaternário ou um lenço de lixívia a 10%	-	UV-C: 73 min HPV: 153 min	A red. log de <i>C. difficile</i> : UV- C: 2,2 log 10, Red. 51%; HPV:>6 log10, Red. de 93% A red. log de IBs: HPV: 4 log em 100% do IBs de todos os locais e 6 log em 99% dos locais UV-C: 4 log em 29% do IBs
Mahida et al. (2013)	UV-C após a limpeza manual; Doses: 12.000 µWs/cm ² 22.000 µWs /cm	-	12.000 µWs/cm ² Variou entre 30 e 40 min 22.000 µWs /cm Variou entre 60 e 90 min	Red. média de log na configuração 12.000 µWs/cm ² : MRSA e MRA: 4 log; red. de 99,99%; VRE: 3,5 log; red. de 99,97%; Red. média de log na configuração 22.000 µWs/cm ² : Red. média de log MRA, MRSA e VRE: ≥4; red. de 99,99% Local sombreado: ~ 1,7 (red. de 98,00%) a >4,0 (red. de 99,99%) para MRA Red. média 3,5 log para VRE Red. média 3 log para MRA
Hosein et al (2016)	PX-UV após L/D manual usando um desinfetante à base de cloro preparado com 1 L de água para produzir uma solução desinfetante de ácido hipocloroso com detergente	-	3 ciclos 5 min	Após PX-UV as contagens de UFC de KPC red. em 78,4% e uma red.de 91% em relação a linha de base (antes da L/D manual) Red. de UFC de 5 log para MDROs em placas enriquecidas

Tabela 6 - Informações dos estudos selecionados com desfecho de eficácia microbiológica (continuação)

Identificação	Intervenção	Medidas adicionais	Tempo	Resultados
Beal et al (2016)	PX-UV após L/D manual com detergente de uso geral e água morna	-	3 ciclos 5 min. Tempo médio: 25 min	Após L/D: red. de 76% de VRE Pós UV-C: red. adicional de 14% de VRE Red. total de 90% de VRE
Ali et al. (2016)	HPV (H ₂ O ₂ à 30%) após L/D manual usando soluções de 1000 ppm de desinfetante de ácido peracético	A unidade foi operada por um engenheiro treinado	135 min	Esporos de <i>C. difficile</i> : red. de 5,1 log MRSA e KPC: red. 6,3 log
Ali et al. (2017)	UV-C após a L/D manual com solução de ácido peracético de concentração de ~1000 ppm	-	Superfície Helios: 95 ± 35 min Ultra-V: 81 ± 34 min	Superfície Helios: diminuiu a contaminação em 8/14 (57%) locais Ultra-V: diminuiu a contaminação em 11/14 (79%) locais Ambos os sistemas demonstraram red. entre 4 e 5 log em MRSA e KPC em baixa sujidade Red. de 0,5–2,5 log em <i>C. difficile</i> com pouca sujidade
Chiguer et al (2019)	HPV após L/D manual padrão e Limpeza "aprimorada"; L/D padrão: desinfetante à base de cloreto de didecildimetilamônio	Limpeza terminal aprimorada é refeita um dia após a limpeza terminal padrão	240 min	Prevalência de não conformidades nas contagens de UFC: 75% após L/D padrão, 10% após limpeza aprimorada e 0% após HPV
Villacís et al. (2019)	PX-UV após L/D manual terminal usando um desinfetante de cloro a 2500 ppm (0,25%) por 20 min	-	Quarto e banheiro: 3 ciclos 5 min Sala de cirurgia: 2 ciclos, 10 min	Red. média nas superfícies ambientais de 75% nas contagens de UFC de KPC Red. na contagem de UFC de KPC nas salas de cirurgia 87% e quartos de pacientes 76%

Tabela 6 - Informações dos estudos selecionados com desfecho de eficácia microbiológica (conclusão)

Autor (ano)	Intervenção	Medidas adicional	Tempo	Resultados
Kitagawa et al. (2020)	PX-UV após L/D usando toalhetes descartáveis contendo cloreto de benzalcônio a 0,5%	-	2 ou 3 ciclos 5 min por ciclo Mediana tempo de uso 20 min	<p>UFC médias AB linha de base: $29,8 \pm 58,6$ UFC AB pré PX-UV: $14,4 \pm 38,7$ UFC AB pós PX-UV: $1,7 \pm 6,1$ UFC</p> <p>Linha de base MRSA: $5,7 \pm 2,1$ MRSA pré PX-UV: $1,1 \pm 3,9$ UFC MRSA pós PX-UV: $0,3 \pm 2,0$</p> <p>Nº de amostras positivas para AB após L/D padrão 58,8% e após PX-UV 28,4%</p> <p>Nº de amostras positiva para MRSA após L/D padrão 19,6% e após PX-UV 3,9%</p> <p>AB: a L/D red. 51,6% em comparação com a linha de base PX-UV red. 94,3 % em comparação com a linha de base e 88,2% em comparação com L/D</p> <p>MRSA: a L/D red. 80,7 % em comparação com a linha de base PX-UV red. 94,7 % em comparação com a linha de base e 72,1% em comparação com L/D</p>

Fonte: Elaboração própria

6 DISCUSSÃO

Nesta revisão, foram identificados 22 estudos que descreveram intervenções de desinfecção em superfícies ambientais usando dispositivos “no-touch” de vapor de H₂O₂ (HPV) ou à base de luz UV-C. Comparar a eficácia e o impacto desses dispositivos não é uma tarefa simples devido à heterogeneidade no desenho do estudo, nos métodos de uso e na medição durante a implementação da tecnologia. Os estudos sobre a eficácia germicida de dispositivos “no-touch”, normalmente, empregam duas abordagens diferentes, *in vitro* e *in situ*.

Em uma avaliação *in vitro*, quantidades conhecidas de bactérias são inoculadas em materiais carreadores ou em indicador biológico, sendo deliberadamente colocados em todo o quarto do paciente, demonstrando eliminação ou redução de patógenos inoculados. Sob ótica semelhante, na avaliação *in situ*, a contaminação real em um quarto anteriormente habitado por um paciente é avaliada por culturas ambientais antes e depois da aplicação de um dispositivo. Esses métodos de testes podem validar a capacidade de um sistema “no-touch” de erradicar patógenos nosocomiais, resultando na sua inativação, redução ou inibição do crescimento (DOLL; STEVENS; BEARMAN, 2018).

Alguns autores descreveram a *redução log* (ALI *et al.*, 2016; HAVILL; MOORE; BOYCE, 2012; MAHIDA; VAUGHAN; BOSWELL, 2013) e outros através da porcentagem de redução da contagem de UFC (BEAL *et al.*, 2016; CHIGUER *et al.*, 2019; HOSEIN *et al.*, 2016; KITAGAWA *et al.*, 2020; VILLACÍS *et al.*, 2019). Conforme mencionado na Seção 3, a carga biológica nas superfícies contaminadas nos ambientes hospitalares é relativamente baixa, portanto, segundo Doll *et al.* (2015) usar a *redução log* para medir a eficácia do dispositivo pode apontar resultados menores do que quando aloca experimentalmente indicadores biológicos já conhecidos, pois as concentrações iniciais são muito diferentes.

Os sistemas de HPV mostraram redução logarítmica significativa em *Clostridioides difficile*. Havill *et al.* (2012) encontrou redução de 6 *log* na concentração de *C. difficile* e 4 *log* dos indicadores biológicos (IB) de *Geobacillus stearothermophilus* em 100% dos locais amostrados, com ciclo médio de 153 minutos. Ali *et al.* (2016) também avaliaram dispositivos de HPV uma redução de 5,1 *log* de *C. difficile* e de 6,3 *log* de MRSA e *Klebsiella pneumoniae Carbapenemase*. Em ambos estudos, o dispositivo utilizado foi da fabricante Bioquell. Este atua com concentração de 30% de H₂O₂ e, conforme já mencionado.

O sistema de HPV também foi estudado por Chiguer *et al.* (2019). No entanto, além do dispositivo, os autores relatam a implementação de uma limpeza aprimorada, que consiste em refazer a limpeza manual padronizada no dia seguinte, e, só após a finalização desta primeira

intervenção que o sistema gerador H_2O_2 vaporizado é aplicado. A prevalência de não-conformidades nas unidades formadoras de colônias após limpeza e desinfecção foi de 75%, 10% após limpeza “melhorada” e 0% após o sistema de HPV, com tempo de ciclo de 4 horas.

Geralmente, os dispositivos de desinfecção emissores de luz ultravioleta empregam UV-C de mercúrio de baixa pressão contínua ou de xenônio pulsada. Tais equipamentos consistem em várias lâmpadas UV-C, geralmente dispostas em carrossel para fornecer transmissão de 360°, em carrinhos portáteis que podem ser transportados para salas e operados remotamente para evitar a exposição dos ocupantes (SAGE, 2020).

Parte dos estudos que avaliaram a eficácia dos dispositivos de xenônio pulsado mostraram pouca ou nenhuma eficácia microbiana relevante. Beal *et al.* (2016) apontaram uma redução total de 90% em VRE e concluíram que a eficácia do dispositivo contra patógenos era limitada. O *Staphylococcus aureus* resistente à meticilina (MRSA) foi testado no estudo de Kitagawa *et al.* (2020) e teve suas contagens médias reduzidas em 80,7% após a limpeza manual, em comparação com a linha de base, enquanto a adição de desinfecção PX-UV reduziu em mais 72,7%, totalizando 94,7% de redução de MRSA e 94,3% nas bactérias aeróbias. Sabendo que 1 *log* reduz os patógenos para 100 000 (90%); 2 *log* reduz para 10 000 (99%) e assim por diante. Considerando a Tabela 2, Beal *et al.* (2016) e Kitagawa *et al.* (2020), reduziram as bactérias colocadas experimentalmente em 1 *log* e ≥ 1 *log*, respectivamente.

O estudo de Hosein *et al.* (2016) resultou em uma redução 5 *log* em MDROs após implementação de PX-UV, já Villacís *et al.* (2019) apresentaram redução adicional de 87% e 76% em cepas de *Klebsiella pneumoniae* nas salas de cirurgia e nos quartos de pacientes, respectivamente.

Os dispositivos UV-C foram relatados para reduzir as bactérias colocadas experimentalmente em 2 a 5 *log*, com tempos de exposição entre 15 e 95 minutos de dependendo do portador ou superfície a ser inoculada e a disposição na sala. Em contrapartida, a maioria dos estudos de dispositivos PX-UV apresentaram redução de cerca de 1 *log* em patógenos.

Havill *et al.* (2012) documentou uma redução de apenas 2,2 *log* de *C. difficile* e 4 *log* de IB. Os autores salientaram que DOI:s terços das amostras ambientais que a UV-C não conseguiu descontaminar são de áreas fora da linha de visão do dispositivo. Neste estudo, os autores avaliaram as tecnologias de UV-C contínuo e o sistema HPV em grupos separados. Ambos os sistemas sem toque demonstraram uma redução de *log* aprimorada em comparação com a limpeza manual sozinha. No entanto, UV-C foi inferior ao HPV. Os pontos de amostras mais distantes ou fora do campo de visão do dispositivo UV-C tiveram a redução de *C. difficile*

diminuída, enquanto basicamente todas as amostras obtidas no experimento com dispositivo HPV, resultaram na mesma redução. Por fim, os autores concluíram que o sistema HPV foi mais eficaz do que o sistema UV-C na eliminação de bactérias aeróbias, porém, UV-C foi significativamente mais rápido, fácil de usar, porém, apresentou eficácia significativamente reduzida para locais fora da linha direta de visão.

Embora os dispositivos “no-touch” não eliminem os microrganismos por completo, eles promovem uma diminuição adicional da contaminação após a limpeza e desinfecção padrão. No entanto, para justificar os custos e o tempo da implementação, além de ser eficaz contra patógenos, os dispositivos devem apresentar um impacto nas taxas de incidência de infecções relacionadas à assistência à saúde.

DOI:s estudos clínicos antes e depois apontaram diminuição significativa na incidência de *C. difficile* após implementação do sistema UV de xenônio pulsado (PX-UV). Levin *et al.* (2013) e Sampathkumar *et al.* (2019) observaram 53% e 47% de queda nas taxas de infecção por *C. difficile* (CDI), respectivamente. Além disso, os autores também observaram queda significativa nas taxas de VRE, que não era o foco do estudo.

Schafzizin *et al.* (2020) também apresentou impacto em todas as IRAS. Com a ressalva de que uma equipe multidisciplinar de aprimoramento foi estabelecida em conjunto, gerando confusão na análise dos dados. Vianna *et al.* (2016) relataram redução de 45% e 40% nas taxas de infecção por *C. difficile* ambientes de UTI e não UTI, respectivamente. Na UTI, a incidência de a taxa de IRAS diminuiu 61%. Fora da UTI, essa redução foi de 29%. No entanto, os autores observaram um aumento na incidência de MRSA (52%) e VRE, porém, levou-se em conta que o foco da desinfecção desse setor não era esse patógeno.

Em contraste, Green *et al.* (2017) não encontraram diferenças significativas nas taxas de IRAS combinadas após a adição do dispositivo PX-UV à limpeza e desinfecção manual sendo a taxa de pré PX-UV de 9,15/ 1.000 pacientes-dia e pós PX-UV de 10,72/1.000 pacientes-dia.

Dos estudos encontrados durante a realização desse trabalho, o único que avaliou o uso de DOI:s PX-UV e UV-C contínuo em três hospitais, relatou que as taxas de *C. difficile* não diferem significativamente nos períodos de pré e pós tratamento com os dispositivos. No entanto, os autores apontaram que as taxas de pré-intervenção desse patógeno foram baixas e os dados de um hospital mostraram alta adesão à limpeza manual, esses fatores podem ter limitado os resultados de impacto clínico da pesquisa (MCMULLEN *et al.*, 2021).

A taxa de incidência para VRE foi a única que apresentou redução após a adesão do dispositivo de UV-C contínuo no estudo de Anderson *et al.* (2017). Embora, os autores

relataram que incidência de outros patógenos tenha sido muito pequena para analisar o impacto. Attia *et al.*(2020) não detectaram efeito nas taxas de CDI, pelo contrário, após implementar UV-C as taxas aumentaram.

No estudo de Raggi *et al.* (2018), as intervenções de desinfecção UV-C foram associadas a reduções estatisticamente significativas em todas as IRAS e produziram economias de custos diretas substanciais sem afetar adversamente as operações hospitalares. Já Napolitano *et al.* (2015) observaram reduções significativas nas taxas globais de incidência de IRAS (34,2%). Inclusive 5 microrganismos foram identificados e 3 apresentaram reduções significativas, sendo eles *Acinetobacter baumannii*, *C. difficile* e KPC, mas 2 não apontaram redução estatisticamente significativa (MRSA e VRE). Nagaraja *et al.* (2015). Também observaram resultados positivos para UV-C contínuo, com uma redução de 22% de redução na incidência *C. difficile*.

O impacto dos dispositivos de vapor de peróxido de hidrogênio foi analisado em DOI:s estudos. McCord *et al.* (2016) relataram redução de 60% nas taxas de aquisição de *C. difficile*. Em contraste, Passaretti *et al.*(2013), encontraram diminuição nas taxas de 80% VRE. O risco de adquirir outros microrganismos multirresistentes diminuiu, mas não significativamente. O risco de não adquirir nenhum patógeno multirresistente foi de 64%.

Com exceção de Chiguer *et al.* (2019), todos os estudos de HPV utilizaram o dispositivo Bioquell. Algumas limitações como a capacidade de penetrar e alcançar superfícies complexas da limpeza manual em ambientes hospitalares podem ser superadas pela adição de dispositivos geradores de vapor de peróxido de hidrogênio.

De acordo com a Tabela , entre os dispositivos estudados, o HPV mostrou produzir a melhor redução logarítmica, resultando na erradicação completa ou quase completa dos microrganismos multirresistentes colocados nas salas. Todos os estudos elegidos que avaliaram a eficácia do sistema HPV como intervenção mostraram que o sistema é altamente eficaz.

No estudo de Havill *et al.*(2012), mesmo após encontrar a erradicação completa de esporos inoculados, notou-se a presença de contaminação residual nas superfícies dos quartos de pacientes, levantando o questionamento em relação às superfícies inoculadas experimentalmente são cabíveis de comparação aos resultados em quartos de paciente no cenário real. O impacto nas taxas de incidência de MDROs não foi significantemente relevante no estudo de Passaretti *et al.*(2013). Mesmo com maior eficácia em comparação com outros métodos, em cenários “reais”, foram encontradas contaminações residuais por patógenos. Verifica-se, por tanto, um certo conflito e contradição.

Tais perspectivas levam a refletir se os resultados apresentados em estudos de eficácia condizem ou se aproximam com a realidade do cenário de “mundo real” e, se estudos que observam a efetividade, que não controlam fatores de confusão, podem responder de forma clara e fidedigna se o dispositivo afeta ou não as taxas de infecção.

Nos artigos analisados, os dispositivos UV de xenônio pulsado apresentaram eficácia microbiológica pouco significativa quando comparada com UV-C contínuo ou HPV. Para efeito de comparação, é possível notar que existe uma compensação entre tempo e eficácia dos dispositivos baseados em luz UV e geradores de vapor de peróxido de hidrogênio. De acordo com Dancer (2014), essas diferenças podem ser afetadas pelos tempos de exposição e intensidades/concentração de emissão dos métodos e necessitam de maiores esclarecimentos

Como mencionado na Seção 2.5.2, uma grande limitação dos dispositivos de luz UV-C se dá pela dificuldade atingir áreas sombreadas. É possível notar nos resultados dos estudos incluídos que a eficácia pode ser consideravelmente afetada quando a distância entre a superfície e o emissor de luz é aumentada, também é afetada se não estiver no campo de visão do dispositivo (HAVILL; MOORE; BOYCE, 2012; MAHIDA; VAUGHAN; BOSWELL, 2013).

A desinfecção ou limpeza terminal padrão são geralmente realizadas manualmente, envolve a aplicação de produtos químicos nas superfícies e têm sua conformidade altamente variável. O uso de dispositivos automatizados como complemento à limpeza manual pode resultar em uma melhora significativa na conformidade da desinfecção (BARBUT, 2015; GREEN *et al.*, 2017).

Foi possível observar que os padrões de limpeza variam a depender dos diferentes protocolos dos EAS e/ou normas governamentais dos locais onde as pesquisas acontecem. Geralmente, os protocolos se diferem em relação às soluções desinfetantes e detergentes utilizados. Pode-se dizer que este fator dificulta a interpretação dos estudos de eficácia dos dispositivos “no-touch”, visto que não há um padrão global de limpeza manual que antecede a desinfecção automatizada. Nem todos os estudos selecionados relataram como o procedimento da limpeza manual é realizado.

A adição da limpeza terminal “aprimorada” ao HPV mostrou um grande potencial na erradicação de não conformidades, ressaltando a importância de uma equipe de limpeza bem preparada. Também pode-se observar o potencial de melhores resultados quando a limpeza manual é associada ao dispositivo de desinfecção (CHIGUER *et al.*, 2019).

Os resultados encontrados sugerem que os dispositivos de desinfecção “no-touch”, em adição aos protocolos de limpeza padrão conseguem de reduzir a atividade microbiana em

superfícies (ALI *et al.*, 2016, 2017; BEAL *et al.*, 2016; HAVILL; MOORE; BOYCE, 2012; HOSEIN *et al.*, 2016; MAHIDA; VAUGHAN; BOSWELL, 2013; NAPOLITANO; MAHAPATRA; TANG, 2015). Toda via, mesmo as tecnologias de desinfecção mais avançadas estão propensas as limitações que interferem na sua efetividade, podendo assim, não proteger contra as IRAS.

Os dispositivos baseados em UV podem ser considerados em cenários de surto, com alta carga microbiana, onde a desinfecção exige tempos curtos devido à alta taxa de ocupação. Além disso, evidências apontaram que UV-C como adjunto mostrou vantagem em comparação com a limpeza manual do terminal.

As principais empresas relatadas nos estudos foram Xenex (11 estudos), Bioquell (4 estudos), e Lumalier Tru-d (3 estudos).

Um potencial conflito de interesses foi notado em 77,3% dos estudos. Existem muitas formas de patrocínio de fornecedores e indústria, incluindo o financiamento total ou parcial do estudo, doações ou empréstimo dos materiais, apoio técnico, apoio científico, envolvimento de funcionários em equipes de pesquisa, oferta de educação e treinamento gratuito, entre outros (DANCER; KING, 2021). Em muitos estudos, a estratégia utilizada pela indústria é “emprestar” o equipamento aos autores para realizarem pesquisas independentes

Cada um dos dispositivos estudados apresenta vantagens e desvantagens. Foi possível analisar que ambos são capazes de prover redução adicional quando combinados à limpeza manual e são livres de resíduos (ALI *et al.*, 2017; HAVILL; MOORE; BOYCE, 2012; MAHIDA; VAUGHAN; BOSWELL, 2013; NAGARAJA *et al.*, 2015; NAPOLITANO; MAHAPATRA; TANG, 2015; RAGGI *et al.*, 2018; SCHAFFZIN *et al.*, 2020). Exigem a remoção de humanos do ambiente e necessitam de equipe treinada para logística de uso, transporte e monitoramento, também exigem a limpeza física o ambiente antes do tratamento.

A implementação da desinfecção “no-touch” exige um investimento financeiro considerável Conforme mencionado na Seção 3, os dispositivos podem ser alugados ou adquiridos. UV-C e PX-UV são relatados por apresentarem custos aquisição elevados, porém os custos operação e manutenção são mínimos. Em contraste, o custo de aquisição de HPV é menor comparados aos baseados em UV, porém os custos de operação e manutenção são altos. Portanto, para justificar o alto investimento, os dispositivos “no-touch” devem apresentar resultados confiáveis de eficácia e impacto clínico. Observou-se que, apesar da tecnologia propor uma desinfecção autônoma, os dispositivos são dependentes da supervisão humana., não eliminando risco de erros cometidos pelos profissionais que os manuseiam. Por exemplo, pode haver falhas nas vedações de saída de ar, levando a falhas de segurança, também pode haver

falhas na limpeza manual, e no posicionamento dos dispositivos UV que não se deslocam pela sala sozinhos.

A análise dos estudos selecionados mostrou que os dispositivos de desinfecção “no-touch”, podem fornecer uma redução adicional da contaminação ambiental quando comparada a limpeza terminal. No entanto, os desenhos de estudo apresentam grande heterogeneidade na metodologia e nos resultados. Os estudos variam no local de intervenção, protocolos usados para desinfecção padrão, microrganismo, tempos, ciclos, etc. Essa falta de padronização torna quase impossível a análise e comparação dos impactos clínicos nas taxas de incidência de infecções e colonização por patógenos multirresistentes. Os resultados conflitantes são um reflexo disso. Ainda, diversos fatores de confusão podem interferir nas taxas de IRAS, por exemplo, a adesão à higiene das mãos, eficiência dos protocolos pré-estabelecidos de limpeza e desinfecção, vigilância ativa, tratamentos com antimicrobianos, entre outros.

Para efeito de comparação, não há evidências o suficiente para afirmar qual dispositivo é melhor e realizar recomendações contra ou a favor. A incidência de IRAS pode variar em diferentes ambientes hospitalares.

É importante também que seja levado em consideração na escolha do dispositivo o(s) tipo(s) de microrganismo(s) mais prevalente(s) no EAS.

A falta de regulamentação e testes padronizados para os dispositivos automatizados de desinfecção levam a variações de métodos que impacta diretamente na eficácia microbiológica medida e no impacto clínico, e como consequência, afeta a qualidade dos estudos. Essa demanda é de grande interesse da saúde pública, de pesquisadores e da indústria, pois, seria possível garantir a eficácia e possibilitaria análises comparativas desses dispositivos.

Sugere-se que ao cogitar acionar a desinfecção automatizada aos protocolos de limpeza terminal, considerar tanto a eficácia e relatos da literatura sobre o impacto clínico nas taxas de IRAS, quanto as questões práticas, incluindo facilidade de uso, tempo necessário para concluir um ciclo de descontaminação, segurança e custo. Também, analisar criticamente os benefícios e limitações de cada dispositivo conforme as necessidades da instituição.

Os resultados apontados neste estudo sugerem que as tecnologias de HPV são mais eficientes do que aquelas que emitem luz UV, mas têm tempos de ciclo e de configuração mais longos, visto que exige vedação das saídas de ar. No entanto, a eficácia destes dispositivos permanece incerta.

No entanto, são necessárias mais evidências para avaliar esses sistemas, incluindo a aplicação de avaliação de tecnologias em saúde, estudos com foco no custo benefício e do impacto financeiro acarretado pelo seu uso, para equilibrar eficácia, segurança e custos.

7 CONCLUSÃO

Diante do cenário atual, as infecções relacionadas à assistência à saúde podem ser consideradas um dos maiores problemas de saúde pública, e a busca por recursos tecnológicos para amenizar essa dor é crescente.

O desenvolvimento deste estudo possibilitou revisar o uso da desinfecção hospitalar utilizando sistemas de desinfecção automatizados “no-touch”, baseados em luz ultravioleta (UV) e vapor de peróxido de hidrogênio (HPV) como complemento aos protocolos pré-estabelecidos de limpeza e desinfecção terminal pelo EAS baseando-se na literatura publicada.

Para compreender as principais vantagens e desvantagens, a eficácia contra microrganismos multirresistentes e o impacto clínico da implementação desses dispositivos nas taxas de IRAS, definiu-se quatro objetivos específicos.

O primeiro buscou revisar e caracterizar os dispositivos de desinfecção automatizada “no-touch” que se destacam na atualidade. Em seguida, reunir as principais vantagens e desvantagens dessas tecnologias encontradas na literatura. Por fim, reunir e analisar estudos publicados que descrevem a eficácia de sua implementação nas taxas de IRAS.

Por meio de uma revisão nas bases de dados, buscou-se estudos avaliando a eficácia e o seu impacto nas taxas de IRAS com base nos critérios de inclusão e exclusão com auxílio do *software* Ryyan. Observou-se que os resultados obtidos foram favoráveis e apontaram a capacidade de redução da atividade microbiana em superfícies hospitalares dos dispositivos PX-UV e UV-C quando adicionados aos protocolos padrão de limpeza manual.

Verificaram-se algumas similaridades entre os dispositivos de desinfecção de HPV e dispositivos baseados em luz UV, por exemplo, nenhuma tecnologia pode substituir a limpeza manual, não pode remover poeira e manchas, portanto, deve ser classificado como um complemento à limpeza e desinfecção manual padronizada. Todos os pacientes e funcionários devem ser removidos da sala antes da desinfecção automatizada. Constatou-se que os dispositivos baseados na emissão de luz UV possuem menor poder redutor e, são menos eficientes em comparação ao HPV mas possuem tempos de ciclo e configurações mais rápidos.

Em relação ao impacto clínico nas taxas de IRAS, concluiu-se que não há evidências suficientes para fazer qualquer afirmação a respeito da efetividade dos dispositivos “no-touch” de desinfecção. Este resultado é reflexo da falta de padronização nos métodos de testes e avaliação.

O presente estudo possibilitou observar a urgente demanda por testes padronizados e regulamentação para os dispositivos “no-touch”. Essa carência leva a variação de métodos,

afetando diretamente na mensuração da eficácia microbiológica e nos resultados conflitantes de impacto clínico. Espera-se que órgãos regulamentadores atendam a essa demanda o mais rápido possível.

Por fim, para pesquisas futuras, questões acerca do impacto financeiro da implementação dos dispositivos "no-touch para IRAS em hospitais e sistemas de saúde e aplicações de avaliações de tecnologias em saúde para auxiliar na comparação de custo-benefício e efetividade dos diversos métodos existentes.

REFERÊNCIAS

- ACSQHC. AUSTRALIAN COMMISSION ON SAFETY AND QUALITY IN HEALTH CARE. **Environmental cleaning: emerging environmental cleaning technologies**. Sydney, 2021. Disponível em: <https://www.safetyandquality.gov.au/publications-and-resources/resource-library/environmental-cleaning-emerging-environmental-cleaning-technologies>. Acesso em: 2 Out. 2021.
- ALI, S. *et al.* Comparison of two whole-room ultraviolet irradiation systems for enhanced disinfection of contaminated hospital patient rooms. **Journal of Hospital Infection**, v. 97, n. 2, p. 180–184, 2017. DOI: 10.1016/j.jhin.2017.08.011
- ALI, S. *et al.* Efficacy of two hydrogen peroxide vapour aerial decontamination systems for enhanced disinfection of meticillin-resistant *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae* and *Clostridium difficile* in single isolation rooms. **Journal of Hospital Infection**, v. 93, n. 1, 70-77, 2016. DOI: 10.1016/j.jhin.2016.01.016
- ALVARENGA, M. O. P. *et al.* COVID-19 outbreak: Should dental and medical practices consider uv-c technology to enhance disinfection on surfaces? – A systematic review. **Journal of Photochemistry and Photobiology**, v. 9, p. 100096, 2022. DOI: 10.1016/j.jpap.2021.100096. Disponível em: [/pmc/articles/PMC8674638/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35444444/). Acesso em: 19 Jan. 2022.
- ALVES, M. *et al.* *Enterococcus* resistente a vancomicina (vre): perfil geral vancomicine resistant *enterococcus* (vre): general profile. **REVISTA JRG DE ESTUDOS ACADÊMICOS** v. IV, n. 8, p. 127–139, 2020 DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4613828>
- ANDERSON, D. J. *et al.* Enhanced terminal room disinfection and acquisition and infection caused by multidrug-resistant organisms and *Clostridium difficile* (the Benefits of Enhanced Terminal Room Disinfection study): a cluster-randomised, multicentre, crossover study. **The Lancet**, v. 389, n. 10071, p. 805–814, 2017. DOI: 10.1016/S0140-6736(16)31588-4
- ANTONIETA, M. *et al.* Informe especial Consenso latinoamericano para definir, categorizar y notificar patógenos multirresistentes, con resistencia extendida o panresistentes. **Revista Panamericana de Salud Pública**, p. 1–8, 2019. DOI: 10.26633/RPSP.2019. Disponível em: <https://doi.org/10.26633/RPSP.2019.65>. Acesso em: 26 Fev. 2022.
- ANVISA. AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Microbiologia Clínica para o Controle de Infecção Relacionada à Assistência à Saúde. Módulo 6: Detecção e identificação de bactérias de importância médica**. Brasília, DF: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/servicosdesaude/publicacoes/modulo-6-deteccao-e-identificacao-de-bacterias-de-importancia-medica>. Acesso em: 5 Maio 2021.
- ANVISA. AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Microbiologia Clínica para o Controle de Infecção Relacionada à Assistência à Saúde. Módulo 10: Detecção dos Principais Mecanismos de Resistência Bacteriana aos Antimicrobianos pelo Laboratório de Microbiologia Clínica**. Brasília, DF: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/servicosdesaude/publicacoes/modulo-10-deteccao-dos-principais-mecanismos-de-resistencia-bacteriana-aos-antimicrobianos-pelo-laboratorio-de-microbiologia-clinica>

br/centraisdeconteudo/publicacoes/servicosdesaude/publicacoes/modulo-10_manual-de-microbiologia.pdf. Acesso em: 2 Out. 2021.

ANVISA. AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Portaria N° 2.616**, de 12 de maio de 1998. Dispõe sobre considerações sobre controle de infecção hospitalar e ao comite de CIH. 1998. Disponível em: http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=482&mode=PRINT_VERSION 13/11/2009. Acesso em: 5 Ago. 2020.

ANVISA. AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA.. **Resolução da Diretoria Colegiada - RDC N° 48** de 02 de junho de 2000. Dispõe sobre: Fica aprovado o Roteiro de Inspeção do Programa de Controle de Infecção Hospitalar. **Diário Oficial da União.**, Brasília: Republica Federativa do Brasil, v. 1, p. 22–26, 2000. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_48_2000_COMP.pdf/287c9dc7-d77c-4774-ae5a-fb8af02ea0ce. Acesso em: 5 Ago. 2020.

ANVISA. AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Segurança do Paciente em Serviços de Saúde: Limpeza e Desinfecção de Superfícies. **Ministério da Saúde**, Brasília, DF, n. 1, p. 120, 2012. Disponível em: <https://www20.anvisa.gov.br/segurancadopaciente/index.php/publicacoes/item/seguranca-do-paciente-em-servicos-de-saude-limpeza-e-desinfeccao-de-superficies>. Acesso em: 12 Mar. 2020.

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Gram-positivos**, 2008. Disponível em: https://www.anvisa.gov.br/servicosade/controlere/rede_rm/cursos/boas_praticas/modulo4/intr_sta.htm. Acesso em: 5 Set. 2021.

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução da Diretoria Colegiada – RDC N° 50**, 21 de fevereiro de 2002. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde. Brasília, DF, 2002. Disponível em: https://bvsm.sau.gov.br/bvs/sau/legis/anvisa/2002/rdc0050_21_02_2002.html. Acesso em: 15 Mar. 2020.

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução da Diretoria Colegiada – RDC N° 7**, de 24 de fevereiro de 2010. Diário Oficial da União, Brasília, DF, p. 11, 2010. Disponível em: https://bvsm.sau.gov.br/bvs/sau/legis/anvisa/2010/res0007_24_02_2010.html. Acesso em: 15 Mar. 2020.

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Segurança no Ambiente Hospitalar**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Anvisa, Brasília, DF, 2003. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/resultado-de-busca?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_assetEntryId=271162&_101_type=document. Acesso em: 12 Mar. 2020.

ARAÚJO, A. B. N. As doenças infecciosas e a História dos Antibióticos, 2013. Universidade Fernando Pessoa, Faculdade de Ciências da Saúde, Porto, p. 70, 2013. Disponível em: [ARTASENSI, A.; MAZZOTTA, S.; FUMAGALLI, L. Back to Basics: Choosing the Appropriate Surface Disinfectant. **Antibiotics \(Basel, Switzerland\)**, v. 10, n. 6, p. 613, 2021. DOI <https://doi.org/10.3390/antibiotics10060613>](https://bdigital.ufp.pt/handle/10284/5524#:~:text=Reposit%C3%B3rio%20Institucional%20da%20Universidade%20Fernando,e%20a%20hist%C3%B3ria%20dos%20antibi%C3%B3ticos&text=Resumo%3A,%C3%A0s%20manifesta%C3%A7%C3%B5es%20e%20ao%20tratamento. Acesso em: 12 Mar. 2020</p></div><div data-bbox=)

ATTIA, F. *et al.* The effect of pulsed xenon ultraviolet light disinfection on healthcare-associated Clostridioides difficile rates in a tertiary care hospital. **American Journal of Infection Control**, v. 48, n. 9, p. 1116–1118, 2020. DOI: 10.1016/j.ajic.2019.12.019

BARBUT, F. How to eradicate Clostridium difficile from the environment. **Journal of Hospital Infection**, v. 89, n. 4, p. 287–295, 2015. DOI: 10.1016/j.jhin.2014.12.007

BARBUT, F.; YEZLI, S.; OTTER, J. A. Activity in vitro of hydrogen peroxide vapour against Clostridium difficile spores. **Journal of Hospital Infection**, v. 80, n. 1, p. 85–87, 2012. DOI: 10.1016/j.jhin.2011.10.005

BARCELOS, L. **Avaliação de superfícies hospitalares após implementação de um programa de padronização de procedimentos de limpeza e desinfecção**. 101 f. 2016, Tese de doutorado, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Gandre, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufms.br/handle/123456789/2999>. Acesso em: 14 Set. 2020.

BC- HTAO. BRITISH COLUMBIA HEALTH TECHNOLOGY ASSESSMENT OFFICE. Non-Manual Disinfection Technologies For Prevention Of Hospital Associated Infections A review of effectiveness and cost-effectiveness. **Centre for Clinical Epidemiology and Evaluation | Vancouver Coastal Health Research Institute**, Vancouver, p. 1–79, 2019. Disponível em: <https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/health/about-bc-s-health-care-system/health-care-partners/health-authorities/bc-health-technology-assessments/nmd-hta.pdf>. Acesso em: 2 Set. 2021.

BEAL, A. *et al.* First UK trial of Xenex PX-UV, an automated ultraviolet room decontamination device in a clinical haematology and bone marrow transplantation unit. **Journal of Hospital Infection**, v. 93, n. 2, p. 164–168, 2016. DOI:10.1016/j.jhin.2016.03.016

BESWICK, A. J. *et al.* Automated room decontamination: report of a Healthcare Infection Society Working Party. **Journal of Hospital Infection**, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2022.01.006>

BHARDWAJ, S. K. *et al.* UVC-based photoinactivation as an efficient tool to control the transmission of coronaviruses. **The Science of the Total Environment**, v. 792, p. 148548, 2021 DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.148548. Disponível em: [/pmc/articles/PMC8238411/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34823841/). Acesso em: 18 Jan. 2022.

BIOQUELL UK LTD. **BIOQUELL BQ-50**. HC001-MKT-189 Rev 4, 2018. Disponível em: <https://www.bioquell.com/healthcare/systems-and-services/bioquell-bq-50/?lang=en-uk>. Acesso em: 16 Fev. 2022.

BLAZEJEWSKI, C. *et al.* New Methods to Clean ICU Rooms. **Infectious Disorders - Drug Targets**, v. 11, n. 4, p. 365–375, 2011. DOI: 10.2174/187152611796504818

BOYCE, J. M. *et al.* Impact of Hydrogen Peroxide Vapor Room Decontamination on *Clostridium difficile* Environmental Contamination and Transmission in a Healthcare Setting. **Infection Control & Hospital Epidemiology**, v. 29, n. 8, p. 723–729, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1086/589906>

BOYCE, J. M. *et al.* Impact of Room Location on UV-C Irradiance and UV-C Dosage and Antimicrobial Effect Delivered by a Mobile UV-C Light Device. **Infection Control and Hospital Epidemiology**, v. 37, n. 6, p. 667–672, 2016. DOI: 10.1017/ice.2016.35.

BOYCE, J. M.; DONSKEY, C. J. Understanding ultraviolet light surface decontamination in hospital rooms: A primer. **Infection Control & Hospital Epidemiology**, v. 40, n. 9, p. 1030–1035, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1017/ice.2019.161>

BRAGA, I. A. *et al.* Multi-hospital point prevalence study of healthcare-associated infections in 28 adult intensive care units in Brazil. **Journal of Hospital Infection**, v. 99, n. 3, p. 318–324, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2018.03.003>

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Guia de Vigilância Epidemiológica**. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. Disponível em: www.saude.gov.br/svs. Acesso em: 30 Set. 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria de consolidação Nº 2**, de 28 de setembro de 2017. Dispõe sobre consolidação das normas sobre as políticas nacionais de saúde do Sistema Único de Saúde. Gabinete do Ministro, Brasília, 2017. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0002_03_10_2017.html. Acesso em: 7 Dez. 2021.

BRÊDA MASCARENHAS, L. A. *et al.* Potential application of novel technology developed for instant decontamination of personal protective equipment before the doffing step. **PLoS ONE**, v. 16, n. 6 June, p. e0250854, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250854>

BROWNE, K. Brought to Light: How Ultraviolet Disinfection Can Prevent the Nosocomial Transmission of COVID-19 and Other Infectious Diseases. **Applied Microbiology**, v. 1, n. 3, p. 537 - 556, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/applmicrobiol1030035>

BUONANNO, M. *et al.* Germicidal Efficacy and Mammalian Skin Safety of 222-nm UV Light. **Radiation research**, v. 187, n. 4, p. 483–491, 2017. DOI: 10.1667/RR0010CC.1

BVS. BIBLIOTECA VIRTUAL EM SAÚDE. **Tesouro MS**. [s. d.]. Disponível em: <http://bvsmms2.saude.gov.br/cgi-bin/multites/mtwdk.exe?k=default&l=60&w=6019&n=1&s=5&t=2>. Acesso em: 7 Mar. 2022.

CASINI, B. *et al.* Evaluation of an ultraviolet C (UVC) light-emitting device for disinfection of high touch surfaces in hospital critical areas. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 19, 2019. DOI: 10.3390/ijerph16193572.

CDC. CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. **MRSA in Healthcare Settings | HAI | CDC**. 2016. Disponível em: <https://www.cdc.gov/hai/organisms/mrsa-infection.html>. Acesso em: 5 Jan. 2022.

CDC. CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. **COVID-19 Decontamination and Reuse of Filtering Facepiece Respirators | CDC**. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/ppe-strategy/decontamination-reuse-respirators.html>. Acesso em: 10 Mar. 2022.

CHEMALY, R. F. *et al.* The role of the healthcare environment in the spread of multidrug-resistant organisms: update on current best practices for containment. **Therapeutic Advances in Infectious Disease**, v. 2, n. 3–4, p. 79–90, 2014. DOI: 10.1177/2049936114543287. Disponível em: <http://tai.sagepub.com>. Acesso em: 2 Out. 2021.

CHIAPPA, F. *et al.* The efficacy of ultraviolet light-emitting technology against coronaviruses: a systematic review. **Journal of Hospital Infection**, v. 114, p. 63–78, 2021. DOI: 10.1016/j.jhin.2021.05.005

CHIGUER, M. *et al.* Assessment of surface cleaning and disinfection in neonatal intensive care unit. **Heliyon**, v. 5, n. 12, p. e02966, 2019. DOI: 10.1016/j.heliyon.2019.e02966

CIE. Commission Internationale de l'Eclairage. **Technical report: Ultraviolet air disinfection CIE 155:2003**. Vienna: 2003. Disponível em: <http://www.cie.co.at/>. Acesso em: 3 Abr. 2021.

CONSELHO FEDERAL DE MEDICINA. **Resolução Nº 2.271**, de 14 de fevereiro de 2020. Define as unidades de terapia intensiva e unidades de cuidado intermediário conforme sua complexidade e nível de cuidado, determinando a responsabilidade técnica médica, as responsabilidades éticas, habilitações e atribuições da equipe médica necessária para seu adequado funcionamento. Diário Oficial da União, Brasil, Entidades de Fiscalização do Exercício das Profissões Liberais, p. 90, 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-2.271-de-14-de-fevereiro-de-2020-253606068#:~:text=As UTI%2FUCI>. Acesso em: 14 Mar. 2021.

CZEPIEL, J. *et al.* Clostridium difficile infection: review. **European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases**, v. 38, n. 7, p. 1211–1221, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10096-019-03539-6>

DANCER, S. J. Controlling Hospital-Acquired Infection: Focus on the Role of the Environment and New Technologies for Decontamination. **Clinical Microbiology Reviews**, v. 27, n. 4, p. 665–690, 2014. DOI: 10.1128/CMR.00020-14

DANCER, S. J.; KING, M. F. Systematic review on use, cost and clinical efficacy of automated decontamination devices. **Antimicrobial Resistance & Infection Control**, v. 10, n. 1, p. 34, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13756-021-00894-y>

DOAN, L. *et al.* Clinical and cost effectiveness of eight disinfection methods for terminal disinfection of hospital isolation rooms contaminated with *Clostridium difficile* 027. **Journal of Hospital Infection**, v. 82, n. 2, p. 114–121, 2012. DOI: 10.1016/j.jhin.2012.06.014

DOLL, M. *et al.* Touchless Technologies for Decontamination in the Hospital: a Review of Hydrogen Peroxide and UV Devices. **Current Infectious Disease Reports**. v. 17, n. 9, p. 44, 2015. DOI: 10.1007/s11908-015-0498-1

DOLL, M.; STEVENS, M. P.; BEARMAN, G. New Technologies for Infection Prevention. *In*: Bearman G., Munoz-Price S., Morgan D., Murthy R. (eds). **Infection Prevention**. Cham: Springer International Publishing, 2018. p. 55–66. *E-book*. DOI: 10.1007/978-3-319-60980-5_7

DONSKEY, C. J. Decontamination devices in health care facilities: Practical issues and emerging applications. **American Journal of Infection Control**, v. 47, p. A23–A28, 2019. DOI: 10.1016/j.ajic.2019.03.005

EBSERH. HOSPITAIS UNIVERSITÁRIOS FEDERAIS. **Procedimento Operacional Padrão. Higienização Hospitalar**. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/ebserh/pt-br/hospitais-universitarios/regiao-nordeste/huab-ufrn/documentos-institucionais/arquivos-documentos-institucionais-geral/pop-ccih-009-higienizacao-hospitalar-padrao-ebserh.pdf>. Acesso em: 4 Abr. 2020.

ECRI INSTITUTE'S. Disinfection Robots: A front-line assault on hospital-acquired infections?. 2015. Disponível em: [https://www.ecri.org/Resources/In_the_News/Disinfection_Robots_A_Front-line_Assault_on_Hospital-Acquired_Infections\(TechNation\).pdf](https://www.ecri.org/Resources/In_the_News/Disinfection_Robots_A_Front-line_Assault_on_Hospital-Acquired_Infections(TechNation).pdf). Acesso em: 23 Fev. 2022.

ELGUJJA, A.; ALTALHI, H.; EZREQAT, S. Review of the efficacy of ultraviolet C for surface decontamination. **Journal of Nature and Science of Medicine**, v. 3, n. 1, p. 8, 2020. DOI: https://doi.org/10.4103/JNSM.JNSM_21_19

FERNANDO, L. *et al.* **Módulo 4 - Prevenção de Infecções em Unidade de Terapia Intensiva**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Anvisa, Brasília, v. 1, 2004. Disponível em: [https://www.anvisa.gov.br/servicosaude/manuais/iras/M%F3dulo 4 - Preven%EB%F5es em Unidade de Terapia Intensiva.pdf](https://www.anvisa.gov.br/servicosaude/manuais/iras/M%F3dulo%204%20Preven%E7%EB3o%20de%20Infec%EB%F5es%20em%20Unidade%20de%20Terapia%20Intensiva.pdf). Acesso em: 1 Mar. 2021.

FERRARINI, C. D. T. Conceitos E Definições Em Saúde. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 30, n. 3, p. 314–338, 1977. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-716719770003000011>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-71671977000300314&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 7 Set. 2020.

FINN, E.; ANDERSSON, F. L.; MADIN-WARBURTON, M. Burden of *Clostridioides difficile* infection (CDI)-a systematic review of the epidemiology of primary and recurrent CDI. **BMC Infectious Diseases**, v. 21, n. 1, p. 456, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12879-021-06147-y>

FRANÇA, F. L. **Dispositivo fotônico orgânico para monitoramento de UVC**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais), Universidade Federal de Ouro Preto, 2011. Disponível em: https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/3035/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_%20DispositivoFot%C3%B4nicoOrg%C3%A2nico.PDF. Acesso em: 16 Jan. 2022.

GARRONE, L. Selecting and Using No-Touch Room Disinfection: How Ultraviolet and Hydrogen Peroxide Vapor Technologies Are Changing Hospital Housekeeping. **Infection Control Today**, [s. d.], p. 12. Disponível em: https://www.mrsa-uv.com/uploads/8/9/7/2/8972491/selecting_and_using_no-touch_room_disinfection.pdf. Acesso em: 2 Out. 2021.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Melhores práticas para higiene e limpeza em ambiente hospitalar**. Secretaria da Saúde. São Paulo, 2019. Disponível em: https://www.saude.sp.gov.br/resources/cve-centro-de-vigilancia-epidemiologica/areas-de-vigilancia/infeccao-hospitalar/2019/ih19_manual_higiene.pdf. Acesso em: 14 Mar. 2020.

GREEN, C. *et al.* Pulsed-xenon ultraviolet light disinfection in a burn unit: Impact on environmental bioburden, multidrug-resistant organism acquisition and healthcare associated infections. **Burns**, v. 43, n. 2, p. 388–396, 2017. DOI: 10.1016/j.burns.2016.08.027

GUETTARI, M.; GHARBI, I.; HAMZA, S. UVC disinfection robot. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, n. 30, p. 40394 - 40399, 2020. DOI: 10.1007/s11356-020-11184-2

HAVILL, N. L.; MOORE, B. A.; BOYCE, J. M. Comparison of the Microbiological Efficacy of Hydrogen Peroxide Vapor and Ultraviolet Light Processes for Room Decontamination. **Infection Control & Hospital Epidemiology**, v. 33, n. 5, p. 507–512, 2012. DOI: 10.1086/665326

HEALTH QUALITY ONTARIO. Portable Ultraviolet Light Surface-Disinfecting Devices for Prevention of Hospital-Acquired Infections: A Health Technology Assessment. **Ontario health technology assessment series**, v. 18, n. 1, p. 1–73, 2018. Disponível em: <http://www.hqontario.ca/evidence-to-improve-care/journal-ontario-health-technology-assessment-series>. Acesso em: 5 Out. 2021.

HEDIN, N. **Room Disinfection: which technology should I choose?**. 2021. Disponível em: <https://terragence.com/pt/room-disinfection-which-technology-should-i-choose/>. Acesso em: 29 Nov. 2021.

HESSLING, M. *et al.* Ultraviolet irradiation doses for coronavirus inactivation - review and analysis of coronavirus photoinactivation studies. **GMS hygiene and infection control**, v. 15, p. Doc08, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3205/dgkh000343>.

HOSEIN, I. *et al.* Evaluation of a pulsed xenon ultraviolet light device for isolation room disinfection in a United Kingdom hospital. **American Journal of Infection Control**, v. 44, n. 9, p. e157–e161, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2016.01.044>

IES. ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY. **IES CR-2-20-V1 Germicidal Ultraviolet (GUV) – Frequently Asked Questions**. IES Photobiology Committee, 2020. Disponível em: www.ies.org. Acesso em: 17 Ago. 2021.

IWT TECNIPLAST COMPANY. Hydrogen Peroxide Decontamination: Vapour and Aerosol Comparison. [s. l.], 2021. Disponível em: https://www.tecniplast.it/usermedia/iwt/2016/brochures/WHITE_PAPER_DECON.pdf. Acesso em: 7 Out. 2021.

JUREKA, A. S. *et al.* Pulsed Broad-Spectrum UV Light Effectively Inactivates SARS-CoV-2 on Multiple Surfaces and N95 Material. [s. l.], 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/v13030460>. Acesso em: 10 Mar. 2022.

KALIL, E.; COSTA, A. J. Desinfecção e esterilização. **ACTA ORTOP BRAS**, [s. l.], v. 2, n. 4, p. 1–4, 1994. Disponível em: https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/32233258/Esterilizacao.pdf?response-content-disposition=inline%3Bfilename%3DACTA_ORTOP_BRAS_2_4_OUT_DEZ_Desinfeccao.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20200312%2Fu. Acesso em: 15 Mar. 2021.

KCIUK, M. *et al.* Focus on UV-Induced DNA Damage and Repair—Disease Relevance and Protective Strategies. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 19, p. 7264, 2020. DOI: 10.3390/ijms21197264

KITAGAWA, H. *et al.* Effect of pulsed xenon ultraviolet disinfection on methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* contamination of high-touch surfaces in a Japanese hospital. **American Journal of Infection Control**, v. 48, n. 2, p. 139–142, 2020. DOI: 10.1016/j.ajic.2019.08.033

LEITE, G. S.; ALBUQUERQUE, A. B.; PINHEIRO, P. R. Applications of Technological Solutions in Primary Ways of Preventing Transmission of Respiratory Infectious Diseases—A Systematic Literature Review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 20, p. 10765, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph182010765>

LEVIN, J. *et al.* The effect of portable pulsed xenon ultraviolet light after terminal cleaning on hospital-associated *Clostridium difficile* infection in a community hospital. **American journal of infection control**, v. 41, n. 8, p. 746–748, 2013. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.ajic.2013.02.010>

LEVY, C. E. **Manual de Microbiologia Clínica para o Controle de Infecção em Serviços de Saúde**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, p. 01–381, 2004. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_microbiologia_completo.pdf. Acesso em: 10 Maio 2020.

LINDBLAD, M. *et al.* Ultraviolet-C decontamination of a hospital room: Amount of UV light needed. **Burns**, v. 46, n. 4, p. 842–849, 2020. DOI: 10.1016/j.burns.2019.10.004

LOWBURY, E. J. L. *et al.* **Control of Hospital Infection**. Seconded. Boston, MA: Springer US, 1981. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-6884-5>

MAHIDA, N.; VAUGHAN, N.; BOSWELL, T. First UK evaluation of an automated ultraviolet-C room decontamination device (Tru-D™). **Journal of Hospital Infection**, v. 84, n. 4, p. 332–335, 2013. DOI: 10.1016/j.jhin.2013.05.005

MARRA, A. R.; SCHWEIZER, M. L.; EDMOND, M. B. No-Touch Disinfection Methods to Decrease Multidrug-Resistant Organism Infections: A Systematic Review and Meta-analysis. **Infection Control & Hospital Epidemiology**, v. 39, n. 1, p. 20–31, 2018. DOI: 10.1017/ice.2017.226

MASSE, V. *et al.* Comparing and optimizing ultraviolet germicidal irradiation systems use for patient room terminal disinfection: An exploratory study using radiometry and commercial test cards. **Antimicrobial Resistance and Infection Control**, v. 7, n. 1, p. 29, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13756-018-0317-1>

MCCORD, J. *et al.* Reduction in *Clostridium difficile* infection associated with the introduction of hydrogen peroxide vapour automated room disinfection. **Journal of Hospital Infection**, v. 94, n. 2, p. 185–187, 2016. DOI: 10.1016/j.jhin.2016.05.014

MCMULLEN, K. *et al.* Impact of no-touch ultraviolet light room disinfection systems on *Clostridioides difficile* infections. **American Journal of Infection Control**, v. 49, n. 5, p. 646–648, 2021. DOI: 10.1016/j.ajic.2020.08.030

MESZAROS, J. E. *et al.* Area Fumigation with Hydrogen Peroxide Vapor. **Applied Biosafety**, v. 10, n. 2, p. 91–100, 2005. DOI: 10.1177/153567600501000206

MICROCHEM LABORATORY. **Log and Percent Reductions in Microbiology and Antimicrobial Testing - Microchem Laboratory.**, 2022. Disponível em: <https://microchemlab.com/information/log-and-percent-reductions-microbiology-and-antimicrobial-testing/>. Acesso em: 9 Fev. 2022.

MILLER, R. *et al.* Utilization and impact of a pulsed-xenon ultraviolet room disinfection system and multidisciplinary care team on *Clostridium difficile* in a long-term acute care facility. **American Journal of Infection Control**, v. 43, n. 12, p. 1350–1353, 2015. DOI: 10.1016/j.ajic.2015.07.029

MOHER, D. *et al.* Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. **Systematic Reviews**, v. 4, n. 1, p. 1, 2015. DOI: 10.1186/2046-4053-4-1

MONTALI, V. A. M. *et al.* Biosafety devices to control the spread of potentially contaminated dispersion particles. New associated strategies for health environments. **PLoS ONE**, v. 16, n. 8, p. e0255533, 2021. DOI: 10.1371/journal.pone.0255533

MURDOCH, L. E. *et al.* Evaluating different concentrations of hydrogen peroxide in an automated room disinfection system. **Letters in Applied Microbiology**, v. 63, n. 3, p. 178–182, 2016. DOI: 10.1371/journal.pone.0255533

NAGARAJA, A. *et al.* *Clostridium difficile* infections before and during use of ultraviolet disinfection. **American Journal of Infection Control**, v. 43, n. 9, p. 940–945, 2015. DOI: 10.1016/j.ajic.2015.05.003

NAPOLITANO, N. A.; MAHAPATRA, T.; TANG, W. The effectiveness of UV-C radiation for facility-wide environmental disinfection to reduce health care-acquired infections. **American journal of infection control**, v. 43, n. 12, p. 1342–1346, 2015. DOI: 10.1016/j.ajic.2015.07.006

NEGRI, A. de. **O papel do hospital na Rede de Atenção à Saúde**. 2014. Disponível em: <https://www.conass.org.br/consensus/armando-de-negri-o-papel-hospital-na-rede-de-atencao-saude/>. Acesso em: 5 Ago. 2021.

NERANDZIC, M. M. *et al.* Evaluation of a pulsed xenon ultraviolet disinfection system for reduction of healthcare-associated pathogens in hospital rooms. **Infection Control and Hospital Epidemiology**, v. 36, n. 2, p. 192–197, 2015. DOI: 10.1017/ice.2014.36

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. DOI: 10.1371/journal.pone.0107444

NÚCLEO DE TELESSAÚDE RIO GRANDE DO SUL. **Quais as diretrizes básicas de esterilização e desinfecção de artigos clínicos e médico-hospitalares?**. 2008. Disponível em: <https://aps.bvs.br/aps/quais-as-diretrizes-basicas-de-esterilizacao-e-desinfeccao-de-artigos-clinicos-e-medico-hospitalares/>. Acesso em: 7 Set. 2021.

OKAGAWA, M. **Extensão do conhecimento de enfermeiros sobre bactérias multirresistentes**. 2018. Dissertação de mestrado. Universidade Federal Do Paraná 2018. Curitiba, 2018.

OTTER, J. A. *et al.* A guide to no-touch automated room disinfection (NTD) systems. In: Walker, J.T (eds). **Decontamination In Hospitals And Healthcare**. Woodhead Publishing, 2014. p. 413–460. *E-book*. ISBN 9780857096579, DOI:10.1533/9780857096692.2.413. DOI: <https://doi.org/10.1533/9780857096692.2.413>

OTTER, J. A. *et al.* An overview of automated room disinfection systems: When to use them and how to choose them. Walker, J.T (eds). In: Woodhead Publishing Series in Biomaterials, Decontamination in Hospitals and Healthcare (Second Edition) **Decontamination In Hospitals And Healthcare**. Woodhead Publishing, 2020. p. 323–369. *E-book*. ISBN 9780081025659, DOI: 10.1016/B978-0-08-102565-9.00015-7

OTTER, J. A. *et al.* The role of “no-touch” automated room disinfection systems in infection prevention and control. **The Journal of hospital infection**, v. 83, n. 1, p. 1–13, 2013. DOI: 10.1016/j.jhin.2012.10.002

OUZZANI, M. *et al.* Rayyan—a web and mobile app for systematic reviews. **Systematic Reviews**, v. 5, n. 1, p. 210, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13643-016-0384-4>. Disponível em: <http://systematicreviewsjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13643-016-0384-4>. Acesso em: 07 Dez. 2021.

PASSARETTI, C. L. *et al.* An Evaluation of Environmental Decontamination With Hydrogen Peroxide Vapor for Reducing the Risk of Patient Acquisition of Multidrug-Resistant

Organisms. **Clinical Infectious Diseases**, v. 56, n. 1, p. 27–35, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1093/cid/cis839>

PIDAC. PROVINCIAL INFECTIOUS DISEASES ADVISORY COMMITTEE. Best Practices for Environmental Cleaning for Prevention and Control of Infections in All Health Care Settings. **Ontario Agency for Health Protection and Promotion**, Toronto, n. May, p. 250, 2018. Disponível em: http://www.publichealthontario.ca/en/eRepository/Best_Practices_Environmental_Cleaning_2012.pdf. Acesso em: 7 Out. 2021.

POSTER, D. L. *et al.* Ultraviolet Radiation Technologies and Healthcare Associated Infections: Standards and Metrology Needs. **Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology**, v. 126, p. 126014, 2021. DOI: <https://doi.org/10.6028/jres.126.014>

RAGGI, R. *et al.* Clinical, operational, and financial impact of an ultraviolet-C terminal disinfection intervention at a community hospital. **American Journal of Infection Control**, v. 46, n. 11, p. 1224–1229, 2018. DOI: 10.1016/j.ajic.2018.05.012

ROCK, C.; SMALL, B. A.; THOM, K. A. Innovative Methods of Hospital Disinfection in Prevention of Healthcare-Associated Infections. **Current Treatment Options in Infectious Diseases**, v. 10, n. 1, p. 65–77, 2018. DOI: 10.1007/s40506-018-0153-0

RUTALA, W. A.; WEBER, D. J. Are Room Decontamination Units Needed to Prevent Transmission of Environmental Pathogens?. **Infection Control & Hospital Epidemiology**, v. 32, n. 8, p. 743–747, 2011. DOI: 10.1086/661226

RUTALA, W. A.; WEBER, D. J. Disinfectants used for environmental disinfection and new room decontamination technology. **American Journal of Infection Control**, v. 41, n. 5 SUPPL., 2013. DOI: 10.1016/j.ajic.2012.11.006

SAGE. SCIENTIFIC ADVISORY GROUP FOR EMERGENCIES. **Application of UV disinfection, visible light, local air filtration and fumigation technologies to microbial control**. Sage, May, n. 37, p. 27, 2020. Disponível em: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/904656/S0440_EMG_-_Application_of_UV_disinfection__visible_light__local_air_filtration_and_fumigation.pdf. Acesso em: 13 Nov. 2021.

SAMPATHKUMAR, P. *et al.* A trial of pulsed xenon ultraviolet disinfection to reduce *Clostridioides difficile* infection. **American Journal of Infection Control**, v. 47, n. 4, p. 406–408, 2019. DOI: 10.1016/j.ajic.2018.09.018

SANTOS, T. dos; 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: 10.1016/j.pdpdt.2020.102161

SARTELLI, M. *et al.* 2019 update of the WSES guidelines for management of *Clostridioides (Clostridium) difficile* infection in surgical patients. **World Journal of Emergency Surgery**, v. 14, n. 1, p. 8, 2019. DOI: 10.1186/s13017-019-0228-3

SCARANO, A.; INCHINGOLO, F.; LORUSSO, F. Environmental Disinfection of a Dental Clinic during the Covid-19 Pandemic: A Narrative Insight. **BioMed Research International**, v. 2020, p. 1–15, 2020. DOI: 10.1155/2020/8896812

SCHAFFZIN, J. K. *et al.* Maximizing efficiency in a high occupancy setting to utilize ultraviolet disinfection for isolation rooms. **American Journal of Infection Control**, v. 48, n. 8, p. 903–909, 2020. DOI: 10.1016/j.ajic.2020.05.004

SCHOYER, E.; HALL, K. Environmental Cleaning and Decontamination to Prevent *Clostridioides difficile* Infection in Health Care Settings: A Systematic Review. **Journal of patient safety**. v. 16, n. 3S Suppl 1, 2020. DOI: 10.1097/PTS.0000000000000749

SCOTT, D; HANSRAJ, F. **Literature Review and Practice Recommendations: Existing and emerging technologies used for decontamination of the healthcare environmental Ultraviolet Light**. Health Protection Scotland. n 1.1, 2019. Disponível em: <https://www.nss.nhs.scot/media/2212/uv-light-lr-v11.pdf>. Acesso em: 12 Mai. 2021.

SHIRBANDI, K. *et al.* Inactivation of Coronavirus with Ultraviolet Irradiation: What? How? Why?. **SSRN Electronic Journal**, 2020. DOI: 10.2139/ssrn.3571418.

SIERRA MARÍN, S. D. *et al.* Expectations and Perceptions of Healthcare Professionals for Robot Deployment in Hospital Environments During the COVID-19 Pandemic. **Frontiers in Robotics and AI | www.frontiersin.org**, v. 8, p. 612746, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/frobt.2021.612746>

SILVA, R.; KOZUSNY-ANDREANI, D. I. Infecções relacionadas à assistência à saúde: conhecimento, atitude e prática da equipe de enfermagem. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, p. e3819108818, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i10.8818

SOUZA, M. A. de *et al.* Enterococo Resistente À Vancomicina Em Um Hospital Universitário No Centro-Oeste Do Brasil. **Revista de Patologia Tropical**, v. 41, n. 2, 2012. DOI: 10.5216/rpt.v41i2.19332.

SPIGAGLIA, P. *Clostridioides difficile* infection (CDI) during the COVID-19 pandemic. **Anaerobe**, p. 102518, 2022. DOI: 10.1016/j.anaerobe.2022.102518

TARKA, P.; NITSCH-OSUCH, A. No-touch automated disinfection system for decontamination of surfaces in hospitals. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 14, p. 1–10, 2020. DOI: 10.3390/ijerph17145131

TOTARO, M. *et al.* Role of Hydrogen Peroxide Vapor (HPV) for the Disinfection of Hospital Surfaces Contaminated by Multiresistant Bacteria. **Pathogens**, v. 9, n. 5, p. 408, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/pathogens9050408>

TSOU, A. Y. *et al.* No-Touch Modalities for Disinfecting Patient Rooms in Acute Care Settings. Rapid Evidence Product. (Prepared by the ECRI Evidence-based Practice Center under Contract No. 290-2015-00005-I). **AHRQ Publication**. 2020. DOI: <https://doi.org/10.23970/AHRQEPCCOVIDNOTOUCH>

VIANNA, P. G. et al. Impact of pulsed xenon ultraviolet light on hospital-acquired infection rates in a community hospital. *American Journal of Infection Control*, [s. l.], v. 44, n. 3, p. 299–303, 2016. DOI: 10.1016/j.ajic.2015.10.009.

VILLACÍS, J. E. *et al.* Efficacy of pulsed-xenon ultraviolet light for disinfection of high-touch surfaces in an Ecuadorian hospital. *BMC Infectious Diseases*, v. 19, n. 1, p. 575, 2019. DOI: 10.1186/s12879-019-4200-3

WALES COVID-19 EVIDENCE CENTRE (WC19EC). **Rapid evidence summary of the efficacy, effectiveness and safety of SARS-CoV-2 disinfection methods (including ozone machines) in educational settings for children and young people Report RES00023.** Wales: 2021. DOI: <https://doi.org/10.1101/2022.02.21.22271281>

WAN YAW SANG, A. *et al.* Design of a Reconfigurable Wall Disinfection Robot. *Sensors*, v.21, n. 18, 2021. DOI: 10.3390/s21186096

WEBER, D. J. *et al.* Effectiveness of ultraviolet devices and hydrogen peroxide systems for terminal room decontamination: Focus on clinical trials. *American Journal of Infection Control*, v. 44, n. 5, p. e77–e84, 2016. DOI: 10.1016/j.ajic.2015.11.015

WEBER, D. J.; KANAMORI, H.; RUTALA, W. A. ‘No touch’ technologies for environmental decontamination. *Current Opinion in Infectious Diseases*, v. 29, n. 4, p. 424–431, 2016. DOI: 10.1097/QCO.0000000000000284

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Hospitals.** [s. d.]. Disponível em: https://www.who.int/health-topics/hospitals#tab=tab_1. Acesso em: 6 Set. 2021.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines on Prevention and Control of Hospital Associated Infections.** New Delhi: 2002. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/205187/B0007.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 2 Set. 2021.

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. DOI: 10.1016/j.jmii.2017.08.017

YOSHINO, S. T.; HERING, A. C. C.; CARVALHO, R. de. Implantação de um serviço de limpeza terminal a vapor em salas operatórias / Implementation of a steam terminal cleaning service in operating rooms. *Revista Sobecc*, v. 20, n. 2, p. 119–125, abr.-jun 2015. DOI: <https://doi.org/10.5327/Z1414-4425201500020008>. Disponível em: <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&lang=p&nextAction=lnk&base=LILACS&exprSearch=%22Rev. SOBECC/2015,20%282%29%22&indexSearch=TA#1>. Acesso em: 21 Jan. 2021.