

## RESSALVA

Atendendo solicitação do autor, o texto completo desta **Dissertação** será disponibilizado somente a partir de 22/03/2025.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

"JULIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS

CÂMPUS DE ARARAQUARA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE BIOMATERIAIS  
E BIOPROCESSOS

MESTRADO PROFISSIONAL

SISTEMA DE DESINFECÇÃO POR ULTRAVIOLETA-C PARA CONTROLE  
DE INFECÇÕES HOSPITALARES

TIAGO AZEVEDO CUNHA

ORIENTADOR: Profa. Dra. Ana Marisa Fusco Almeida

ARARAQUARA - SP

2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JULIO DE MESQUITA FILHO"  
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS  
CÂMPUS DE ARARAQUARA

SISTEMA DE DESINFECÇÃO POR ULTRAVIOLETA-C PARA CONTROLE  
DE INFECÇÕES HOSPITALARES

TIAGO AZEVEDO CUNHA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Biomateriais e Bioprocessos (Mestrado Profissional), Área de Biomateriais, Bioprocessos, Bioprodutos da Faculdade de Ciências Farmacêuticas, UNESP, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Biomateriais e Bioprocessos.

ORIENTADOR: Profa. Dra. Ana Marisa Fusco Almeida

ARARAQUARA - SP

2023

---

**C972s** Cunha, Tiago Azevedo.  
Sistema de desinfecção por ultravioleta-C para controle de infecções hospitalares / Tiago Azevedo Cunha. – Araraquara: [S.n.], 2023.  
72 f. : il.

Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Estadual Paulista. “Júlio de Mesquita Filho”. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Biomateriais e Bioprocessos. Área de Biomateriais e Bioprocessos.

Orientadora: Ana Marisa Fusco Almeida.

1. Infecção Hospitalar. 2. Ultravioleta-C. 3. Desinfecção. 4. Esterilização.  
I. Fusco Almeida, Ana Marisa, orient. II. Título.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: SISTEMA DE DESINFECÇÃO POR ULTRAVIOLETA-C PARA CONTROLE DE INFECÇÕES HOSPITALARES

**AUTOR: TIAGO AZEVEDO CUNHA**

**ORIENTADORA: ANA MARISA FUSCO ALMEIDA**

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Biomateriais e Bioprocessos, área: Biomateriais, Bioprocessos, Bioprodutos pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. ANA MARISA FUSCO ALMEIDA (Participação Virtual)  
Departamento de Análises Clínicas / Faculdade de Ciências Farmacêuticas do Câmpus de Araraquara da Unesp

Prof. Dr. RODRIGO CÁSSIO SOLA VENEZIANI (Participação Virtual)  
Núcleo de Pesquisas em Ciências Exatas e Tecnológicas / Universidade de Franca - UNIFRAN

Prof. Dr. RONDINELLI DONIZETTI HERCULANO (Participação Virtual)  
Departamento de Bioprocessos e Biotecnologia / Faculdade de Ciências Farmacêuticas do Câmpus de Araraquara da Unesp

Araraquara, 22 de março de 2023

## RESUMO

A expansão da demanda por novas soluções para o controle de infecções hospitalares tem acontecido de forma mais acelerada após o início da pandemia causada pelo vírus SARS-CoV-2. Todos os problemas gerados por esse tipo de doença em ambiente hospitalar passaram a ser avaliados com maior rigor. Dessa forma, o surgimento de novas tecnologias para auxiliar nesse problema foi impulsionado, dentre as soluções que tem ganhado evidência, a que mais tem destaque é a tecnologia da radiação ultravioleta-C (UVC), principalmente por sua conhecida e estabelecida capacidade de inativação e eliminação de qualquer microrganismo, seja bactéria, fungo ou vírus. Este trabalho busca comprovar a eficácia dessa tecnologia no controle de infecções hospitalares em ambiente real por meio do desenvolvimento de dois equipamentos de desinfecção, o primeiro por exposição direta em superfícies e o segundo por redução da carga microbiológica do ar por recirculação e desinfecção. Para este estudo de validação da dose de radiação fungicida e bactericida, foram utilizados microrganismos de importância para a saúde como o fungo *Candida albicans* e bactérias das espécies *P. aeruginosa* e *K. pneumoniae*. Os ensaios para o equipamento de exposição direta demonstraram a capacidade de eliminação total das amostras contendo *C. albicans* em 20 minutos, ou seja, obteve-se a esterilização. Para as bactérias obteve-se valores superiores a 99% no mesmo tempo. Nos ensaios com o equipamento de desinfecção do ar em ambiente hospitalar obtiveram-se resultados de redução de carga biológica do ar de 99,15% para UTI de isolamento e 95,6% para UTI neonatal, em unidades formadoras de colônias (UFC). Ao final do trabalho foram validados os equipamentos de desinfecção que se tornaram produtos para serem inseridos no mercado, o primeiro sendo uma câmara de desinfecção capaz de ser aplicada para jalecos, EPIs e instrumentos médicos e o segundo uma unidade autônoma de recirculação e desinfecção do ar.

Palavras-chave: Infecção Hospitalar, Ultravioleta-C, Desinfecção, Esterilização.

## ABSTRACT

*The expansion in demand for new solutions to control hospital infections has been accelerated since the beginning of the pandemic caused by the SARS-CoV-2 virus. All problems generated by this type of disease in hospital settings have been evaluated more rigorously. Thus, the emergence of new technologies to aid in this problem has been propelled, among the solutions that have gained prominence, the most noteworthy is Ultraviolet-C (UVC) radiation technology, primarily due to its established ability to inactivate and eliminate any microorganism, whether bacteria, fungi, or viruses. This work aims to demonstrate the effectiveness of this technology in controlling hospital infections in a real environment through the development of two disinfection devices, the first for direct surface exposure and the second for reducing the microbiological load of the air through recirculation and disinfection. For this validation study of the fungicidal and bactericidal radiation dose, microorganisms of importance to health, such as the fungus *Candida albicans* and bacteria species *P. aeruginosa* and *K. pneumoniae*, were used. Trials for the direct exposure equipment demonstrated the capacity for complete elimination of samples containing *C. albicans* in 20 minutes, achieving sterilization. Values above 99% were obtained for bacteria within the same time. In trials with the air disinfection equipment in a hospital environment, results showed a reduction in biological load in the air of 99.15% for isolation ICU and 95.6% for neonatal ICU, in colony-forming units (CFUs). At the end of the study, the disinfection devices were validated and became products to be inserted in the market, with the first being a disinfection chamber capable of being applied to lab coats, personal protective equipment (PPEs), and medical instruments, and the second being an autonomous unit for air recirculation and disinfection.*

*Keywords: Hospital Infection, Ultraviolet-C, Disinfection, Sterilization.*

## 7. CONCLUSÕES

Ambientes de alto risco biológico, como os hospitais no Brasil, são vítimas de grandes problemas disseminados de infecções hospitalares e problemas orçamentários, principalmente no setor público, onde há grande demanda da maior parte da população. Portanto é importante que existam soluções efetivas ao ambiente real e de custo acessível, dessa forma, a tecnologia ultravioleta-C demonstrou, a partir dos ensaios e dos produtos gerados neste trabalho, que é capaz de auxiliar e agregar no que diz respeito ao controle de contaminações e biossegurança com eficiência relevante e flexibilidade de aplicação. Como sugere Nishigori *et al.* (2022), por se tratar de uma tecnologia de ação física e não química, não gera resíduos, possui alta durabilidade e baixa manutenção, características muito raras e valiosas em equipamentos hospitalares.

No atual cenário que vivemos, no qual a importância do controle do risco biológico tem ganhado mais evidência e valor, tecnologias com a capacidade de reduzir o número de infecções hospitalares e em, em consequência, reduzir o número de mortes e os altos custos que o tratamento dos pacientes afetados incorre, têm tendência a crescer e ganhar espaço no mercado (OSME et al., 2020b).. Nesse sentido, os equipamentos desenvolvidos neste trabalho possuem alto potencial mercadológico e econômico, demonstrando assim a importância do trabalho em conjunto da academia e de empresas no desenvolvimento de novas tecnologias com confiabilidade e responsabilidade.

Os equipamentos desenvolvidos neste trabalho foram validados com alta capacidade de desinfecção aplicados em ambiente hospitalar real, demonstrando o valor da tecnologia utilizada e sua aplicabilidade como um recurso importante para o futuro do combate às infecções hospitalares no Brasil e no mundo.

## 8. REFERÊNCIAS

AZEVEDO, P. A. A. et al. Molecular characterisation of multidrug-resistant *Klebsiella pneumoniae* belonging to CC258 isolated from outpatients with urinary tract infection in Brazil. **Journal of Global Antimicrobial Resistance**, v. 18, p. 74–79, 1 set. 2019.

BEATRIZ, ANA. Três estados não têm mais vaga de UTI para Covid-19, e 14 registram mais de 90% de ocupação nos hospitais. **O Globo**, 24, março de 2021. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/brasil/tres-estados-nao-tem-mais-vaga-de-uti-para-covid-19-14-registram-mais-de-90-de-ocupacao-nos-hospitais-24938491>. Acesso em: 10 de novembro de 2022.

BIOGARDUV. Ultravation® BioGardUV™ Upper Level Convection Germicidal UV Air Disinfection. Disponível em: <https://ultravationstore.com/product/ultravation-biogarduv-upper-level-convection-germicidal-uv-room-air-purifier/>. Acesso em: 10 de novembro de 2022.

BITTENCOURT BARROSO, L.; BEATRIZ WOLFF, D. Radiação ultravioleta para desinfecção da água. **Disc. Scientia**. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas, S. Maria, v. 10, n. 1, p. 1-13, 2009.

BRITO, E. H. S.; FONTENELLE, R. O. DOS S.; BRILHANTE, R. S. N.; CORDEIRO, R. DE A. SIDRIM, J. J. C.; ROCHA, M. F. G. Candidose na medicina veterinária: um enfoque micológico, clínico e terapêutico. **Ciência Rural**, v. 39, n. 9, p. 2655-2664, 2009.

CAMPOS, Hisbello. Pneumonia. **Agência Fiocruz de Notícias**, 04, julho de 2013. Disponível em: <https://agencia.fiocruz.br/pneumonia>. Acesso em: 10 de novembro de 2022.

DADAR, M. et al. *Candida albicans* - Biology, molecular characterization, pathogenicity, and advances in diagnosis and control – An update. **Microbial Pathogenesis Academic Press**, v. 117, 128–138, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2018.02.028> 1 abr.

DAI, T. et al. Ultraviolet-C light for treatment of *Candida albicans* burn infection in mice. **Photochemistry and Photobiology**, v. 87, n. 2, p. 342–349, mar. 2011.  
ELLER QUADROS, M. et al. Qualidade do ar interno em ambientes hospitalares. **Rev. Tecnologia, Fortaleza**, v.30, n.1, p.38-52, jun. 2009

FERREIRA FREYMAN, G. et al. Desenvolvimento de um sistema de radiação UVC para o controle microbiológico de dutos de ar-condicionado. **VII Encontro Latino-Americano de Pós-Graduação** – Universidade do Vale do Paraíba

GUARNER, J.; BRANDT, M. E. Histopathologic diagnosis of fungal infections in the 21st century. **Clinical Microbiology Reviews**, v. 24, n. 2, p. 247-280, 2011.

- GRIGOREVSKI-LIMA, A. L. et al. Occurrence of actinomycetes in indoor air in Rio de Janeiro, Brazil. **Building and Environment**, Amsterdam, v. 41, p. 1540-1543, 2006.
- IZAIAS, É. M. et al. Custo e caracterização de infecção hospitalar em idosos. **Ciencia e Saude Coletiva**, v. 19, n. 8, p. 3395–3402, 2014.
- LEONCIO, J. M. et al. Impact of healthcare-associated infections on the hospitalization costs of children. **Revista da Escola de Enfermagem**, v. 53, 2019.
- LIMA DE PAULA, J. F. **Aeromicrobiota do ambiente cirúrgico: princípios e peculiaridades da climatização artificial**. 2003. 116 f. Dissertação (Mestrado em Enfermagem Fundamental) – Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2003.
- MACKENZIE, D. Ultraviolet Light Fights New Virus. **Engineering**, v. 6, n. 8, p. 851–853, ago. 2020.
- MILAN, E. P.; ZAROR, L. Leveduras: identificação laboratorial. In: **Micologia Médica à Luz de Autores Contemporâneos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. p. 89-101.
- MITCHELL, A.; SPENCER, M.; EDMISTON, C. Role of healthcare apparel and other healthcare textiles in the transmission of pathogens: A review of the literature. **Journal of Hospital Infection** W.B. Saunders, v. 90, n. 4, p. 285–292, 1 ago. 2015.
- NEOPROSPECTA. Você sabe quais são os custos das infecções relacionadas à assistência à saúde?. 31, janeiro de 2018. Disponível em: <https://blog.neopropecta.com/voce-sabe-quais-sao-os-custos-das-infeccoes-relacionadas-assistencia-saude/>. Acesso em: 10 de novembro de 2022.
- NEVES, Ursula. Bactéria multirresistente é detectada fora de hospitais brasileiros. **PEBMED**, 10, setembro de 2019. Saúde Pública. Disponível em: <https://pebmed.com.br/bacteria-multirresistente-e-detectada-fora-de-hospitais-brasileiros/>. Acesso em: 10 de novembro de 2022.
- NISHIGORI, C. et al. Biological Impact of Shorter Wavelength Ultraviolet Radiation-C. **Photochemistry and Photobiology**, v. 99, n. 2, p. 335-343. 10 nov. 2022.
- OSME, S. F. et al. Costs of healthcare-associated infections to the Brazilian public Unified Health System in a tertiary-care teaching hospital: a matched case–control study. **Journal of Hospital Infection**, v. 106, n. 2, p. 303–310, 1 out. 2020a.
- PEREIRA, K. B. **Avaliação do efeito fotoprotetor de três extratos de plantas da Antártica por diferentes modelos biológicos**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul Centro de Biotecnologia do Estado do Rio Grande do Sul Programa de Pós-Graduação em Biologia Celular e Molecular. Porto Alegre, 2007.

PILANIYA, V. et al. Acute invasive pulmonary aspergillosis, shortly after occupational exposure to polluted muddy water, in a previously healthy subject. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 41, n. 5, p. 473–477, 1 set. 2015.

POLLY, M. et al. Impact of the COVID-19 pandemic on the incidence of multidrug-resistant bacterial infections in an acute care hospital in Brazil. **American Journal of Infection Control**, v. 50, n. 1, p. 32–38, 1 jan. 2022.

QUINN, Paul J. et al. Leveduras e produção de doenças. In: **Microbiologia veterinária e doenças infecciosas**. Porto Alegre: Ed. Artmed, 2005. p. 233-239.

PROFETA, R. et al. Comparative genomics with a multidrug-resistant *Klebsiella pneumoniae* isolate reveals the panorama of unexplored diversity in Northeast Brazil. **Gene**, v. 772, 10 mar. 2021.

REDAZIONE. Lampade germicide UVC: i rischi nel contesto della pandemia Covid-19. **Punto Sicuro**, 31, agosto de 2020. Disponível em: <https://www.puntosicuro.it/coronavirus-covid19-C-131/lampade-germicide-uvc-i-rischi-nel-contesto-della-pandemia-covid-19-AR-20367/>. Acesso em: 10 de novembro de 2022.

REED, N. G. The History of Ultraviolet Germicidal Irradiation for Air Disinfection. U.S. Army Center for Health Promotion and Preventive Medicine, Laser/Optical Radiation Program, Aberdeen Proving Ground, MD. **Public Health Reports**, January–February 2010, Volume 125

RICHARDSON, Amy. What Is Upper-room UVGI?. **CMM Cleaning & Maintenance Managent**, 25, agosto de 2021. Disponível em: <https://cmmonline.com/articles/what-is-upper-room-uvgi> .Acesso em: 10 de novembro de 2022.

SILVEIRA, Daniel. País passa a ter mais de 10% da população formada por idosos com 65 anos ou mais de idade, diz IBGE. **G1 Globo**, Rio de Janeiro, 22, Julho de 2022. Economia. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/2022/07/22/pais-passa-a-ter-mais-de-10percent-da-populacao-formada-por-idosos-com-65-anos-ou-mais-de-idade-diz-ibge.ghtml>. Acesso em: 10 de novembro de 2022.

TALAPKO, J. et al. *Candida albicans*-the virulence factors and clinical manifestations of infection. **Journal of Fungi**, v. 7, n. 2, p. 1–19, 1 fev. 2021.

TRABULSI, L.R.; ALTERTHUM, F. **Microbiologia**, 6. ed. São Paulo: Atheneu, 2004

VALADARES, B. D. S. et al. Contaminação de Uniformes Privativos Utilizados por Profissionais que Atuam nas Unidades de Terapia Intensiva. **Revista de Epidemiologia e Controle de Infecção**, v. 7, n. 1, 5 jan. 2017.

YABEN, Manuel. *Lámparas de luz ultravioleta para casa: ¿Acaban con el coronavirus?*. **El Independiente**, 31, outubro de 2020. *Ciencia y Tecnología*. Disponível em: <https://www.elindependiente.com/vida->

[sana/salud/2020/10/31/lamparas-de-luz-ultravioleta-para-casa-acaban-con-el-coronavirus/](https://www.sana.salud/2020/10/31/lamparas-de-luz-ultravioleta-para-casa-acaban-con-el-coronavirus/) .Acesso em: 10 de novembro de 2022.