



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ – UFOPA
INSTITUTO DE ENGENHARIA E GEOCIÊNCIAS – IEG
BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA**

KELVEN KLAIN LIMA LOPES

FÍSICA E SUAS APLICAÇÕES NAS ENGENHARIAS E TECNOLOGIAS

SANTARÉM

2020

KELVEN KLAIN LIMA LOPES

FÍSICA E SUAS APLICAÇÕES NAS ENGENHARIAS E TECNOLOGIAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia para obtenção do grau de Bacharel em Ciência e Tecnologia na Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Engenharia e Geociências.

Orientador: Manoel Maria Bezerra Neto

SANTARÉM

2020



PRÓ-REITORIA DA CULTURA, COMUNIDADE E EXTENSÃO
DIRETORIA DE EXTENSÃO
COORDENAÇÃO DE PROGRAMAS E PROJETOS
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE EXTENSÃO – PIBEX 2019/2020

Linha temática: Tecnologia e produção.

FÍSICA E SUAS APLICAÇÕES NAS ENGENHARIAS E TECNOLOGIAS¹

Kelven Klain Lima Lopes¹; Luis Henrique Dias Braga²; Manoel Maria Bezerra Neto³

¹Estudante do Curso de Ciência e Tecnologia - IEG – e Bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Extensão - Pibex/Ufopa; E-mail: kelvenlima@live.com; ² Estudante - IEG – Ufopa; ³ Docente do IEG – Ufopa; E-mail: manojel.bezerra@ufopa.edu.br

RESUMO: Atualmente, vivenciamos uma pandemia causada pela disseminação da doença COVID-19, provocada pelo novo coronavírus, o SARS-CoV-2, que possui alta taxa de transmissão e infectou rapidamente comunidades de diversos países, pois é disseminado pelo contato direto entre pessoas, por meio de gotículas respiratórias expelidas, ou por contato indireto, como a propagação em locais confinados. Em vista disso, o projeto de extensão intitulado “Laboratório de Aplicações em Engenharia”, da Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA, buscou métodos de prevenção e enfrentamento da pandemia, apresentando como resposta científica e tecnológica a utilização da radiação ultravioleta para inativar microrganismos como vírus, bactérias e fungos. Dessa forma, o objetivo desse trabalho é desenvolver um protótipo de um sistema de desinfecção de ar como forma de reduzir a contaminação da COVID-19, além de assegurar condições mais salubres para ambientes fechados. Para isso foi realizada uma pesquisa bibliográfica de literaturas científicas específicas em radiação UV que conduziram os parâmetros necessários para o dimensionamento e construção do sistema, além disso, foram feitos testes biológicos numa sala de aula para demonstrar a sua eficiência. Já os resultados evidenciaram um considerável rendimento de descontaminação no espaço em que o protótipo foi inserido, porém, o mesmo precisa ser aprimorado para garantir uma desinfecção mais abrangente. Portanto, o sistema produzido demonstrou ser importante tanto para a comunidade acadêmica da UFOPA, quanto para a população em geral, pois confere a melhoria

¹ Artigo apresentado à Pró-Reitoria da Cultura, Comunidade e Extensão como Relatório Final do Plano de Trabalho “Física e suas aplicações nas Engenharias e Tecnologias – Projeto Laboratório de Aplicações em Engenharia”, contemplado com bolsa no EDITAL CONJUNTO PROENSINO/PROPPIT/PIBEX Nº 001/2019, do Programa Institucional de Bolsas de Extensão - Pibex, com vigência no período de 01/10/2019 a 30/12/2020.

da qualidade do ar e, conseqüentemente, da qualidade de vida e saúde das pessoas em ambientes fechados.

Palavras-chave: coronavírus; desinfecção; extensão; pandemia; ultravioleta

INTRODUÇÃO

A princípio o plano de trabalho seria voltado as escolas de ensino médio do município, tendo como objetivo principal demonstrar através de experimentos os conceitos físicos aplicados na geração de energia, porém, desde a emergência na China, em dezembro de 2019, do novo coronavírus denominado SARS-CoV-2 (*Severe Acute Respiratory Syndrome of Coronavirus 2*), responsável pela doença COVID-19 (*Coronavirus Disease 2019*), a humanidade tem enfrentado uma grave crise sanitária global. Apesar desse vírus apresentar uma baixa taxa de mortalidade, novos e numerosos casos surgiram rapidamente em diversos países, o que levou a Organização Mundial de Saúde (OMS) a decretar uma Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional, em 30 de janeiro de 2020 e uma pandemia no dia 11 de março de 2020 (WHO, 2020).

Mediante ao alto potencial de transmissibilidade e contágio do vírus, associado à inexistência de vacinas e antivirais específicos eficazes para a prevenção e tratamento da doença, várias autoridades governamentais vêm adotando diversas medidas de saúde pública para a mitigação e controle da pandemia. Tais medidas incluem o isolamento de casos; o incentivo à higienização das mãos, o uso de máscaras faciais; e medidas progressivas de distanciamento social, com o fechamento de escolas e universidades, a proibição de eventos de massa e de aglomerações, a restrição de viagens e transportes públicos, até a completa proibição da circulação nas ruas através da quarentena (AQUINO, 2020).

No entanto, mesmo com essas medidas sanitárias em vigência, o número de vítimas acometidos pela doença vem crescendo exponencialmente no Brasil. Um dos fatores que agravam esta situação é a circulação e presença de pessoas em ambientes fechados, como, por exemplo, profissionais de saúde que exercem atividades essenciais, pois a carga viral suspensa no ar desses espaços tende a ser mais alta, facilitando a contaminação dos indivíduos expostos, uma vez que a transmissão do SARS-CoV-2 se dá, predominantemente, por meio de gotículas contaminadas de secreções da orofaringe de uma pessoa infectada para uma pessoa livre da infecção, através de aerossóis e pelo contato com superfícies e

objetos contaminados, onde o vírus pode permanecer viável por até 72 horas (BRASIL, 2020).

Uma tecnologia capaz de prevenir e minimizar esse problema é a utilização da radiação ultravioleta para desinfetar o ar em ambientes fechados. O método de descontaminação com irradiação ultravioleta germicida (UVGI) tem sido estudada por diversos pesquisadores e usada extensivamente na purificação de água, ar e superfícies em geral, sendo capaz de inativar microrganismos, limitando sua capacidade de crescer e se multiplicar, pois gera alterações significativas em seus ácidos nucleicos, deixando-os incapazes de desempenhar importantes funções metabólicas (Kowalski, 2010).

Nesse contexto, o projeto de extensão “Laboratório de Aplicações em Engenharia” como plano de trabalho físico teve suas atividades afetadas, pois as escolas públicas foram fechadas e o projeto tem como público-alvo os alunos dessas instituições de ensino, em que apresenta experimentos e/ou dispositivos didáticos para proporcionar uma melhor aprendizagem de aplicações tecnológicas das Engenharias. O plano de trabalho inicial, que envolvia o desenvolvimento de geradores de energia, como uma hidrelétrica, teve que ser alterado, porém não fugiu do contexto, pois o sistema desenvolvido envolve aplicações físicas e serve como forma de cumprir suas práticas extensionistas de responsabilidade e compromisso social para atender a população nesse momento de calamidade pública.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi desenvolver o protótipo de um dispositivo para desinfecção de ar em locais fechados, utilizando a tecnologia UVGI, como uma forma de reduzir os riscos de contágio e disseminação da COVID-19, além de outros agentes biológicos, como fungos e bactérias, e, assim, promover maior segurança para alunos, professores e toda a comunidade acadêmica quando do retorno às atividades presenciais na Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Como primeira etapa foi realizada uma revisão bibliográfica e exploratória dos conceitos envolvendo a UVGI, mais um estudo do funcionamento de sistemas de tratamento de ar, através de livros e artigos científicos especializados nesse assunto. Essa pesquisa norteou os parâmetros a serem considerados no

dimensionamento do sistema proposto neste trabalho, como a escolha da lâmpada mais adequada, dos materiais necessários e dos cálculos a serem elaborados.

A UVGI usa luz ultravioleta de onda curta (UVC) para inativar organismos virais, bacterianos e fúngicos, de forma que eles sejam incapazes de se replicar e causar doenças, tornando-os inofensivos. A literatura científica disponível estabelece que a faixa de comprimento de onda UV mais eficaz para a inativação de microrganismos está entre 220 e 280 nm, com pico de eficácia próximo a 254 nm. A fonte padrão de UVC em sistemas comerciais são as lâmpadas de vapor de mercúrio de baixa pressão, que emitem principalmente UVC de 253,7 nm, valor quase ideal (Kowalski, 2010).

A aplicação de UVC está se tornando cada vez mais frequente à medida que aumentam as preocupações com a qualidade do ar interno. UVC agora é usado como um controle de engenharia para interromper a transmissão de organismos patogênicos, como o SARS-CoV-2. O rendimento do UVGI depende principalmente da dose de UV (D_{UV} , $\mu\text{J}/\text{cm}^2$) entregue aos microrganismos:

$$D_{UV} = I \times t, \quad (1)$$

onde I é a irradiância média em $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ e t é o tempo de exposição em segundos. Para calcular a irradiância, temos que:

$$I = \frac{P}{A}. \quad (2)$$

Nessa equação, P é a potência da lâmpada germicida e A é a área de um cilindro tubular. O tempo de exposição é obtido através da fórmula da vazão volumétrica Q :

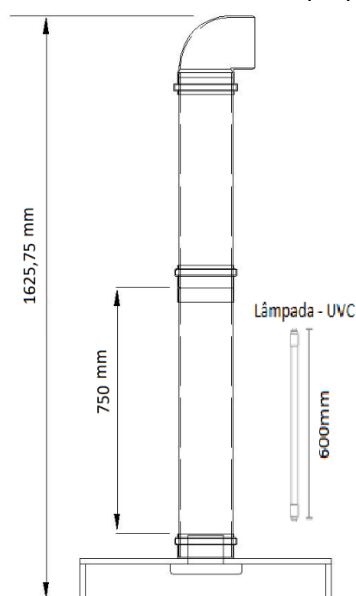
$$Q = v \times A, \quad (3)$$

onde v representa a velocidade do ar e A é a área da seção transversal do tubo. Na segunda etapa do trabalho, iniciou-se a elaboração, desenvolvimento e montagem do equipamento de descontaminação.

O protótipo funciona a partir de um exaustor que arrasta as partículas em suspensão para dentro do tubo, que é revestido por uma superfície refletiva para manter a irradiância efetiva e onde a lâmpada germicida está instalada ao centro, assim, o ar é esterilizado pela luz UVC e retorna ao ambiente de forma mais limpa, propiciando maior salubridade aos indivíduos presentes. Além disso, um pequeno circuito elétrico, com fios de ligação, reator para a lâmpada e fusível de proteção, foi implementado ao sistema para a preservação dos equipamentos.

A estrutura proposta para o sistema é apresentada na Figura 1, a seguir:

Figura 1: Estrutura do sistema proposto.



Fonte: Autor 2021.

Dessa forma, foram utilizados os materiais (Tabela 1), com a preocupação de garantir um custo mínimo combinado com um bom desempenho do sistema.

Tabela 1: Materiais utilizados.

QUANTIDADE	MATERIAL
1	Peça 500X500x15 mm - Compensado
2	Peça 500X150x15 mm - Compensado
14	Parafusos para madeira 3X16mm
1	Exaustor 6m ² - 75m ³ /h
1	CAP PVC 150mm 6" Tigre
1	Luva PVC 150mm 6" Tigre
1	Joelho PVC 150mm 6" Tigre
1,5	Peça tubo PVC 150mm 6" Tigre 6m
1,6	Fita adesiva Alumínio 30cm x 10m
2	Soquetes com entrada para starter
1	Cabo azul ou vermelho 1mm - 100m
1	Reator 1 lampada 20w
1	Caixa de passagem 154X110X70mm Steck
1	Interruptor tipo chave gangorra
1	Porta fusível de rosca 5x20
1	Fita isolante
1	Perfil PVC adesivo
0,4	Solda estanho 60x40 1mm 500g Soft
2	Fio paralelo 2x2,5mm
1	Plug macho 10 ^a
1	Lampada UVC 20w germicida 60cm
1	Fusível 5x20 10 ^a

Fonte: Autor 2021.

A aquisição dos materiais e ferramentas ocorreu por meio da cooperação e doação conjunta de professores e alunos. Ressalta-se o reaproveitamento de

alguns materiais, como compensados e tubos, dando uma nova aplicabilidade para esses objetos e dispendo sobre a conscientização ambiental para os participantes do projeto.

Por fim, na última etapa ocorreu a realização de testes biológicos para comprovar a eficiência do aparelho construído. Tais experimentos foram conduzidos em uma sala de aula da Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA, localizada no campus Tapajós, com amostras de microrganismos coletadas em três pontos da sala (próximo ao quadro, no meio e no fundo sala), inicialmente, sem o sistema presente na sala, em seguida, novas amostras foram recolhidas num intervalo de trinta minutos, agora com o aparelho funcionando.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ambientes climatizados que não possuem sistema adequado de renovação e tratamento de ar, tornam-se fatores de riscos, podendo contribuir para o aumento na transmissão e proliferação de diversos patógenos. Por esse motivo, o sistema desenvolvido para descontaminação de ar atende às características de ser portátil, facilitando o transporte para diferentes ambientes confinados e também com um fácil manuseio. A configuração final do protótipo é apresentada abaixo na Figura 2:

Figura 2: Configuração final do protótipo.



Fonte: Autor 2021.

Para a execução dos cálculos do trabalho alguns parâmetros foram considerados, como a potência da lâmpada germicida, as dimensões do tubo e a

vazão volumétrica do exaustor. Desse modo, para determinar a dose de UV, primeiramente, calculou-se a irradiância da lâmpada e depois o tempo de exposição. A irradiância da lâmpada é a seguinte:

$$I = \frac{P}{A} = \frac{20 \text{ W}}{2\pi RH} = \frac{20 \text{ W}}{2\pi \times 7,5 \times 60 \text{ cm}^2} = 7,07 \text{ mW/cm}^2. \quad (4)$$

Já a velocidade do ar é dada a seguir:

$$Q = A \times v$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{75 \text{ m}^3/\text{h}}{\pi R^2} = \frac{2,08 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}}{\pi (0,075)^2 \text{ m}^2} = 1,177 \text{ m/s} = 117,7 \text{ cm/s}, \quad (5)$$

assim, o tempo de exposição é:

$$t = \frac{H}{v} = \frac{60 \text{ cm}}{117,7 \text{ cm/s}} = 0,51 \text{ s}. \quad (6)$$

Portanto, a dose de UV apresentada pelo sistema é:

$$D_{UV} = I \times t = 7,07 \times 0,51 = 3,61 \text{ mJ/cm}^2 = 36,1 \text{ J/m}^2. \quad (7)$$

Segundo KOWALSKI (2010), esse valor é considerado suficiente para inutilizar alguns vírus e bactérias, como pode ser visto na Tabela 2. Na tabela são analisados os valores para um ar com alta umidade, característico da região norte, e dose com rendimento de 90%.

Tabela 2: Constantes de taxa média UVGI para grupos microbianos.

Microbe	Type	Water		Surface		Air – Lo RH		Air – Hi RH	
		UV k m ² /J	D ₉₀ J/m ²	UV k m ² /J	D ₉₀ J/m ²	UV k m ² /J	D ₉₀ J/m ²	UV k m ² /J	D ₉₀ J/m ²
Bacteria	Veg	0.08463	27	0.14045	16	0.38887	6	0.07384	31
Viruses	All	0.05798	40	0.03156	73	0.39985	6	0.29050	8
Bacterial spores	Spores	0.01439	160	0.01823	126	0.02566	90	0.02600	89
Fungal cells and yeast	Veg	0.01008	229	0.00700	329	0.09986	23	–	–
Fungal spores	Spores	0.00916	251	0.00789	292	0.00730	315	0.00472	488

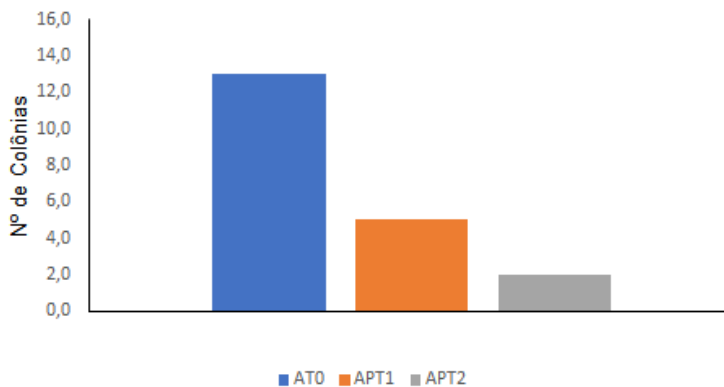
Fonte: KOWALSKI (2010).

Para o SARS-CoV-2 as condições experimentais devem ser examinadas, pois os dados variam entre as literaturas disponíveis, assim, Gerchman et al. (2020) mostra que é preciso uma dose entre 60-70 J/m² para uma inativação completa do novo coronavírus, aplicando um comprimento de onda UV de 254 nm em 60 segundos de exposição.

Logo, para uma melhor eficiência no combate ao vírus da COVID-19 e outros microrganismos que são menos suscetíveis à radiação UV, como fungos, é essencial adaptar os parâmetros empregados no projeto, como, por exemplo,

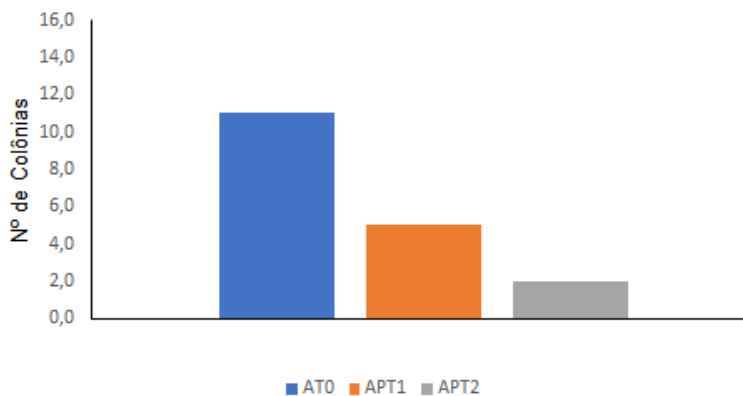
aumentando a potência da lâmpada e do tempo de exposição. No entanto, os resultados dos cálculos já garantem um desempenho satisfatório do sistema de desinfecção na qualidade do ar no ambiente submetido. Além disso, os testes biológicos (Gráficos 1, 2 e 3) também corroboram essa qualidade significativa.

Gráfico 1: Quadro



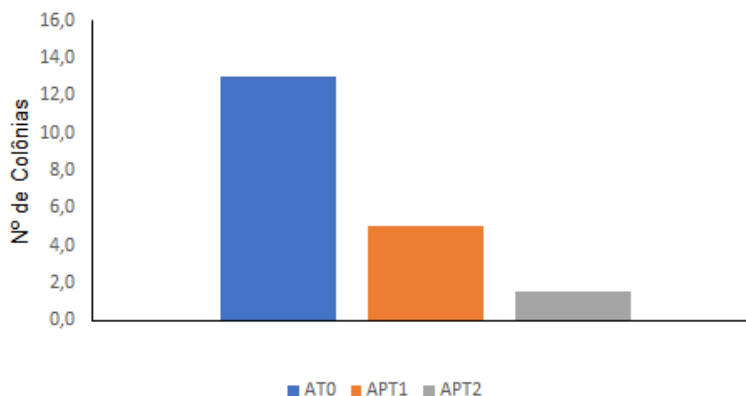
Fonte: Autor 2021.

Gráfico 2: Meio da Sala



Fonte: Autor 2021.

Gráfico 3: Fundo da Sala



Fonte: Autor 2021.

Analisando as figuras percebe-se a diminuição do número de colônias de microrganismos presentes na sala de aula, pois no momento inicial o aparelho está

desligado (tratamento AT0), depois, com o sistema ligado (tratamentos APT1 após trinta minutos e APT2 após sessenta minutos) há uma queda gradual de agentes biológicos no decorrer do tempo. Aliás, é importante salientar o maior decaimento referente ao fundo da sala, em razão do protótipo estar posicionado nesta região.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como protótipo, isto é, um modelo preliminar, o sistema de desinfecção por UVGI garantiu uma considerável limpeza do ar de um espaço confinado por um baixo custo, contudo, o sistema precisa ser aprimorado para assegurar uma desinfecção mais abrangente. E por mais que tenha sido idealizado como uma ação de segurança para um possível retorno às aulas da UFOPA, ele será importante para a sociedade em geral, pois pode manter um nível seguro de salubridade em laboratórios, hospitais, consultórios, salas de espera, entre outros, e para além da situação pandêmica atual.

Além disso, o projeto já teve reconhecimento local, já que a falta de uma vacina efetiva contra o SARS-CoV-2 gera expectativas para qualquer outra estratégia que possa diminuir as consequências graves desse novo vírus sobre a população. Sendo anunciado em portais de notícias como o G1 e também pauta de entrevistas para jornais televisivos da região.

Ademais, busca-se otimizar e automatizar o sistema já produzido para maior segurança no uso e manutenção, assim como obter uma vida útil mais longa dos equipamentos.

AGRADECIMENTOS

À Pró-Reitoria da Cultura, Comunidade e Extensão - Procce/Ufopa, pela Bolsa Pibex concedida, com fonte financeira do Plano Nacional de Assistência Estudantil – PNAES. À Universidade Federal do Oeste do Pará pela atuação no enfrentamento à COVID-19. E aos professores do Instituto de Engenharia e Geociências – IEG que participaram do projeto.

REFERÊNCIAS

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. **ASHRAE Handbook: HVAC Applications, SI edn.** In: ultraviolet air and surface treatment. Ch.62. Atlanta-USA, 2011.

AQUINO, Estela ML et al. **Medidas de distanciamento social no controle da pandemia de COVID-19: potenciais impactos e desafios no Brasil.** *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 25, p. 2423-2446, 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância à Saúde (SVS). **Guia de vigilância Epidemiológica: COVID-19.** Brasília, DF, 2020.

CAMPOS, ERICK C.; GUEDES, BRUNO A. M. **Relatório Técnico: Impactos da Pandemia de COVID-19 sobre Sistemas de Ar Condicionado e Climatização**, 2020. Disponível em: <https://www2.ufjf.br/noticias/wp-content/uploads/sites/2/2020/07/relatorio_tecnico_impactos_da_pandemia_de_covid_19_sobre_sistemas_de_ar_condicionado_e_climatizacao.pdf>. Acesso em: 15 de dez. 2020.

FREYMANN, Gisele F. et al. **DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE RADIAÇÃO UV-C PARA O CONTROLE MICROBIOLÓGICO DE DUTOS DE AR CONDICIONADO.** In: XI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação. São Paulo. Anais, 2007.

GERCHMAN, Yoram et al. **UV-LED disinfection of Coronavirus: Wavelength effect.** *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, v. 212, p. 112044, 2020.

KOWALSKI, Wladyslaw. **Ultraviolet germicidal irradiation handbook: UVGI for air and surface disinfection.** Springer science & business media, 2010.

WHO, World Health Organization. **Coronavirus disease (COVID-19) Weekly Epidemiological Update and Weekly Operational Update: situation reports**, 2020. Disponível em: <<https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports>>. Acesso em: 15 de dez. de 2020.

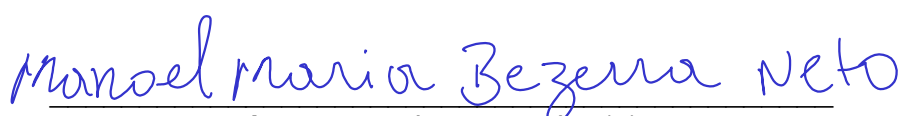
Pesquisadores da Ufopa criam esterilizador de ar que reduz carga viral de ambientes fechados. **G1**, Santarém-Pará, 28 de jul. de 2020. Disponível em: <<https://g1.globo.com/pa/santarem-regiao/noticia/2020/07/28/pesquisadores-da-ufopa-criam-esterilizador-de-ar-que-reduz-carga-viral-de-ambientes-fechados.ghtml>>. Acesso em: 10 de jan. de 2021.


PARECER DO ORIENTADOR

- Pontos fortes do bolsista: O bolsista possui boa iniciativa, afinidade com o projeto e uma grande habilidade para área experimental.
- Pontos a melhorar: Melhorar na parte teórica.
- Outros comentários pertinentes: Apesar de todas as dificuldades impostas pela pandemia, o bolsista executou o projeto de maneira satisfatória e bem dedicada. Desta forma, considero que o bolsista executou suas atribuições no projeto de forma muito boa.
- Parecer final:
(X) Relatório Aprovado () Relatório Reprovado
- Aceite de Publicação do Artigo na Revista de Extensão da Integração Amazônica:

(X) Os Autores aceitam publicar este artigo na Revista de Extensão da Integração Amazônica e estão cientes de que o Comitê Científico da Revista poderá solicitar adequações ao texto para que o mesmo esteja apto à publicação.

() Os Autores não aceitam publicar este artigo na Revista de Extensão da Integração Amazônica.


Assinatura do orientador (a)


Assinatura do discente



PRÓ-REITORIA DA CULTURA, COMUNIDADE E EXTENSÃO
DIRETORIA DE EXTENSÃO
COORDENAÇÃO DE PROGRAMAS E PROJETOS
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE EXTENSÃO – PIBEX 2019/2020

Linha temática: Tecnologia e produção.

FÍSICA E SUAS APLICAÇÕES NAS ENGENHARIAS E TECNOLOGIAS¹

Kelven Klain Lima Lopes¹; Luis Henrique Dias Braga²; Manoel Maria Bezerra Neto³

¹Estudante do Curso de Ciência e Tecnologia - IEG – e Bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Extensão - Pibex/Ufopa; E-mail: kelvenlima@live.com; ² Estudante - IEG – Ufopa; ³ Docente do IEG – Ufopa; E-mail: manojel.bezerra@ufopa.edu.br

RESUMO: Atualmente, vivenciamos uma pandemia causada pela disseminação da doença COVID-19, provocada pelo novo coronavírus, o SARS-CoV-2, que possui alta taxa de transmissão e infectou rapidamente comunidades de diversos países, pois é disseminado pelo contato direto entre pessoas, por meio de gotículas respiratórias expelidas, ou por contato indireto, como a propagação em locais confinados. Em vista disso, o projeto de extensão intitulado “Laboratório de Aplicações em Engenharia”, da Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA, buscou métodos de prevenção e enfrentamento da pandemia, apresentando como resposta científica e tecnológica a utilização da radiação ultravioleta para inativar microrganismos como vírus, bactérias e fungos. Dessa forma, o objetivo desse trabalho é desenvolver um protótipo de um sistema de desinfecção de ar como forma de reduzir a contaminação da COVID-19, além de assegurar condições mais salubres para ambientes fechados. Para isso foi realizada uma pesquisa bibliográfica de literaturas científicas específicas em radiação UV que conduziram os parâmetros necessários para o dimensionamento e construção do sistema, além disso, foram feitos testes biológicos numa sala de aula para demonstrar a sua eficiência. Já os resultados evidenciaram um considerável rendimento de descontaminação no espaço em que o protótipo foi inserido, porém, o mesmo precisa ser aprimorado para garantir uma desinfecção mais abrangente. Portanto, o sistema produzido demonstrou ser importante tanto para a comunidade acadêmica da UFOPA, quanto para a população em geral, pois confere a melhoria

¹ Artigo apresentado à Pró-Reitoria da Cultura, Comunidade e Extensão como Relatório Final do Plano de Trabalho “Física e suas aplicações nas Engenharias e Tecnologias – Projeto Laboratório de Aplicações em Engenharia”, contemplado com bolsa no EDITAL CONJUNTO PROENSINO/PROPPIT/PIBEX Nº 001/2019, do Programa Institucional de Bolsas de Extensão - Pibex, com vigência no período de 01/10/2019 a 30/12/2020.

da qualidade do ar e, conseqüentemente, da qualidade de vida e saúde das pessoas em ambientes fechados.

Palavras-chave: coronavírus; desinfecção; extensão; pandemia; ultravioleta

INTRODUÇÃO

A princípio o plano de trabalho seria voltado as escolas de ensino médio do município, tendo como objetivo principal demonstrar através de experimentos os conceitos físicos aplicados na geração de energia, porém, desde a emergência na China, em dezembro de 2019, do novo coronavírus denominado SARS-CoV-2 (*Severe Acute Respiratory Syndrome of Coronavirus 2*), responsável pela doença COVID-19 (*Coronavirus Disease 2019*), a humanidade tem enfrentado uma grave crise sanitária global. Apesar desse vírus apresentar uma baixa taxa de mortalidade, novos e numerosos casos surgiram rapidamente em diversos países, o que levou a Organização Mundial de Saúde (OMS) a decretar uma Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional, em 30 de janeiro de 2020 e uma pandemia no dia 11 de março de 2020 (WHO, 2020).

Mediante ao alto potencial de transmissibilidade e contágio do vírus, associado à inexistência de vacinas e antivirais específicos eficazes para a prevenção e tratamento da doença, várias autoridades governamentais vêm adotando diversas medidas de saúde pública para a mitigação e controle da pandemia. Tais medidas incluem o isolamento de casos; o incentivo à higienização das mãos, o uso de máscaras faciais; e medidas progressivas de distanciamento social, com o fechamento de escolas e universidades, a proibição de eventos de massa e de aglomerações, a restrição de viagens e transportes públicos, até a completa proibição da circulação nas ruas através da quarentena (AQUINO, 2020).

No entanto, mesmo com essas medidas sanitárias em vigência, o número de vítimas acometidos pela doença vem crescendo exponencialmente no Brasil. Um dos fatores que agravam esta situação é a circulação e presença de pessoas em ambientes fechados, como, por exemplo, profissionais de saúde que exercem atividades essenciais, pois a carga viral suspensa no ar desses espaços tende a ser mais alta, facilitando a contaminação dos indivíduos expostos, uma vez que a transmissão do SARS-CoV-2 se dá, predominantemente, por meio de gotículas contaminadas de secreções da orofaringe de uma pessoa infectada para uma pessoa livre da infecção, através de aerossóis e pelo contato com superfícies e

objetos contaminados, onde o vírus pode permanecer viável por até 72 horas (BRASIL, 2020).

Uma tecnologia capaz de prevenir e minimizar esse problema é a utilização da radiação ultravioleta para desinfetar o ar em ambientes fechados. O método de descontaminação com irradiação ultravioleta germicida (UVGI) tem sido estudada por diversos pesquisadores e usada extensivamente na purificação de água, ar e superfícies em geral, sendo capaz de inativar microrganismos, limitando sua capacidade de crescer e se multiplicar, pois gera alterações significativas em seus ácidos nucleicos, deixando-os incapazes de desempenhar importantes funções metabólicas (Kowalski, 2010).

Nesse contexto, o projeto de extensão “Laboratório de Aplicações em Engenharia” como plano de trabalho físico teve suas atividades afetadas, pois as escolas públicas foram fechadas e o projeto tem como público-alvo os alunos dessas instituições de ensino, em que apresenta experimentos e/ou dispositivos didáticos para proporcionar uma melhor aprendizagem de aplicações tecnológicas das Engenharias. O plano de trabalho inicial, que envolvia o desenvolvimento de geradores de energia, como uma hidrelétrica, teve que ser alterado, porém não fugiu do contexto, pois o sistema desenvolvido envolve aplicações físicas e serve como forma de cumprir suas práticas extensionistas de responsabilidade e compromisso social para atender a população nesse momento de calamidade pública.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi desenvolver o protótipo de um dispositivo para desinfecção de ar em locais fechados, utilizando a tecnologia UVGI, como uma forma de reduzir os riscos de contágio e disseminação da COVID-19, além de outros agentes biológicos, como fungos e bactérias, e, assim, promover maior segurança para alunos, professores e toda a comunidade acadêmica quando do retorno às atividades presenciais na Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Como primeira etapa foi realizada uma revisão bibliográfica e exploratória dos conceitos envolvendo a UVGI, mais um estudo do funcionamento de sistemas de tratamento de ar, através de livros e artigos científicos especializados nesse assunto. Essa pesquisa norteou os parâmetros a serem considerados no

dimensionamento do sistema proposto neste trabalho, como a escolha da lâmpada mais adequada, dos materiais necessários e dos cálculos a serem elaborados.

A UVGI usa luz ultravioleta de onda curta (UVC) para inativar organismos virais, bacterianos e fúngicos, de forma que eles sejam incapazes de se replicar e causar doenças, tornando-os inofensivos. A literatura científica disponível estabelece que a faixa de comprimento de onda UV mais eficaz para a inativação de microrganismos está entre 220 e 280 nm, com pico de eficácia próximo a 254 nm. A fonte padrão de UVC em sistemas comerciais são as lâmpadas de vapor de mercúrio de baixa pressão, que emitem principalmente UVC de 253,7 nm, valor quase ideal (Kowalski, 2010).

A aplicação de UVC está se tornando cada vez mais frequente à medida que aumentam as preocupações com a qualidade do ar interno. UVC agora é usado como um controle de engenharia para interromper a transmissão de organismos patogênicos, como o SARS-CoV-2. O rendimento do UVGI depende principalmente da dose de UV (D_{UV} , $\mu\text{J}/\text{cm}^2$) entregue aos microrganismos:

$$D_{UV} = I \times t, \quad (1)$$

onde I é a irradiância média em $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ e t é o tempo de exposição em segundos. Para calcular a irradiância, temos que:

$$I = \frac{P}{A}. \quad (2)$$

Nessa equação, P é a potência da lâmpada germicida e A é a área de um cilindro tubular. O tempo de exposição é obtido através da fórmula da vazão volumétrica Q :

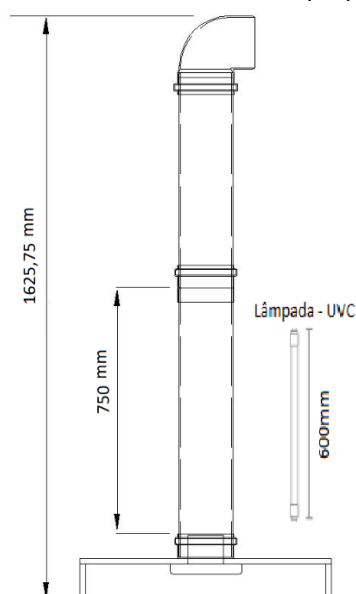
$$Q = v \times A, \quad (3)$$

onde v representa a velocidade do ar e A é a área da seção transversal do tubo. Na segunda etapa do trabalho, iniciou-se a elaboração, desenvolvimento e montagem do equipamento de descontaminação.

O protótipo funciona a partir de um exaustor que arrasta as partículas em suspensão para dentro do tubo, que é revestido por uma superfície refletiva para manter a irradiância efetiva e onde a lâmpada germicida está instalada ao centro, assim, o ar é esterilizado pela luz UVC e retorna ao ambiente de forma mais limpa, propiciando maior salubridade aos indivíduos presentes. Além disso, um pequeno circuito elétrico, com fios de ligação, reator para a lâmpada e fusível de proteção, foi implementado ao sistema para a preservação dos equipamentos.

A estrutura proposta para o sistema é apresentada na Figura 1, a seguir:

Figura 1: Estrutura do sistema proposto.



Fonte: Autor 2021.

Dessa forma, foram utilizados os materiais (Tabela 1), com a preocupação de garantir um custo mínimo combinado com um bom desempenho do sistema.

Tabela 1: Materiais utilizados.

QUANTIDADE	MATERIAL
1	Peça 500X500x15 mm - Compensado
2	Peça 500X150x15 mm - Compensado
14	Parafusos para madeira 3X16mm
1	Exaustor 6m ² - 75m ³ /h
1	CAP PVC 150mm 6" Tigre
1	Luva PVC 150mm 6" Tigre
1	Joelho PVC 150mm 6" Tigre
1,5	Peça tubo PVC 150mm 6" Tigre 6m
1,6	Fita adesiva Alumínio 30cm x 10m
2	Soquetes com entrada para starter
1	Cabo azul ou vermelho 1mm - 100m
1	Reator 1 lampada 20w
1	Caixa de passagem 154X110X70mm Steck
1	Interruptor tipo chave gangorra
1	Porta fusível de rosca 5x20
1	Fita isolante
1	Perfil PVC adesivo
0,4	Solda estanho 60x40 1mm 500g Soft
2	Fio paralelo 2x2,5mm
1	Plug macho 10 ^a
1	Lampada UVC 20w germicida 60cm
1	Fusível 5x20 10 ^a

Fonte: Autor 2021.

A aquisição dos materiais e ferramentas ocorreu por meio da cooperação e doação conjunta de professores e alunos. Ressalta-se o reaproveitamento de

alguns materiais, como compensados e tubos, dando uma nova aplicabilidade para esses objetos e dispendo sobre a conscientização ambiental para os participantes do projeto.

Por fim, na última etapa ocorreu a realização de testes biológicos para comprovar a eficiência do aparelho construído. Tais experimentos foram conduzidos em uma sala de aula da Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA, localizada no campus Tapajós, com amostras de microrganismos coletadas em três pontos da sala (próximo ao quadro, no meio e no fundo sala), inicialmente, sem o sistema presente na sala, em seguida, novas amostras foram recolhidas num intervalo de trinta minutos, agora com o aparelho funcionando.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ambientes climatizados que não possuem sistema adequado de renovação e tratamento de ar, tornam-se fatores de riscos, podendo contribuir para o aumento na transmissão e proliferação de diversos patógenos. Por esse motivo, o sistema desenvolvido para descontaminação de ar atende às características de ser portátil, facilitando o transporte para diferentes ambientes confinados e também com um fácil manuseio. A configuração final do protótipo é apresentada abaixo na Figura 2:

Figura 2: Configuração final do protótipo.



Fonte: Autor 2021.

Para a execução dos cálculos do trabalho alguns parâmetros foram considerados, como a potência da lâmpada germicida, as dimensões do tubo e a

vazão volumétrica do exaustor. Desse modo, para determinar a dose de UV, primeiramente, calculou-se a irradiância da lâmpada e depois o tempo de exposição. A irradiância da lâmpada é a seguinte:

$$I = \frac{P}{A} = \frac{20 \text{ W}}{2\pi RH} = \frac{20 \text{ W}}{2\pi \times 7,5 \times 60 \text{ cm}^2} = 7,07 \text{ mW/cm}^2. \quad (4)$$

Já a velocidade do ar é dada a seguir:

$$Q = A \times v$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{75 \text{ m}^3/\text{h}}{\pi R^2} = \frac{2,08 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}}{\pi (0,075)^2 \text{ m}^2} = 1,177 \text{ m/s} = 117,7 \text{ cm/s}, \quad (5)$$

assim, o tempo de exposição é:

$$t = \frac{H}{v} = \frac{60 \text{ cm}}{117,7 \text{ cm/s}} = 0,51 \text{ s}. \quad (6)$$

Portanto, a dose de UV apresentada pelo sistema é:

$$D_{UV} = I \times t = 7,07 \times 0,51 = 3,61 \text{ mJ/cm}^2 = 36,1 \text{ J/m}^2. \quad (7)$$

Segundo KOWALSKI (2010), esse valor é considerado suficiente para inutilizar alguns vírus e bactérias, como pode ser visto na Tabela 2. Na tabela são analisados os valores para um ar com alta umidade, característico da região norte, e dose com rendimento de 90%.

Tabela 2: Constantes de taxa média UVGI para grupos microbianos.

Microbe	Type	Water		Surface		Air – Lo RH		Air – Hi RH	
		UV k m ² /J	D ₉₀ J/m ²	UV k m ² /J	D ₉₀ J/m ²	UV k m ² /J	D ₉₀ J/m ²	UV k m ² /J	D ₉₀ J/m ²
Bacteria	Veg	0.08463	27	0.14045	16	0.38887	6	0.07384	31
Viruses	All	0.05798	40	0.03156	73	0.39985	6	0.29050	8
Bacterial spores	Spores	0.01439	160	0.01823	126	0.02566	90	0.02600	89
Fungal cells and yeast	Veg	0.01008	229	0.00700	329	0.09986	23	–	–
Fungal spores	Spores	0.00916	251	0.00789	292	0.00730	315	0.00472	488

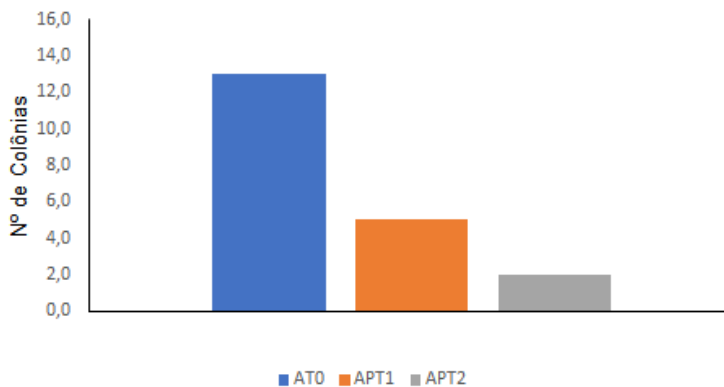
Fonte: KOWALSKI (2010).

Para o SARS-CoV-2 as condições experimentais devem ser examinadas, pois os dados variam entre as literaturas disponíveis, assim, Gerchman et al. (2020) mostra que é preciso uma dose entre 60-70 J/m² para uma inativação completa do novo coronavírus, aplicando um comprimento de onda UV de 254 nm em 60 segundos de exposição.

Logo, para uma melhor eficiência no combate ao vírus da COVID-19 e outros microrganismos que são menos suscetíveis à radiação UV, como fungos, é essencial adaptar os parâmetros empregados no projeto, como, por exemplo,

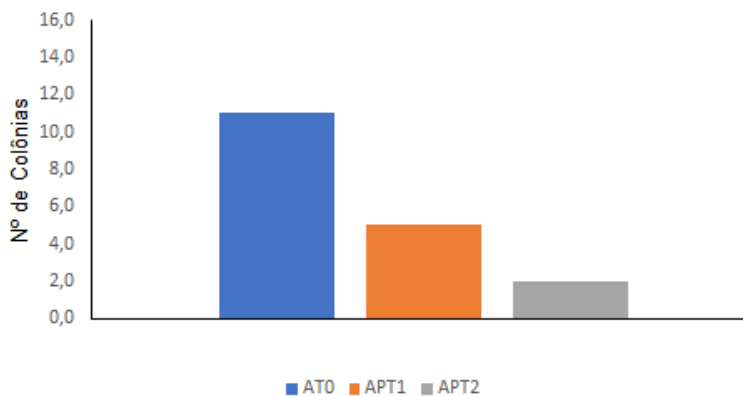
aumentando a potência da lâmpada e do tempo de exposição. No entanto, os resultados dos cálculos já garantem um desempenho satisfatório do sistema de desinfecção na qualidade do ar no ambiente submetido. Além disso, os testes biológicos (Gráficos 1, 2 e 3) também corroboram essa qualidade significativa.

Gráfico 1: Quadro



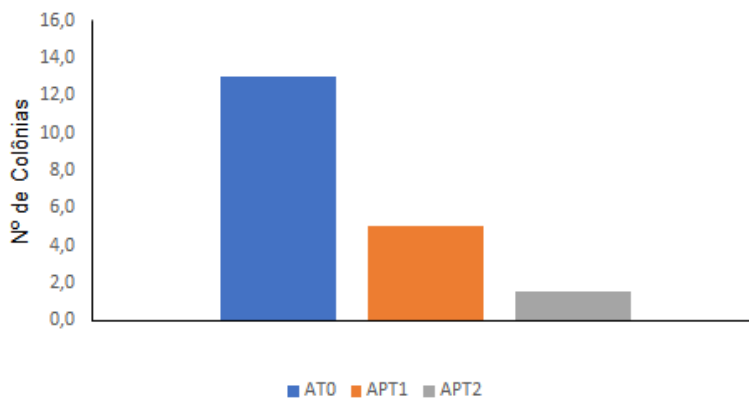
Fonte: Autor 2021.

Gráfico 2: Meio da Sala



Fonte: Autor 2021.

Gráfico 3: Fundo da Sala



Fonte: Autor 2021.

Analisando as figuras percebe-se a diminuição do número de colônias de microrganismos presentes na sala de aula, pois no momento inicial o aparelho está

desligado (tratamento AT0), depois, com o sistema ligado (tratamentos APT1 após trinta minutos e APT2 após sessenta minutos) há uma queda gradual de agentes biológicos no decorrer do tempo. Aliás, é importante salientar o maior decaimento referente ao fundo da sala, em razão do protótipo estar posicionado nesta região.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como protótipo, isto é, um modelo preliminar, o sistema de desinfecção por UVGI garantiu uma considerável limpeza do ar de um espaço confinado por um baixo custo, contudo, o sistema precisa ser aprimorado para assegurar uma desinfecção mais abrangente. E por mais que tenha sido idealizado como uma ação de segurança para um possível retorno às aulas da UFOPA, ele será importante para a sociedade em geral, pois pode manter um nível seguro de salubridade em laboratórios, hospitais, consultórios, salas de espera, entre outros, e para além da situação pandêmica atual.

Além disso, o projeto já teve reconhecimento local, já que a falta de uma vacina efetiva contra o SARS-CoV-2 gera expectativas para qualquer outra estratégia que possa diminuir as consequências graves desse novo vírus sobre a população. Sendo anunciado em portais de notícias como o G1 e também pauta de entrevistas para jornais televisivos da região.

Ademais, busca-se otimizar e automatizar o sistema já produzido para maior segurança no uso e manutenção, assim como obter uma vida útil mais longa dos equipamentos.

AGRADECIMENTOS

À Pró-Reitoria da Cultura, Comunidade e Extensão - Procce/Ufopa, pela Bolsa Pibex concedida, com fonte financeira do Plano Nacional de Assistência Estudantil – PNAES. À Universidade Federal do Oeste do Pará pela atuação no enfrentamento à COVID-19. E aos professores do Instituto de Engenharia e Geociências – IEG que participaram do projeto.

REFERÊNCIAS

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. **ASHRAE Handbook: HVAC Applications, SI edn.** In: ultraviolet air and surface treatment. Ch.62. Atlanta-USA, 2011.

AQUINO, Estela ML et al. **Medidas de distanciamento social no controle da pandemia de COVID-19: potenciais impactos e desafios no Brasil.** *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 25, p. 2423-2446, 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância à Saúde (SVS). **Guia de vigilância Epidemiológica: COVID-19.** Brasília, DF, 2020.

CAMPOS, ERICK C.; GUEDES, BRUNO A. M. **Relatório Técnico: Impactos da Pandemia de COVID-19 sobre Sistemas de Ar Condicionado e Climatização**, 2020. Disponível em: <https://www2.ufjf.br/noticias/wp-content/uploads/sites/2/2020/07/relatorio_tecnico_impactos_da_pandemia_de_covid_19_sobre_sistemas_de_ar_condicionado_e_climatizacao.pdf>. Acesso em: 15 de dez. 2020.

FREYMANN, Gisele F. et al. **DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE RADIAÇÃO UV-C PARA O CONTROLE MICROBIOLÓGICO DE DUTOS DE AR CONDICIONADO.** In: XI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação. São Paulo. Anais, 2007.

GERCHMAN, Yoram et al. **UV-LED disinfection of Coronavirus: Wavelength effect.** *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, v. 212, p. 112044, 2020.

KOWALSKI, Wladyslaw. **Ultraviolet germicidal irradiation handbook: UVGI for air and surface disinfection.** Springer science & business media, 2010.

WHO, World Health Organization. **Coronavirus disease (COVID-19) Weekly Epidemiological Update and Weekly Operational Update: situation reports**, 2020. Disponível em: <<https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports>>. Acesso em: 15 de dez. de 2020.

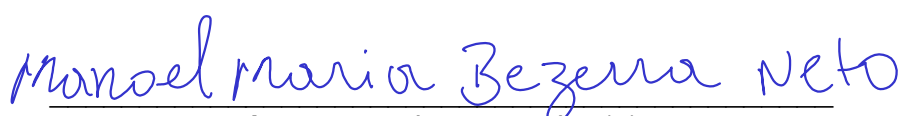
Pesquisadores da Ufopa criam esterilizador de ar que reduz carga viral de ambientes fechados. **G1**, Santarém-Pará, 28 de jul. de 2020. Disponível em: <<https://g1.globo.com/pa/santarem-regiao/noticia/2020/07/28/pesquisadores-da-ufopa-criam-esterilizador-de-ar-que-reduz-carga-viral-de-ambientes-fechados.ghtml>>. Acesso em: 10 de jan. de 2021.


PARECER DO ORIENTADOR

- Pontos fortes do bolsista: O bolsista possui boa iniciativa, afinidade com o projeto e uma grande habilidade para área experimental.
- Pontos a melhorar: Melhorar na parte teórica.
- Outros comentários pertinentes: Apesar de todas as dificuldades impostas pela pandemia, o bolsista executou o projeto de maneira satisfatória e bem dedicada. Desta forma, considero que o bolsista executou suas atribuições no projeto de forma muito boa.
- Parecer final:
(X) Relatório Aprovado () Relatório Reprovado
- Aceite de Publicação do Artigo na Revista de Extensão da Integração Amazônica:

(X) Os Autores aceitam publicar este artigo na Revista de Extensão da Integração Amazônica e estão cientes de que o Comitê Científico da Revista poderá solicitar adequações ao texto para que o mesmo esteja apto à publicação.

() Os Autores não aceitam publicar este artigo na Revista de Extensão da Integração Amazônica.


Assinatura do orientador (a)


Assinatura do discente