



Robô de inativação do Sars-CoV-2 a partir de lâmpadas emissoras de radiação UVC

Sars-CoV-2 inactivation robot from UVC radiation lamp

Petherson Fonseca Krul

petherson@alunos.utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Sabrina Ávila

sabrinaavila@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Gabriel Peleskcis Machado

gabrielmachado@alunos.utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Sâmela Aldrea Leite de Oliveira

samela@alunos.utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Evelyn Mirian Ferreira da Luz

ferreiradaluz1@hotmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

João Gabriel Katsumi Utimura Zorzatto

joagabrielkatsumi@hotmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

RESUMO

Em 11 de março de 2020, a OMS decretou o estado de pandemia mundial causado pela proliferação descontrolada do vírus *Sars-CoV-2*, responsável por causar a síndrome respiratória aguda grave denominada Covid-19. A dimensão global de infecções e mortes alcançada pela doença deve-se à disseminação rápida do vírus entre os seres humanos considerando sua transmissão a partir do contato direto ou indireto com gotículas da via respiratória e que foi potencializada pela ausência de vacinas e antivirais específicos para essa espécie no momento em que o *Sars-CoV-2* surgiu. Diante desse contexto, medidas visando a prevenção do contágio pelo vírus são necessárias para controlar o número de infecções e mortes causadas pela Covid-19. Por esse motivo, o presente trabalho buscou desenvolver um robô capaz de realizar a inativação do vírus *Sars-CoV-2* utilizando lâmpadas UVC germicidas para a esterilização de superfícies em ambientes fechados dentro e fora das dependências da UTFPR-PG. Essa iniciativa apresenta um grande potencial teórico como método esterilizante contra o novo coronavírus, podendo também ser utilizado na inativação de outros microrganismos patogênicos. Entretanto, são necessárias melhorias na automatização do robô e a realização de testes mais conclusivos para que esta tecnologia seja implementada no cotidiano da sociedade dos Campos Gerais.

PALAVRAS-CHAVE: Lâmpadas UVC. *Sars-CoV-2*. Esterilização.



ABSTRACT

On 11th March of 2020 WHO stated the worldwide pandemic state caused by the uncontrollable proliferation of the *Sars-coV-2*, this virus is responsible for causing acute breathing syndrome named Covid-19. The global dimension of infections and deaths achieved by the disease is due to rapid virus dissemination among humans considering its transmission through direct or indirect contact with air droplets which was enhanced by the absence of specific vaccines and antivirals for this species. In this context, measures aimed at preventing the spread of the virus are necessary to control the number of infections and deaths caused by Covid-19. Due to this reason the present work searched for developing a robot capable of inactivating the *Sars-coV-2* virus using a UVC germicidal lamp to sterilize surfaces in a closed-door environment inside and outside UTFPR-PG. The initiative presents great theoretical potential as a sterilization method against coronavirus and also another pathogenic microorganism. However, it still needs improvement in robot automation and more conclusive tests so this technology can be implemented in the daily life of the Campos Gerais society.

KEYWORDS: UVC lamps. *Sars-CoV-2*. Sterilization.

INTRODUÇÃO

A Covid-19 é uma síndrome respiratória aguda grave ocasionada a partir da infecção por *Sars-CoV-2*, um vírus que pertence à família *coronaviridae*. Essa patologia surgiu em Wuhan (China) em dezembro de 2019 e, desde então, expandiu-se por todo o planeta, sendo decretada a situação de pandemia mundial pela OMS em 11 de março de 2020. Segundo dados do Ministério da Saúde, o Brasil somou até a primeira semana de setembro de 2021 um total de 20.890.779 casos confirmados de Covid-19, dos quais 583.628 resultaram no óbito dos infectados. A cidade de Ponta Grossa-PR, por sua vez, contabilizou nesse mesmo período um montante de 50.608 infecções confirmadas e 1.254 óbitos atribuídos à Covid-19, conforme o Boletim Municipal de 05 de setembro de 2021 divulgado pela Fundação Municipal de Saúde.

Sabino et al (2020) apontam que um dos fatores que contribuem para o cenário supracitado é a disseminação rápida e contínua do *Sars-CoV-2*, atribuída principalmente às vias de contaminação utilizadas pelo vírus: a Covid-19 é transmitida por gotículas respiratórias, contato direto com indivíduos infectados e também por superfícies contaminadas por meio do contato com fluidos corporais infecciosos ou da sedimentação de partículas virais transportadas pelo ar (SARADA, VIJAY, JOHNSON, 2020).

Diante desse contexto, uma das questões mais preocupantes em um cenário de retorno das atividades presenciais na UTFPR-PG e até mesmo em setores que já operam nesse regime é a transmissão do vírus por meio de superfícies contaminadas. Van Doremalen et al. (2020) relataram que o *SARS-CoV-2* permaneceu viável em aerossóis ao longo de 3 horas. Além disso, manteve-se estável em materiais como plástico e aço inoxidável em um período de até 72 horas após sua aplicação nessas superfícies. Sendo assim, este projeto buscou trabalhar com o desenvolvimento de um robô capaz de realizar a inativação do vírus *Sars-CoV-2* por meio de lâmpadas UVC germicidas, visando a esterilização de superfícies e do ar de ambientes internos.

A escolha das lâmpadas de vapor de mercúrio a baixa pressão, emitindo radiação germicida ultravioleta (UVC) a 254 nm deve-se, sobretudo, ao fato de que este meio de esterilização tem eficácia comprovada contra muitos vírus, fungos, bactérias, e esporos já que o comprimento de onda de 254 nm é muito próximo do comprimento máximo de absorção dos ácidos nucleicos da ordem de 260 nm (HEBLING et al, 2020; TSENG e LI, 2007). Com isso, a radiação ultravioleta curta é facilmente absorvida pelo material genético de todos os microrganismos. No caso do *Sars-CoV-2*, este estado é precursor de uma fusão fotoquímica de duas bases pirimídicas adjacentes no RNA de fita simples, formando um composto denominado dímero de pirimidina. (TSENG ET AL, 2007; HEBLING ET AL, 2020).



A nível molecular, essa reestruturação do ácido nucleico viral é responsável por gerar uma espécie de erro na sequência genética do *Sars-CoV-2* que impede, após a infecção de humanos, a manutenção e replicação viral dentro hospedeiro, o que promove a neutralização da sua capacidade infecciosa. (TSENG & LI, 2007; NEVES, 2014). Dessa forma, essa tecnologia pode ser empregada na prevenção de novos surtos de Covid-19 e na inativação de outros vírus e bactérias patogênicas. Entre estes microrganismos que constituem grandes problemas à saúde pública internacional e que seriam possivelmente inativados pela tecnologia UV podemos citar os vírus *H1N1* (BUONANNO et al, 2020), vírus da hepatite e *Rotavírus* (MONDARDO, 2015), além de bactérias *Escherichia coli* e dos gêneros *Salmonella* e *Staphylococcus* (TSENG ET AL, 2007).

Entretanto, qualquer aplicação da luz UVC deve ser prudente e cautelosa, já que pode causar danos não só em microrganismos, como também a qualquer tipo de célula incluindo as de seres humanos. O uso de equipamentos de proteção individual é essencial para manipulação de equipamentos com uso de lâmpadas germicidas. A exposição pode levar a fotoqueratite, conjuntivite, catarata, câncer de pele, eritema e outros (KOWALSKI, 2009).

Diante disso, o principal objetivo do projeto foi a máxima automatização do processo esterilizante, evitando o contato direto de pessoas com a radiação ultravioleta e buscando alcançar regiões sombreadas que, em um protótipo estático, não seriam contempladas durante o procedimento de inativação do *Sars-CoV-2*, afetando negativamente a confiabilidade e eficácia do método de prevenção proposto. Ao longo dos últimos meses, projeto “Robô de inativação do *Sars-CoV-2* utilizando luz UVC” foi realizado buscando dois objetivos centrais: o estudo e comprovação da eficácia da radiação ultravioleta na inativação viral e o desenvolvimento de um protótipo automatizado que pudesse suprir as demandas de segurança e desempenho já citadas neste trabalho.

MATERIAIS E MÉTODOS

Escolha da lâmpada esterilizante adequada

Após a realização de uma pesquisa básica na plataforma “Google Acadêmico” buscando artigos que abordassem o tema “esterilização de superfícies utilizando lâmpadas UVC germicidas de 254 nm como princípio ativo no contexto do Covid-19”, buscou-se definir qual o modelo ideal da lâmpada que pudesse realizar de maneira efetiva e em um tempo adequado a inativação do *Sars-CoV-2*, cuja dose para uma esterilização de 99,9% da carga viral é de 65 J/m² (SABINO et al, 2020). Diante disso, o critério avaliado foi justamente a dose de radiação emitida pelo aparelho, à qual as superfícies dos ambientes serão expostas visando a inativação do coronavírus. Essa análise de dosagens foi feita pela equação 1 utilizando uma fórmula apresentada por Bolton (2000), na qual “D” é a dosagem em J/m², “I” é a intensidade/radiância, relativa ao tipo de lâmpada UV usada (W/m²) e “T” é o tempo de contato da matéria com a radiação, sendo medido em segundos.

$$D \text{ (J/m}^2\text{)} = I \text{ (W/m}^2\text{)} \times T \text{ (s)} \quad (1)$$

Definição dos microrganismos

A utilização do *Sars-CoV-2* nos testes de controle microbiológico foi veemente vetada pelo fato de que o novo coronavírus pode ser enquadrado como agente biológico de classe de risco 3, seguindo a Classificação de Risco dos Agentes Biológicos publicada em 2017 pelo Ministério da Saúde (Governo de Santa Catarina, 2020). Nesse sentido, considerando que os laboratórios da UTFPR-PG se adequam somente ao trabalho com microrganismos de classe de risco 1, foi realizada uma pesquisa teórica buscando encontrar alternativas ao *Sars-CoV-2* para a realização do teste de eficácia do projeto. Dessa forma, foi executada uma revisão de literatura buscando bactérias ou fungos já utilizados em testes de controle nas indústrias de álcool em gel,



por exemplo, cuja dose para 99,9% de inativação fosse substancialmente maior do que aquela de 65J-m² necessária para inativar o *Sars-CoV-2* e que estivessem disponíveis para uso na Coleção Microbiológica de Interesse Biotecnológico da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Ponta Grossa (CMIB).

Montagem do protótipo que simula o robô esterilizante

Devido à ausência de fornecedores que se enquadravam nos requisitos da UTFPR-PG para a venda por licitação, o que inviabilizou o uso da verba prevista pelo edital, alguns materiais relacionados à automatização no robô não foram adquiridos. Nesse sentido, foi desenvolvido um protótipo estático que simula as características físicas do robô, possuindo as mesmas dimensões que serão futuramente replicadas e sendo munido de duas lâmpadas germicidas, mas que não era automatizado, precisando ser ligado à corrente elétrica para seu funcionamento.

A carcaça do protótipo foi feita de maneira que os equipamentos internos pudessem ser manipulados pela equipe, sendo constituída por duas placas de MDF, separadas por 4 colunas de madeira de 15 cm. Além das lâmpadas, a parte elétrica continha um reator 127 V e uma bateria 127 V, que possibilitaram que a lâmpada fosse ligada à corrente do laboratório.

Teste de inativação microbiológica utilizando o protótipo desenvolvido

Foi preparada uma solução a partir de uma colônia isolada do microrganismo em 150 ml de caldo nutriente, incubada a 30 graus por 48 horas. A concentração final da solução inoculante foi de 10 à sexta unidades formadoras de colônia por ml. Após isso, foram inoculados 10 microlitros da solução inoculante em cada placa contendo ágar nutriente. Imediatamente após a inoculação as placas foram expostas à luz ultravioleta do protótipo do robô.

As placas foram expostas ao robô em uma altura de 90 cm do chão e em distâncias de 1m e 2m. Para cada distância, as placas foram expostas à radiação UVC em períodos de 5 minutos, 10 minutos e 15 minutos. Após o tempo de exposição, as placas foram incubadas em estufa a 30°C por 24 horas. Junto com as placas testes foi incubado um controle negativo contendo apenas o meio de cultivo e uma placa controle positivo para cada microrganismo, as quais não foram expostas à ação esterilizante do robô.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Escolha do tipo de lâmpada para a realização dos testes práticos

Após a realização da pesquisa teórica, foi constatada a viabilidade da utilização de lâmpadas UVC germicidas de 30W e 36 W as quais possuem respectivamente, de acordo com Mondardo (2015) e com a empresa G-light, especializada no setor de lâmpadas, ambos adaptando informações de Philips (2006), as irradiancias de 1W/m² e 1,45 W/m². A partir de tais informações, foram calculados por meio da aplicação da equação 1 os tempos teóricos necessários para uma inativação de 99,9% do *Sars-CoV-2* em experimentos in vitro. Nesse sentido, a lâmpada de 30 W faria uma esterilização eficiente em uma região de 1m² num intervalo de 65 segundos. A lâmpada de 36W, por sua vez, faria a inativação viral de espaços com a mesma dimensão que a supracitada em um tempo de aproximadamente 45 segundos. A lâmpada efetivamente comprada e utilizada nos testes microbiológicos era uma lâmpada UVC tubular germicida T8 30W de 26 x 894,6 mm., consideravelmente mais acessível em termos financeiros e de disponibilidade no mercado, já que a equipe não obteve os recursos necessários para a aquisição de uma lâmpada de 36W.

Definição dos microrganismos utilizados no teste microbiológico de inativação

Considerando a disponibilidade e presença das bactérias *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* no CMIB da UTFPR-PG, foram estudadas especificamente suas propriedades relacionadas à inativação por luz



UVC germicida. Diante disso constataram-se, respectivamente, as doses de 65 - 70 J/m² e 90 J/m² para a inativação de 99,9% de *S. aureus* e *E. coli* (TINÔCO, 2011). Dessa forma, considerando a grande proximidade de tais dosagens com aquela necessária para a esterilização de ambientes infectados por *Sars-CoV-2*, foram definidas as duas bactérias supracitadas como os microrganismos utilizados no teste de controle microbiológico do projeto “Robô de inativação do *Sars-CoV-2* a partir da luz UVC”.

Montagem do protótipo que simula o robô esterilizante

Ao final do processo, foi montado um protótipo de MDF exibido na Figura 1 de dimensões 40x27x15 cm. Ao ser ligada à corrente elétrica, a lâmpada acoplada ao equipamento funcionou perfeitamente, possibilitando a realização dos testes microbiológicos.

Figura 1 — Protótipo do robô



Fonte: Autoria própria, 2021

Teste de inativação microbiológica utilizando o protótipo desenvolvido

Após 24 horas de incubação foi observado crescimento em todas as placas exceto no controle negativo comprovando a eficácia da esterilização do meio de cultivo. As placas controle positivo mostraram crescimento característico dos microrganismos inoculados assim como as placas teste onde também houve crescimento dos microrganismos inoculadas apesar da exposição à luz ultravioleta.

Pode-se observar redução no crescimento dos microrganismos nas placas mais próximas do robô (1m). Entretanto, não foi possível quantificar essa redução uma vez que o crescimento não possibilitou a contagem do número de colônias na placa assim como havia ocorrido no teste anterior.

A partir destes resultados vai ser realizado um ajuste nos testes para tempos, distâncias e concentrações diferentes que possibilitem a quantificação da redução no número de colônias. Novos testes também serão feitos com diferentes alturas e disposição das placas.

CONCLUSÃO

O projeto “Robô de inativação do *Sars-CoV-2* a partir da luz UVC” é uma iniciativa que apresenta um grande potencial como método de esterilização contra o coronavírus dentro e fora da UTFPR-PG. Além disso, essa tecnologia pode ser utilizada em outras aplicações que vão além do foco no controle da proliferação do *Sars-CoV-2* considerando seu efeito comprovado contra outros tipos de microrganismos, como *H1N1*, *Rotavírus*, vírus da hepatite, Zika e bactérias patogênicas. Pode-se ressaltar, portanto, a possibilidade de aplicação do projeto para uma vasta gama de locais que possuem aglomerações como salas de aulas, laboratórios, shoppings, empresas, hospitais, rodoviárias, aeroportos, quartos de hotéis, restaurantes, corredores de prédios, clínicas odontológicas, estúdios de estética, entre outros.



Quanto à aplicabilidade do projeto pode-se dizer que, até o momento, grandes avanços foram alcançados no que diz respeito ao conhecimento teórico sobre a estratégia de esterilização de ambientes adotada e ao desenvolvimento de protótipos primários. No entanto, os presentes autores continuarão trabalhando na automatização do robô e na realização de testes mais conclusivos para que esta tecnologia de esterilização com base no uso de lâmpadas ultravioletas seja, de fato, implementada no cotidiano da comunidade acadêmica e civil na região dos Campos Gerais.

AGRADECIMENTOS

Fica registrado aqui os nossos agradecimentos à Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Ponta Grossa, pelas bolsas de extensão concedidas como apoio financeiro para a realização do presente trabalho e pela liberação dos laboratórios para que os testes apresentados neste artigo pudessem ser realizados.

REFERÊNCIAS

- MINISTÉRIO DA SAÚDE DO BRASIL. Painel Coronavírus, **Coronavírus Brasil**, 2021. Disponível em: <https://covid.saude.gov.br/>. Acesso em: 05 set 2021.
- FUNDAÇÃO MUNICIPAL DE SAÚDE PONTA GROSSA. Boletim Municipal Oficial, **Coronavírus Covid-19**, 2021. Disponível em: https://www.pontagrossa.pr.gov.br/files/05.09.2021_18h_-_boletim_municipal.pdf. Acesso em: 05 set 2021.
- BOLTON, James R. Calculation of ultraviolet fluence rate distributions in an annular reactor: significance of refraction and reflection. **Water research**, v. 34, n. 13, p. 3315-3324, 2000.
- BUONANNO, Manuela et al. Far-UVC light (222 nm) efficiently and safely inactivates airborne human coronaviruses. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 1-8, 2020.
- DARNELL, Miriam ER et al. Inactivation of the coronavirus that induces severe acute respiratory syndrome, SARS-CoV. **Journal of virological methods**, v. 121, n. 1, p. 85-91, 2004.
- HEBLING, Martin et al. Ultraviolet irradiation doses for coronavirus inactivation—review and analysis of coronavirus photoinactivation studies. **GMS hygiene and infection control**, v. 15, 2020.
- KOWALSKI, Wladyslaw J.; BAHNFLETH, William P.; HERNANDEZ, Mark T. A genomic model for the prediction of ultraviolet inactivation rate constants for RNA and DNA viruses. **IUVA News**, v. 11, p. 15-28, 2009.
- MONDARDO, Andrei Antonio et al. **Estudo dos efeitos da luz ultravioleta para redução microbiológica em amido de mandioca**. 2015.
- NEVES, Ana Teresa Silva. **Estudo da ação danificadora do 2, 2'-Bipyridyl no DNA na presença de radiação UV**. 2014. Tese de Doutorado.
- TINÔCO, Juliana Delgado. **Desinfecção por radiação ultravioleta: estudo do desempenho do processo e avaliação econômica**. 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- SABINO, Caetano P. et al. UV-C (254 nm) lethal doses for SARS-CoV-2. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 32, p. 101995, 2020
- SARADA, B. V. et al. Fight against COVID-19: ARCI's technologies for disinfection. **Transactions of the Indian National Academy of Engineering**, v. 5, n. 2, p. 349-354, 2020.
- TSENG, Chun-Chieh; LI, Chih-Shan. Inactivation of viruses on surfaces by ultraviolet germicidal irradiation. **Journal of occupational and environmental hygiene**, v. 4, n. 6, p. 400-405, 2007.
- VAN DOREMALEN, Neeltje et al. Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. **New England journal of medicine**, v. 382, n. 16, p. 1564-1567, 2020.