

**Edilson Antonio Catapan**  
Organizador

AVANÇOS DOS ESTUDOS CIENTÍFICOS NA  
**ÁREA DAS CIÊNCIAS EXATAS**

VOL. 01

SÃO JOSÉ DOS PINHAIS  
BRAZILIAN JOURNALS PUBLICAÇÕES DE PERIÓDICOS E EDITORA  
2022



**Edilson Antonio Catapan**

(Organizador)



**Avanços dos estudos científicos  
na área das ciências exatas**

Vol. 01

**BrJ**

**Brazilian Journals Editora**

**2022**

2022 by Brazilian Journals Editora  
Copyright © Brazilian Journals Editora  
Copyright do Texto © 2022 Os Autores  
Copyright da Edição © 2022 Brazilian Journals Editora  
Editora Executiva: Barbara Luzia Sartor Bonfim Catapan  
Diagramação: Aline Barboza Coelli  
Edição de Arte: Brazilian Journals Editora  
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos livros e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial:**

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Fátima Cibele Soares - Universidade Federal do Pampa, Brasil  
Prof. Dr. Gilson Silva Filho - Centro Universitário São Camilo, Brasil  
Prof. Msc. Júlio Nonato Silva Nascimento - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Brasil  
Prof<sup>a</sup>. Msc. Adriana Karin Goelzer Leining - Universidade Federal do Paraná, Brasil  
Prof. Msc. Ricardo Sérgio da Silva - Universidade Federal de Pernambuco, Brasil  
Prof. Esp. Haroldo Wilson da Silva - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil  
Prof. Dr. Orlando Silvestre Fragata - Universidade Fernando Pessoa, Portugal  
Prof. Dr. Orlando Ramos do Nascimento Júnior - Universidade Estadual de Alagoas, Brasil  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Angela Maria Pires Caniato - Universidade Estadual de Maringá, Brasil  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Genira Carneiro de Araujo - Universidade do Estado da Bahia, Brasil  
Prof. Dr. José Arilson de Souza - Universidade Federal de Rondônia, Brasil  
Prof<sup>a</sup>. Msc. Maria Elena Nascimento de Lima - Universidade do Estado do Pará, Brasil  
Prof. Caio Henrique Ungarato Fiorese - Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Silvana Saionara Gollo - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Brasil  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Mariza Ferreira da Silva - Universidade Federal do Paraná, Brasil  
Prof. Msc. Daniel Molina Botache - Universidad del Tolima, Colômbia  
Prof. Dr. Armando Carlos de Pina Filho - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil  
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima, Brasil  
Prof<sup>a</sup>. Msc. Juliana Barbosa de Faria - Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil  
Prof<sup>a</sup>. Esp. Marília Emanuela Ferreira de Jesus - Universidade Federal da Bahia, Brasil  
Prof. Msc. Jadson Justi - Universidade Federal do Amazonas, Brasil  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Alexandra Ferronato Beatrice - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Brasil  
Prof<sup>a</sup>. Msc. Caroline Gomes Mâcedo - Universidade Federal do Pará, Brasil  
Prof. Dr. Dilson Henrique Ramos Evangelista - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Brasil  
Prof. Dr. Edmilson Cesar Bortoletto - Universidade Estadual de Maringá, Brasil



**Ano 2022**

Prof. Msc. Raphael Magalhães Hoed - Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, Brasil  
Prof<sup>a</sup>. Msc. Eulália Cristina Costa de Carvalho - Universidade Federal do Maranhão, Brasil  
Prof. Msc. Fabiano Roberto Santos de Lima - Centro Universitário Geraldo di Biase, Brasil  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Gabrielle de Souza Rocha - Universidade Federal Fluminense, Brasil  
Prof. Dr. Helder Antônio da Silva, Instituto Federal de Educação do Sudeste de Minas Gerais, Brasil  
Prof<sup>a</sup>. Esp. Lida Graciela Valenzuela de Brull - Universidad Nacional de Pilar, Paraguai  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Jane Marlei Boeira - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Brasil  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Carolina de Castro Nadaf Leal - Universidade Estácio de Sá, Brasil  
Prof. Dr. Carlos Alberto Mendes Moraes - Universidade do Vale do Rio do Sino, Brasil  
Prof. Dr. Richard Silva Martins - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul Rio Grandense, Brasil  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Lúcia Tonani Tolfo - Centro Universitário de Rio Preto, Brasil  
Prof. Dr. André Luís Ribeiro Lacerda - Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil  
Prof. Dr. Wagner Corsino Enedino - Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil  
Prof<sup>a</sup>. Msc. Scheila Daiana Severo Hollveg - Universidade Franciscana, Brasil  
Prof. Dr. José Alberto Yemal - Universidade Paulista, Brasil  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Adriana Estela Sanjuan Montebello - Universidade Federal de São Carlos, Brasil  
Prof<sup>a</sup>. Msc. Onofre Vargas Júnior - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rita de Cássia da Silva de Oliveira - Universidade do Estado do Pará, Brasil  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Leticia Dias Lima Jedlicka - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Brasil  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Joseina Moutinho Tavares - Instituto Federal da Bahia, Brasil  
Prof. Dr. Paulo Henrique de Miranda Montenegro - Universidade Federal da Paraíba, Brasil  
Prof. Dr. Claudinei de Souza Guimarães - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Christiane Saraiva Ogradowski - Universidade Federal do Rio Grande, Brasil  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Celeide Pereira - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil  
Prof<sup>a</sup>. Msc. Alexandra da Rocha Gomes - Centro Universitário Unifacvest, Brasil  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Djanavia Azevêdo da Luz - Universidade Federal do Maranhão, Brasil  
Prof. Dr. Eduardo Dória Silva - Universidade Federal de Pernambuco, Brasil  
Prof<sup>a</sup>. Msc. Juliane de Almeida Lira - Faculdade de Itaituba, Brasil  
Prof. Dr. Luiz Antonio Souza de Araujo - Universidade Federal Fluminense, Brasil  
Prof. Dr. Rafael de Almeida Schiavon - Universidade Estadual de Maringá, Brasil  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rejane Marie Barbosa Davim - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil  
Prof. Msc. Salvador Viana Gomes Junior - Universidade Potiguar, Brasil  
Prof. Dr. Caio Marcio Barros de Oliveira - Universidade Federal do Maranhão, Brasil  
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Brasil  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ercilia de Stefano - Universidade Federal Fluminense, Brasil  
Prof. Msc. Marcelo Paranzini - Escola Superior de Empreendedorismo, Brasil  
Prof. Msc. Juan José Angel Palomino Jhong - Universidad Nacional San Luis Gonzaga - Ica, Perú  
Prof. Dr. Edson da Silva - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil  
Prof. Dr. João Tomaz da Silva Borges - Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Brasil



Profª Drª Consuelo Salvaterra Magalhães - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil  
Prof. Dr. José Gpe. Melero Oláquez - Instituto Tecnológico Nacional de México, Cidade do México  
Prof. Dr. Adalcio Machado - Universidade Alto Vale do Rio do Peixe, Brasil  
Profª Drª Claudia da Silva Costa - Centro Universitário Planalto do Distrito Federal, Brasil  
Profª. Msc. Alicia Ravelo Garcia - Universidad Autónoma de Baja California, México  
Prof. Dr. Artur José Pires Veiga - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil  
Profª Drª María Leticia Arena Ortiz - Universidad Nacional Autónoma de México, México  
Profª Drª Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - IFG, Brasil  
Profª Drª Muriel Batista Oliveira - Faculdade de Ciências Contábeis de Nova Andradina, Brasil  
Prof. Dr. José Amilton Joaquim - Universidade Eduardo Mondlane, Brasil  
Prof. Msc. Alceu de Oliveira Toledo Júnior - Universidade estadual de Ponta Grossa, Brasil  
Prof. Dr. Márcio Roberto Rocha Ribeiro - Universidade Federal de Catalão, Brasil  
Prof. Dr. Alecson Milton Almeida dos Santos - Instituto Federal Farroupilha, Brasil  
Profª. Msc. Sandra Canal - Faculdade da Região Serrana, Brasil



**Ano 2022**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

**C357a Catapan, Edilson Antonio**

Avanços dos estudos científicos na área das ciências exatas / Edilson Antonio Catapan. São José dos Pinhais: Editora Brazilian Journals, 2022.  
331 p.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui: Bibliografia

ISBN: 978-65-81028-25-1.

1. Cinética. 2. Ciências. I. Catapan, Edilson Antonio II.  
Título

Brazilian Journals Editora  
São José dos Pinhais – Paraná – Brasil  
[www.brazilianjournals.com.br](http://www.brazilianjournals.com.br)  
[editora@brazilianjournals.com.br](mailto:editora@brazilianjournals.com.br)



**Ano 2022**

## APRESENTAÇÃO

A obra intitulada “Avanços dos estudos científicos na área das ciências exatas vol.01”, publicada pela Brazilian Journals, apresenta um conjunto de vinte e um capítulos que visam abordar assuntos relacionados com a área das ciências exatas. A seguir são apresentados os trabalhos que compõem o livro.

Logo, os artigos apresentados neste volume abordam: O estudo da cinética de adsorção do carvão ativado impregnado com óxido de grafeno. O livro apresenta um trabalho de combinação de fatores de escalonamentos de deslocamentos químicos de RMN de  $^{13}\text{C}$  e  $^1\text{H}$ , baseados em regressões lineares) e de redes neurais para auxiliar a determinação estrutural da savinina, com o objetivo de utilizar cálculos teóricos dados experimentais para a resolução da estrutura deste composto. Também é discorrido um estudo para verificar a confiabilidade do miógrafo portátil de impedância elétrica (PEIM) Skulpt® para medidas morfológicas do músculo vasto lateral (VL). Outro estudo que será apresentado é, cálculos para análise de avarias em rolamentos, utilizando algoritmos de inteligência artificial. O livro também, traz um artigo que explica a utilização de radiação UVC para desinfecção do ar nos ambientes auxiliando na prevenção de contaminações pelo Sars-Cov2 com a desinfecção do ar pela utilização de UVC como ação germicida, entre outros.

Dessa forma, agradecemos a todos os autores por todo esforço e dedicação que contribuíram para a construção dessa obra, e esperamos que este livro possa colaborar para a discussão e entendimento de temas relevantes para a área das ciências exatas, orientando docentes, estudantes e pesquisadores à reflexão sobre os assuntos aqui apresentados.

Edilson Antonio Catapan

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 01</b> .....	<b>12</b>
ESTUDO DA CINÉTICA DE ADSORÇÃO DO CARVÃO ATIVADO IMPREGNADO COM ÓXIDO DE GRAFENO	
Ana Paula de Oliveira Schmitz	
Máira Vieira	
Camila de Abreu Antonioli	
Wagner da Silveira	
João Pedro do Prado	
Laiza Bergamasco Beltran	
Luís Fernando Cusioli	
Rosângela Bergamasco	
DOI: 10.35587/brj.ed.0001388	
<b>CAPÍTULO 02</b> .....	<b>24</b>
CONTRIBUTIONS TO THE DEVELOPMENT OF SUPPLIERS IN COMPETITIVE ENVIRONMENTS: A CASE STUDY IN BRAZILIAN COMPANIES	
Luiz de Freitas Ayres	
Maria Sameiro Carvalho	
Paulo Sampaio	
Antonio Henriques de Araújo Júnior	
DOI: 10.35587/brj.ed.0001389	
<b>CAPÍTULO 03</b> .....	<b>46</b>
A UTILIZAÇÃO DO MBT PARA LEVANTAMENTO DAS DIFICULDADES CONCEITUAIS EM MECÂNICA APRESENTADA POR ALUNOS DE GRADUAÇÃO DO CEUNES	
Igor Donizete Nunes Bravo	
Rodrigo Dias Pereira	
DOI: 10.35587/brj.ed.0001390	
<b>CAPÍTULO 04</b> .....	<b>58</b>
CÁLCULOS DE RMN DE <sup>13</sup> C POR MEIO DAS ABORDAGENS GIAO, CSGT E IGAIM: FATORES DE ESCALONAMENTOS PARA TERPENOS	
Geomar Souza Alves	
Evani Ferreira Cardoso	
Ana Clara Yakaba Pontes	
Marcelo Ricardo Souza Siqueira	
Laysa Pereira Furtado	
Lorrany Kalliny Cardoso Queiroz	
Gustavo Costa Pereira	
Gustavo da Silva do Prado	
Gunar Vingre da Silva Mota	
Fabio Luiz Paranhos Costa	
DOI: 10.35587/brj.ed.0001391	
<b>CAPÍTULO 05</b> .....	<b>69</b>
COMBINAÇÃO DE FATORES DE ESCALONAMENTOS DE DESLOCAMENTOS QUÍMICOS DE RMN DE <sup>13</sup> C E <sup>1</sup> H (BASEADOS EM REGRESSÕES LINEARES) E	



DE REDES NEURAIS PARA AUXILIAR A DETERMINAÇÃO ESTRUTURAL DA SAVININA

Evani Ferreira Cardoso  
Roberto Carlos Campos Martins  
Rodrigo de Souza Miranda  
Fernanda Barbosa da Silva  
Ana Clara Yakaba Pontes  
Laysa Pereira Furtado  
Lorrany Kalliny Cardoso Queiroz  
Gustavo Costa Pereira  
Gunar Vingre da Silva Mota  
Fabio Luiz Paranhos Costa  
DOI: 10.35587/brj.ed.0001392

**CAPÍTULO 06 .....81**

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES POLISSACARÍDEOS COMO DEPRESSORES NA FLOTAÇÃO ANIÔNICA DIRETA DE MINÉRIO FOSFÁTICO ULTRAFINO

Amanda Aparecida Carneiro  
Adrielle Mércia Alves Santos  
João Victor da Silva Alves  
Michelly dos Santos Oliveira  
Mario Guimarães Junior  
DOI: 10.35587/brj.ed.0001393

**CAPÍTULO 07 .....95**

UMA INVESTIGAÇÃO SOBRE A IDEIA DE NÚMERO

Márcio Roberto Rocha Ribeiro  
Fabrício Oliveira Silva  
Paulo Roberto Bergamaschi  
Rogério Azevedo Rocha  
Hellena Christina Fernandes Apolinário  
Élida Alves da Silva  
DOI: 10.35587/brj.ed.0001394

**CAPÍTULO 08 .....115**

POTENCIAL CITOGENOTÓXICO DE BYRSONIMA CRASSIFOLIA (MURICI), MALPIGHIACEAE

Jonis Franklin Leite dos Santos  
Ingridys Regina B. dos Santos  
Denise Borkenhagen dos Santos  
Ísis Caroline B. dos Santos  
DOI: 10.35587/brj.ed.0001395

**CAPÍTULO 09 .....129**

RELIABILITY OF PORTABLE ELECTRICAL IMPEDANCE MYOGRAPH SKULPT® FOR MORPHOLOGICAL MEASURES OF VASTUS LATERALIS

Ewertton de Souza Bezerra  
Fábio Juner Lanferdini  
Morgana Lunardi  
Rafael Luiz Sakugawa

Rômulo de Oliveira Sena  
Fernando Diefenthaler  
DOI: 10.35587/brj.ed.0001396

- CAPÍTULO 10 .....144**  
IMPLANTAÇÃO DE UM NOVO LAYOUT DE UMA LINHA DE MONTAGEM DE MOTOCICLETAS ESTRUTURADO A PARTIR DA METODOLOGIA MASP E FERRAMENTAS LEAN MANUFACTURING  
Edyones Barros de Oliveira  
Rui Nelson Otoni Magno  
Sil Franciley dos Santos Quaresma  
Mariana Pereira Carneiro Barata  
DOI: 10.35587/brj.ed.0001397
- CAPÍTULO 11 .....167**  
MONITORAMENTO DA PRODUÇÃO ENXUTA COM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL  
Fábio Muniz Mazzoni  
André da Silva Barc  
DOI: 10.35587/brj.ed.0001398
- CAPÍTULO 12 .....183**  
ANÁLISE DE AVARIAS EM ROLAMENTOS, UTILIZANDO ALGORITMOS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL  
André da Silva Barcelos  
Fábio Muniz Mazzoni  
Antônio João Marques Cardoso  
DOI: 10.35587/brj.ed.0001399
- CAPÍTULO 13 .....198**  
A UTILIZAÇÃO DE RECURSOS AUDIOVISUAIS NOS CURSOS SUPERIORES EM ENGENHARIAS DE UMA IES PRIVADA: UMA ANÁLISE QUANTITATIVA DO IMPACTO DA VIDEOAULA NO DESEMPENHO ACADÊMICO DOS ESTUDANTES  
Muriel Batista de Oliveira  
Luiz Claudio Tavares Silva  
DOI: 10.35587/brj.ed.0001400
- CAPÍTULO 14 .....224**  
UTILIZAÇÃO DA RADIAÇÃO INFRAVERMELHA NA SECAGEM DE AMOSTRAS DE BANANA  
Anderson Arthur Rabello  
Úrsula do Carmo Resende  
Fátima de Cássia Oliveira Gomes  
Ana Maria de Resende Machado  
Euler Cunha Martins  
Ícaro Veloso Soares  
DOI: 10.35587/brj.ed.0001401
- CAPÍTULO 15 .....238**  
CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE AMOSTRAS DE REJEITO DE MINERAÇÃO DE BAUXITA E OURO  
Helena Paula Nierwinski

Amanda Reus  
Marcelo Heidemann  
Edgar Odebrecht  
Breno Salgado Barra  
Daniel Hastenpflug  
Yader Alfonso Guerrero Pérez  
DOI: 10.35587/brj.ed.0001402

**CAPÍTULO 16 .....255**

INFLUÊNCIA DOS TRATAMENTOS TÉRMICOS DE SOLUBILIZAÇÃO E ENVELHECIMENTO ARTIFICIAL NA DUREZA DE UMA LIGA DE AL COM 5,5% DE CU PRODUZIDA VIA METALURGIA DO PÓ

Tarsila Tenório Luna da Silva  
Cezar Henrique Gonzalez  
Michelle Maria Perez Lott  
Sandra Torres Zarzar  
Oscar Olimpio de Araujo Filho  
DOI: 10.35587/brj.ed.0001403

**CAPÍTULO 17 .....269**

GERENCIAMENTO DE RISCOS PARA MELHORIAS NO CONTROLE, SEGURANÇA E LICENCIAMENTO DE CENTRAIS NUCLEARES E INSTALAÇÕES RADIATIVAS: APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE ANÁLISE

Valéria Emiliana Alcântara e Alves  
Amir Zacarias Mesquita  
Ana Rosa Baliza Maia  
Alexandre Melo de Oliveira  
Diva Godoy  
Youssef Morghi  
Edson Pereira da Silva  
Patrícia Albernaz Melo Ribeiro  
DOI: 10.35587/brj.ed.0001404

**CAPÍTULO 18 .....281**

ADSORÇÃO DE AZUL DE METILENO DE EFLUENTE USANDO A CONCHA DO MEXILHÃO DOURADO (LIMNOPERNA FORTUNEI) COMO UM MATERIAL DE BAIXO CUSTO

Daniel Mantovani  
Luís Fernando Cusioli  
Gabriel Xavier Jorge  
Grace Anne Vieira  
Magalhães Ghiotto  
Rosângela Bergamasco  
Marcelo Fernandes Viera  
Laiza Bergamasco Beltran  
DOI: 10.35587/brj.ed.0001405

**CAPÍTULO 19 .....294**

DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO MATERIAL ADSORVENTE UTILIZANDO AS CASCAS DAS SEMENTES DE Moringa oleifera Lam. FUNCIONALIZADAS COM

NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE FERRO PARA REMOÇÃO DE METFORMINA DE ÁGUAS CONTAMINADAS

Luís Fernando Cusioli  
Heloise Beatriz Quesada  
Daniel Mantovani  
Jean Paulo Silva Natal  
Raquel Guttierres Gomes  
Rosângela Bergamasco  
Laiza Bergamasco Beltran  
DOI: 10.35587/brj.ed.0001406

**CAPÍTULO 20 .....309**

UTILIZAÇÃO DE RADIAÇÃO UVC PARA DESINFECÇÃO DO AR NOS AMBIENTES

Eduardo Guy Perpétuo Bock  
Gustavo Neves Margarido  
Mauro Machado de Oliveira  
Pedro Fernando Poveda  
Ridnal João do Nascimento  
Wesley Luzetti Fotoran  
DOI: 10.35587/brj.ed.0001407

**CAPÍTULO 21 .....321**

AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DE PESTICIDAS EM ÁGUAS DE FONTES SUBTERRÂNEAS NO MUNICÍPIO DE MARINGÁ, PARANÁ

Daniel Mantovani  
Luis Fernando Cusioli  
DOI: 10.35587/brj.ed.0001408

**SOBRE O ORGANIZADOR.....331**

# CAPÍTULO 20

## UTILIZAÇÃO DE RADIAÇÃO UVC PARA DESINFECÇÃO DO AR NOS AMBIENTES

### **Eduardo Guy Perpétuo Bock**

Doutor em Engenharia Mecânica  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP  
E-mail: bock@ifsp.edu.br

### **Gustavo Neves Margarido**

Mestre em Automação e Controle de Processos  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP  
Doutorando em Energia  
Universidade Federal do ABC – UFABC  
E-mail: gnmargarido@ifsp.edu.br

### **Mauro Machado de Oliveira**

Doutor em Ciências  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP  
E-mail: Mauro.mo@ifsp.edu.br

### **Pedro Fernando Poveda**

Mestre em Automação e Controle de Processos  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP  
Doutorando em ciências  
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN  
Universidade de São Paulo – USP  
E-mail: poveda@ifsp.edu.br

### **Ridnal João do Nascimento**

Mestre em Ciências  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - IFSP  
E-mail: ridnal@ifsp.edu.br

### **Wesley Luzetti Fotoran**

Doutor em Ciências  
Universidade de São Paulo - USP  
E-mail: wesley.fotoran@usp.br

**RESUMO:** O presente trabalho apresenta o projeto de um dispositivo e os testes realizados em um sistema de auxílio na prevenção de contaminações pelo Sars-Cov2 com a desinfecção do ar pela utilização de UVC como ação germicida. O sistema foi testado com E.colis e proporcionou no ar tratado uma visível taxa de inativação das colônias de bactérias aspergidas em sua entrada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Desinfecção de ar; Radiação UVC; Sars-Cov2.

**ABSTRACT:** The present work presents the design of a device and the tests carried out in an system to prevent contamination by Sars-Cov2 with air disinfection by using

UVC as a germicidal action. The system was tested with E.colis and provided in the treated air a visible rate of inactivation of the colonies of bacteria sprayed at its entrance.

**KEYWORDS:** Air disinfection; UVC radiation; Sars-Cov2.

## 1. INTRODUÇÃO: A UTILIZAÇÃO DA RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA COMO GERMICIDA

Com a disseminação mundial do SARS-Cov-2 no começo do ano de 2020, e o posterior reconhecimento da OMS da situação de pandemia, um grande esforço mundial no combate à doença COVID-19 é empreendido, com a busca da diminuição de contágio nas diversas populações. Um dos meios observados de contágio da doença foi o contato respiratório com gotículas expelidas por pessoas que já estariam contaminadas pelo vírus, levando à preocupação da transmissão pelo ar e levando a estudos de possível contaminação em ambientes fechados, como uma pesquisa que concluiu o alto risco de contaminação pelo SARS-Cov-2 em viagens de trens na China (HU *et al.*, 2020). Assim, uma das ações de combate ao COVID-19, seria a desinfecção do ar nos ambientes.

A luz ultravioleta existe em um espectro entre 100 nm e 400 nm (sendo que a luz visível está acima de 400 nm), e pode ser originada por fonte natural, que é o sol, ou por fontes artificiais que são as lâmpadas UVs. Dentro da faixa descrita, temos a categorização da luz ultravioleta no espectro eletromagnético em: UV-A, UV-B e UV-C. A faixa de cada categoria compreende valores de comprimento de onda (TRINDADE *et al.*, 2020), como pode ser verificado (Tabela 1):

**Tabela 1** - Valores de comprimento de onda UV

UV-A	de 315 nm até 400 nm
UV-B	de 280 nm até 315 nm
UV-C	de 100 nm até 280 nm

Fonte: Valores obtidos de TRINDADE et al (2020).

As lâmpadas UV-A e UV-B são utilizadas para bronzamento artificial e luz negra, e já as lâmpadas UV-C são destacadas por promoverem a ação germicida. Trindade *et al.* (2020), alerta que deve ser evitado a superexposição direta das fontes de UV por elevar o risco de desenvolvimento de problemas na pele e olhos.

As lâmpadas UV tem seu funcionamento semelhante às lâmpadas fluorescentes convencionais, com a diferença de não conter revestimento fosfórico (MATHEUS; CANESIN, 2013), assim os circuitos elétricos para seu funcionamento também são semelhantes aos utilizados em lâmpadas fluorescentes comuns, com o uso de reatores para iniciar o seu funcionamento.

A luz ultravioleta é utilizada há muito tempo para desinfecção em todo o mundo, com seu efeito germicida tendo sido detectado pela primeira vez em 1878 (MOURA *et al.*, 2002). Os fótons energéticos da luz quebram as ligações químicas do material genético do DNA ou RNA dos micro-organismos, inativando-os, matando-os ou ainda incapacitando a reprodução (MOURA *et al.*, 2002).

As lâmpadas germicidas são projetadas para oferecerem um alto rendimento de raios UVC na faixa de 253,7 nm (XAVIER *et al.*, s.d.), a qual os microrganismos são excepcionalmente vulneráveis devido ao comprimento de onda máximo de absorção das moléculas de DNA serem de 260 nm (TSENG; LI, 2007).

Assim, lâmpadas UVC são usadas para desinfecção de muitos objetos e ambientes, entre outras aplicações. Ao longo das últimas décadas a desinfecção de águas através da radiação ultravioleta tornou-se amplamente reconhecida e aceita pelas agências reguladoras como um processo de purificação seguro e econômico (MATHEUS; CANESIN, 2013). Takasuka *et al.* (2004), cita a utilização da radiação UV fornecida por lâmpadas para a inativação de coronavírus para a produção de vacinas para SARS-CoV1.

Na utilização de radiação UVC para purificação de água, o processo fotoquímico é responsável por uma baixa geração de subprodutos, portanto com mínimos riscos à saúde, como a formação de formaldeídos e acetaldeídos na desinfecção de águas residuais ou ainda a conversão de nitrato a nitrito em exposição à radiação UV abaixo de 240 nm (MOURA *et al.*, 2002), porém as lâmpadas germicidas geralmente apresentam faixa de trabalho em 254 nm, diminuindo assim esses riscos.

A eficiência da lâmpada vai caindo conforme a quantidade de horas de seu uso, pelo decaimento da potência irradiada, conforme é relatado por Silva *et al.* (2003), que, trabalhando com a pesquisa de utilização de radiação UV em bactérias sobre filmes de polietileno de baixa densidade, observou que após 1500 horas de uso, a intensidade da radiação UV reduziu-se de 288 para 78  $\mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$ , e assim também diminui a eficiência da radiação UV na inativação dos microrganismos.

Em relação à quantificação da radiação de uma lâmpada UV para avaliação da atividade germicida, é considerada a dose de radiação emitida, que pode ser expressa como a intensidade de radiação proporcionada pela lâmpada por área irradiada, por um determinado tempo de exposição (MOURA *et al.*, 2002):



$$D = I \times t \quad \text{Eq. 01}$$

Onde:

D = Dose de radiação ultravioleta (W.s/cm<sup>2</sup>)

I = Intensidade da radiação (W/cm<sup>2</sup>)

t = Tempo de exposição (s)

No caso de aplicações de irradiação UV em volumes de controle, como acontece com os filtros de água que utilizam essa tecnologia, pode ser considerado o emprego da intensidade média no meio em que há a irradiação. Assim, a inativação dos microrganismos pode ser dada pela seguinte equação (MOURA *et al.*, 2002):

$$\ln \frac{N}{N_0} = -K \times I_M \times t \quad \text{Eq. 02}$$

Onde:

N = Concentração de germes após exposição da radiação UV

N<sub>0</sub> = Concentração de germes antes da exposição

K = Coeficiente de letalidade à UV dos microrganismos

I<sub>M</sub> = Intensidade média da radiação germicida

## 2. DESINFECÇÃO DE AR POR UV

O ar contaminado por alguns tipos de patógenos pode promover a transmissão de doenças nos ambientes, sem a devida troca desse ar ou a devida esterilização do mesmo. Xavier *et al.* (s.d.), define esterilização:

Esterilização é o processo pelo qual os micro-organismos vivos são removidos ou mortos a tal ponto que não seja mais possível detectá-los no meio de cultura padrão no qual previamente haviam proliferado, para um aceitável nível de segurança, reduzindo, assim, o potencial de transmissão de doenças para os profissionais e pacientes [...]. (POSSARI e ALMEIDA, 2001 apud XAVIER *et al.*, s.d.)

Pesquisas mostram a possibilidade de utilização de radiação UVC, com eficácia, no controle de germes no ar, como a pesquisa conduzida por Lin e Li (2002), com a geração de aerossóis por nebulizador contendo *Escherichia coli*, *Bacillus*

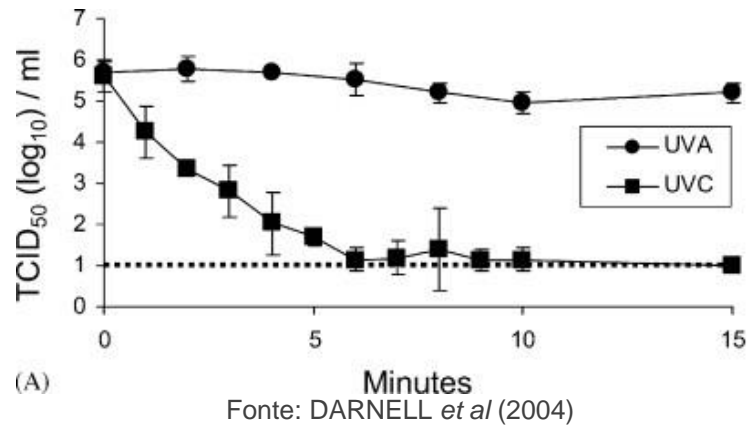
esporos subtilis, células de *Candida famata* var. *flareri* e esporos de *Penicillium citrinum* em confinamento iluminado com lâmpadas UVC. Cada patógeno necessita de uma exposição energética mínima da radiação UVC para sua inativação.

Lin e Li (2002), deixa a observação na pesquisa de que a umidade relativa do ar pode ter influência no processo, observando-se que as suscetibilidades dos microrganismos ao UVC a 80 % de umidade relativa eram mais baixas do que aquelas encontradas a 50 % de umidade relativa. A influência da umidade relativa também é citada por Tseng e Li (2007), quando pesquisado a esterilização por radiação UVC em superfícies, que observou que a suscetibilidade dos vírus utilizados nos testes, à ação da radiação UVC, foi maior na umidade relativa do ar em 55 % do que a 85 %.

Nebulizadores para simular aerossóis foi utilizado por Van Doremalen et al (2020), para analisar a estabilidade do vírus do SARS-CoV-2 em aerossóis sobre superfícies em comparação ao vírus do SARS-CoV-1. Descobriu-se que a estabilidade do vírus do SARS-CoV-2 foi similar à estabilidade do vírus do SARS-CoV-1 nas superfícies testadas. Os autores ainda concluíram com os resultados, que a transmissão do SARS-CoV-2 por aerossóis era plausível, pois o vírus podia permanecer viável e infeccioso em aerossóis por horas.

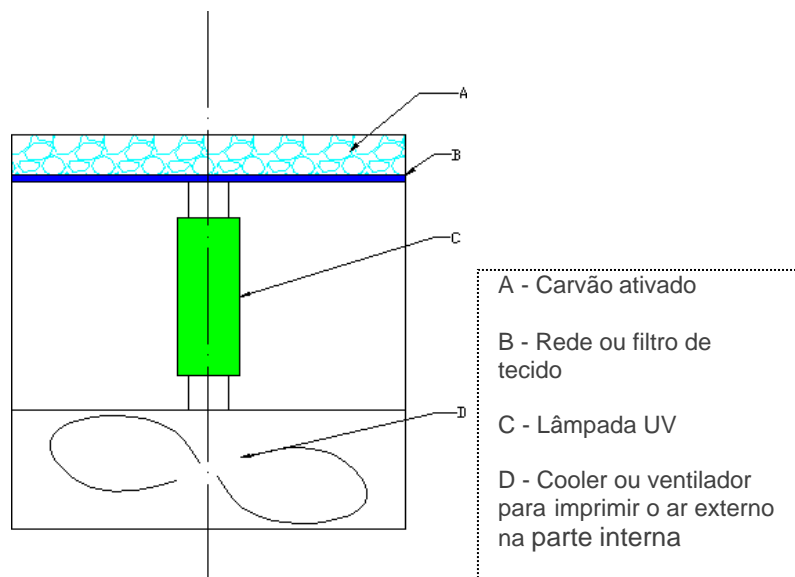
Dong *et al.* (2003), mostrou ser possível a destruição da infectividade viral em um nível indetectável do SARS-CoV-1 com irradiação de UVC em cultura. Assim estima-se ser possível também a inativação do SARS-CoV-2 com radiação UVC. Darnell *et al.* (2004), também estuda a utilização de irradiação UV para inativação dos vírus do SARS-CoV-1, usando uma fonte de luz UVC de 4016  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  e uma fonte de luz UVA de 2.133  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , ambas aplicadas a 3 cm de distância de amostras contaminadas. Um gráfico com a comparação da inativação dos vírus por tempo, para cada fonte, pode ser observado a seguir(Figura 1):

**Figura 1** - Gráfico de comparação da inativação de vírus por radiação UVA e UVC



Um sistema com captação de ar e utilização de lâmpada UVC poderia exercer a ação esterilizante no ar do interior de ambientes, já que a transmissão dos vírus respiratórios (e outros patógenos), pode se dar pela eliminação de gotículas junto ao ar expelido pelas pessoas. O funcionamento do sistema se daria pela sucção do ar, que ficaria levemente retido na parte onde está a lâmpada, pela ação do filtro posterior, e receberia radiação UVC enquanto não passa pelo filtro (Figura 2).

**Figura 2** - Esquema simplificado de sistema de esterilização de ar por UVC



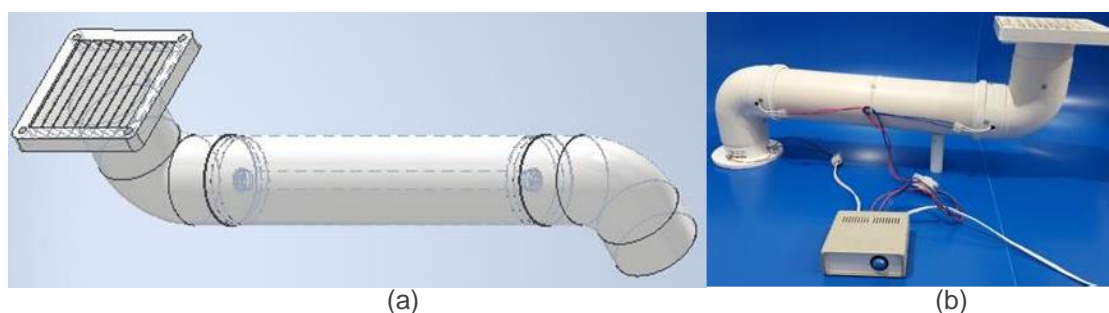
Fonte: autores.

Após o ar passar pelo filtro encontra uma camada de carvão ativado que irá agir na absorção de gotículas de saliva remanescentes. O filtro e a camada de carvão ativado recebem a luz UVC e assim estariam constantemente sendo desinfetados.

### 3. MONTAGEM DO APARATO EXPERIMENTAL

Foi idealizado um projeto de dispositivo para o tratamento do ar ambiente por radiação UVC com a utilização de uma lâmpada fluorescente tubular germicida de radiação UVC com potência nominal de 15 W, dentro de uma tubulação em PVC, devido ao formato da lâmpada, como confinamento do dispositivo, no qual seria insuflado ar do ambiente externo. O dispositivo também integrava um captador de ar com ventilação no duto de entrada e saída superior do ar tratado, com difusor de ar com suporte para manta filtrante (Figura 3 a). A montagem do dispositivo foi feita de forma que o mesmo pudesse trabalhar no sentido de captar o ar que estivesse abaixo e, após passagem pela parte interna do duto irradiador de UVC, pudesse ser elevado para a saída no difusor (na parte superior), que ainda estaria retendo possíveis gotículas de saliva presentes no ar pela ação de uma manta filtrante de carvão ativado em seu interior. A parte elétrica ficou externa à montagem do conjunto (Figura 3 b).

**Figura 3** - Desenho do projeto do dispositivo montado



Fonte: autores.

Alguns dados que apresentam alguma importância aos ensaios, relativos aos componentes utilizados na montagem do dispositivo, são relacionados a seguir (Tabela 2):

**Tabela 2** - Informações sobre os componentes da montagem

Potência nominal da lâmpada UV germicida	15	W
Potência para a faixa entre 200 e 280 nm	4	W
Diâmetro da lâmpada	26	mm
Comprimento da lâmpada	436	mm
Vazão do ventilador	134	m <sup>3</sup> /h
Diâmetro do Tubo	100	mm

Fonte: autores.

Com os dados relacionados anteriormente, foi feita a realização de alguns cálculos que caracterizam o funcionamento do dispositivo trabalhando na irradiação UVC do ar (Tabela 3):

**Tabela 3** - Valores calculados do dispositivo em funcionamento

Área superficial média irradiada por UVC	862,9327	cm <sup>2</sup>
Intensidade média da radiação UVC	4635,356	μW/cm <sup>2</sup>
Volume do ar irradiado por UVC	3192,851	cm <sup>3</sup>
Velocidade do ar na entrada	508,2883	cm/s

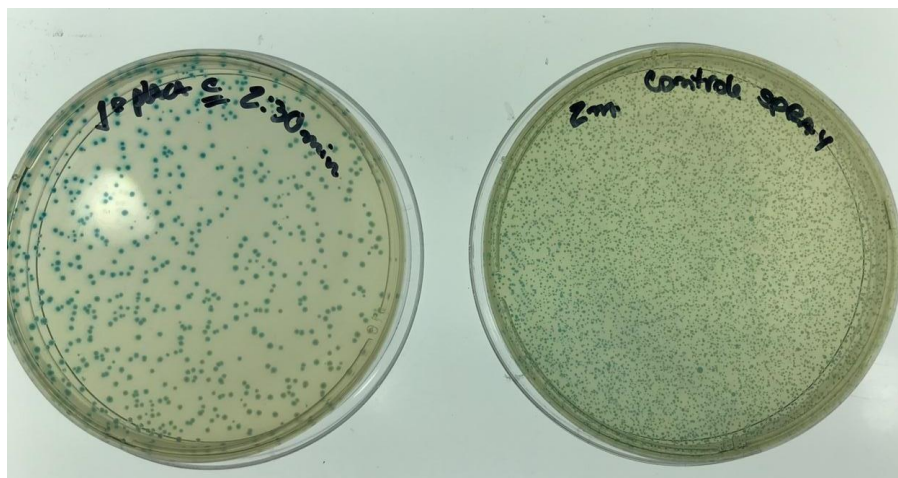
Fonte: autores.

Para a realização dos ensaios biológicos foi optado pela utilização de bactérias, *E.colis*, muito utilizada nas pesquisas pela segurança proporcionada na realização dos ensaios em laboratório. A dose de inativação dessas bactérias é indicada por Xavier *et al.* (s.d.), como sendo de 7000 μwatt/s.cm<sup>2</sup>. As bactérias estariam em solução aquosa e seriam aspergidas através da injeção de spray na entrada de ar no sistema em operação.

#### 4. REALIZAÇÃO DO ENSAIO E RESULTADOS

Inicialmente, sob fluxo laminar isolado e estéril, o dispositivo para tratamento do ar foi acionado, sendo previamente retirados os elementos filtrantes (operação sem filtro), e sem o funcionamento da lâmpada germicida (sem UVC), somente então, o dispositivo realizando a insuflação do ar externo para passagem pelos seus dutos internos e posterior saída, como condição de controle para os ensaios subsequentes. *E.colis* capazes de processar substrato de X-gal por alpha complementação foram então dispersadas na entrada de ar por efeito aerossol a cada 30 segundos. Placas de LB/Ampicilina foram então ajustadas na saída do protótipo por um período de 2 h 30 min. A saída do ar coletado em placa foi comparado com a aplicação direta do spray em outra placa (Figura 4).

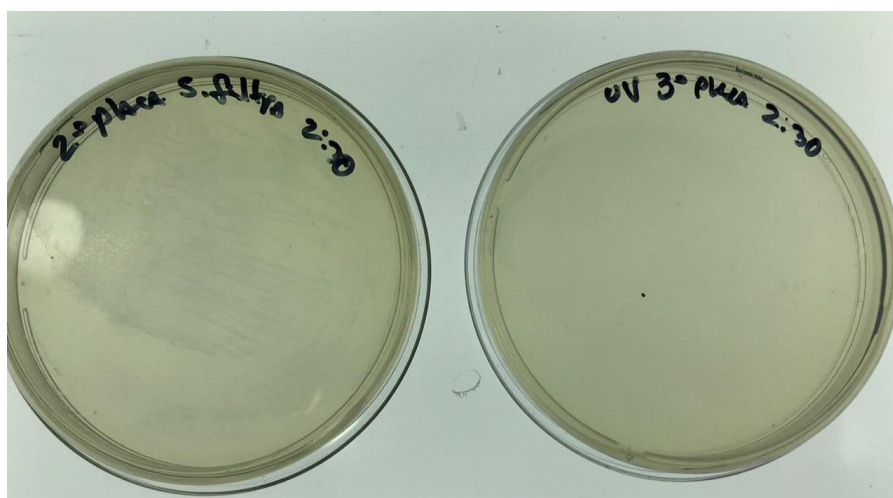
**Figura 4** – Placas: ensaio sem filtro e UVC (esquerda) e aplicação de spray direto (direita)



Fonte: autores.

Posteriormente foi realizado um ensaio nas mesmas condições descritas anteriormente, porém, agora com o funcionamento da lâmpada germicida, mas ainda sem a ação dos elementos filtrantes de manta de carvão ativado, que foram colocados no dispositivo no ensaio seguinte que estaria testando o funcionamento do dispositivo completo, funcionando com a ação da lâmpada germicida e do filtro na saída de ar. Na comparação das placas utilizadas em ambos os ensaios, pode ser observado a eliminação das colônias de bactérias a um nível visual, tanto com a utilização de UVC e filtro, quanto na utilização de radiação UVC somente (Figura 5).

**Figura 5** - Placas: utilização de UVC sem filtro (esquerda) e UVC com filtro (direita)



Fonte: autores.

Somente na situação de controle, uma média de 2200 colônias puderam ser observadas, nas demais condições as placas se mostraram estéreis por 30 horas.

Esse ensaio visou analisar o particulado líquido, uma vez que a colônia de E.coli foi crescida até a fase estacionária em meio LB líquido e então dispersada por aerossol nessa forma. Os ensaios foram feitos em triplicata.

## **5. CONCLUSÕES**

Os ensaios realizados com bactérias E.colis mostraram que o dispositivo proporcionou uma visível taxa de inativação das colônias aspergidas no duto, tanto nas condições de utilização de UVC combinado com elemento filtrante, quanto na utilização somente do UVC. Como o que foi mencionado no artigo em relação às pesquisas sobre Sars-Cov1 e o comportamento parecido do Sars-Cov2 em relação à radiação UVC em superfície, e considerando as pesquisas que indicam a necessidade de uma intensidade de radiação UVC, para inativação do Sars-Cov1, menor do que a necessária para inativação de E.colis, suspeita-se que o sistema poderia realizar a inativação do Sars-Cov2 em gotículas presentes no ar.

## REFERÊNCIAS

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.

DONG, Xiao-Ping *et al.* Stability of SARS coronavirus in human specimens and environment and its sensitivity to heating and UV irradiation. 2003.

HU, Maogui *et al.* The risk of COVID-19 transmission in train passengers: an epidemiological and modelling study. **Clinical Infectious Diseases**, 2020.

LIN, Chia-Yu; LI, Chih-Shan. Control effectiveness of ultraviolet germicidal irradiation on bioaerosols. **Aerosol science and technology**, v. 36, n. 4, p. 474-478, 2002.

MATHEUS, Bruno P.; DE BRITO, Moacyr AG; CANESIN, Carlos A. Modelagem de lâmpada fluorescente UV em uma aplicação para fins de purificação de água. **Power Electronic-SOBRAEP**, v. 18, n. 2, p. 946-953, 2013.

MOURA, ALEX *et al.* Avaliação do emprego da radiação ultravioleta na desinfecção de águas com turbidez e cor moderadas. 2002.

SILVA, Cleuber Antonio de Sá *et al.* Evaluation of ultraviolet radiation to control microorganisms adhering to low-density polyethylene films. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 34, n. 2, p. 175-178, 2003.

TAKASUKA, Naomi *et al.* A subcutaneously injected UV-inactivated SARS coronavirus vaccine elicits systemic humoral immunity in mice. **International immunology**, v. 16, n. 10, p. 1423-1430, 2004.

TRINDADE, Neilo Marcos *et al.* Thermoluminescence of UV-irradiated  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: C, Mg. **Journal of Luminescence**, p. 117195, 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. Artigo traduzido pelo programa de tradução de artigos da Universidade Federal do Paraná - UFPR, por: André Jardim Domingues e Lara Frangiotto Lopes

XAVIER, Kátia C. R.; SCHMIDT, Erik M. M.; LIMA, Carlos J. Desenvolvimento de um sistema de esterilização utilizando radiação ultravioleta c para aplicações hospitalares. XII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VIII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, s.d.



Agência Brasileira ISBN  
ISBN: 978-65-81028-25-1.