

SISTEMA DE DESINFECÇÃO POR LUZ ULTRAVIOLETA (UV-C) EM GARRAFAS DE ÁGUA: água potável em ambientes móveis e remotos.

Franciny Eduarda Francisco
Graduando em Sistemas Biomédicos pela Fatec Bauru
franciny.fancisco@fatec.sp.gov.br

Isabele Lima Beneventi
Graduando em Sistemas Biomédicos pela Fatec Bauru
isabele.beneventi@fatec.sp.gov.br

Israel Prado Nogueira
Graduando em Sistemas Biomédicos pela Fatec Bauru
Israel.nogueira@fatec.sp.gov.br

Orientadora: Rogéria Maria Alves de Almeida
Docente na Fatec Bauru
rogeria.almeida@fatec.sp.gov.br

Coorientador: Rafael Balan Diman
Docente na Fatec Bauru
rafael.diman@fatec.sp.gov.br

RESUMO

A desinfecção de água com luz UV-C em garrafas é uma técnica inovadora para garantir água potável, especialmente em locais com acesso limitado a água limpa. Utilizando uma radiação UV-C entre 200 e 280nm, essa abordagem destrói microrganismos ao danificar seu material genético. O objetivo é criar um sistema de esterilização UV-C em uma garrafa de 250 ml, com um design que inclua filtragem de partículas sólidas e sedimentos. A praticidade e portabilidade deste método permitem seu uso em áreas rurais e emergências. Testes microbiológicos confirmaram a eficácia após 4 minutos de exposição. A tecnologia promete melhorar significativamente o acesso à água limpa globalmente, sem a necessidade de produtos químicos ou eletricidade.

Palavras-chave: luz UV-C; garrafa de esterilização; desinfecção; água potável.

1 INTRODUÇÃO

O tratamento de água e esgoto desempenha um papel crucial na garantia da saúde pública e na preservação do meio ambiente. Este projeto visa apresentar um modelo de pesquisa inovador, concentrando-se em três aspectos-chave relacionados ao desenvolvimento de uma garrafa desinfetante utilizando luz ultravioleta (UV-C): água potável, aplicação da luz ultravioleta e métodos de tratamento de água. (FUNASA,2004).

A água potável é essencial para o consumo humano, devendo atender a rigorosos padrões de qualidade. Este requisito envolve uma série de análises que consideram suas propriedades físicas, químicas, biológicas e radioativas. Fatores como cor, odor, turbidez, pH, alcalinidade, acidez e dureza desempenham um papel fundamental na determinação da qualidade da água potável, influenciando diretamente sua segurança e adequação para o consumo. (FUNASA, 2004).

A aplicação da luz ultravioleta, especificamente a radiação UV-C, emerge como uma técnica eficiente para a desinfecção da água. Esta forma de energia eletromagnética danifica o DNA de microrganismos presentes na água, eliminando sua capacidade de reprodução e tornando-os inofensivos. No entanto, a eficácia da desinfecção UV-C depende de vários fatores, incluindo a qualidade inicial da água, a presença de microrganismos patogênicos e a adequação das lâmpadas UV-C utilizadas. (TRATAMENTO DE ÁGUA, 2022)

Além da desinfecção por Luz UV-C, uma série de métodos de tratamento de água são essenciais para garantir sua qualidade. Estes incluem processos como sedimentação, floculação, coagulação, filtração, osmose reversa, adsorção, ozonização, troca iônica, ultrafiltração, nano filtração, eletro diálise e uso de carvão ativado granular. Cada técnica é projetada para remover contaminantes específicos, garantindo água limpa e segura para consumo humano e outras aplicações. Este artigo examina a importância da água potável, a eficácia da desinfecção por Luz UV-C e os diversos métodos de tratamento de água disponíveis, fornecendo uma visão abrangente das práticas e tecnologias essenciais para garantir o acesso a água segura e saudável para comunidades em todo o mundo. (CASESB, 2024)

1.1. Objetivos

Atualmente a obtenção de água potável em regiões de clima seco, ou locais de extrema pobreza, ou mesmo regiões que tenha sofrido alterações ambientais como terremotos, inundações é uma preocupação mundial. Desse modo esse projeto tem como objetivos elaborar um sistema de desinfecção, utilizando de garrafas de água, com uma carcaça elaborada em impressora 3D, e um sistema eletrônico na parte superior com uma luz LED UV-C que será acionado durante 4 minutos, sendo que a água ficará sob agitação constante, sendo instalada uma placa imantada, na parte inferior, e um ímã encapado com plástico, que será inserido dentro da garrafa.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Métodos de tratamento da água

De acordo com a publicação de 2024 da associação CAESB, o tratamento de água é um processo fundamental para garantir que a água consumida seja segura para uso humano. Existem várias etapas e métodos envolvidos no tratamento de água, cada um com o objetivo de remover contaminantes e impurezas, usando como exemplos a filtração que é um dos métodos mais comuns de tratamento de água. Coagulação que é a floculação utilizando produtos químicos chamados coagulantes que são adicionados à água para aglomerar partículas finas e coloidais. A decantação é a remoção de partículas sedimentáveis da água por gravidade. A desinfecção que é um passo crucial

para matar microrganismos patogênicos na água, como bactérias, vírus e parasitas e a Adsorção que envolve a remoção de contaminantes da água através da adesão a uma superfície sólida. Esses que são alguns exemplos utilizados para o tratamento da água.

2.2. Luz ultravioleta (UV-C)

A luz UV-C é uma ferramenta para a desinfecção de água, ar e superfícies, oferecendo uma abordagem eficaz, segura e livre de produtos químicos para o controle de microrganismos patogênicos, com uma forma de radiação ultravioleta com um comprimento de onda entre 200 e 280 nanômetros. Além do sol, fonte primária de radiação ultravioleta, outras fontes incluem lâmpadas fluorescentes, descargas de mercúrio e lasers. Existem três tipos de radiação UV: UVA (315 a 380 nm), usada em iluminação decorativa com luz negra; UVB (280 a 315 nm), que afeta a pele, causando eritema e pigmentação, e contribui para a síntese de vitamina D; e UVC (100 a 280 nm), com propriedades germicidas. A radiação UVC é absorvida pela camada de ozônio da atmosfera, enquanto a que passa é filtrada pela córnea. Os raios UVB são filtrados pelo cristalino, e os UVA pela retina. Certas substâncias, como tetraciclina, sulfas, fenotiazinas e griseofulvina, podem aumentar a sensibilidade da pele e dos olhos à radiação UV. Pacientes que fazem uso desses medicamentos devem evitar exposição prolongada ao sol e utilizar lentes de proteção. (ESP Water Products, 2024)

Estudos têm demonstrado a eficácia da desinfecção por luz UV-C contra uma variedade de patógenos, incluindo vírus, bactérias e protozoários. Por exemplo, pesquisas realizadas por Shen et al. (2020) mostraram que a aplicação de luz UV-C reduziu significativamente a carga viral em amostras de água contaminada com novo vírus, um agente patogênico conhecido por causar gastroenterite viral em humanos.

Além disso, a tecnologia da luz UV-C tem sido cada vez mais adotada por sua capacidade de desinfecção rápida e sem o uso de produtos químicos, contribuindo para práticas sustentáveis de tratamento de água e higiene ambiental (VON GUNTEN, 2020).

2.3. Água potável

A água potável é essencial para a vida e saúde humanas. É aquela que atende aos padrões de qualidade para consumo, livre de contaminantes que possam afetar a saúde. Além de hidratar e manter o organismo funcionando adequadamente, é crucial na prevenção de doenças como gastroenterites e infecções bacterianas, transmitidas por água contaminada. Garantir acesso universal à água potável segura é fundamental para promover saúde pública e desenvolvimento sustentável globalmente. (EMPRESA BRASIL DE COMUNICAÇÃO, 2024)

Cerca de 84,09% da população brasileira tem acesso à água tratada, o que representa um avanço significativo nas últimas décadas. Porém, há uma disparidade marcante entre áreas urbanas e rurais. Nas cidades, a cobertura de abastecimento de água é maior, mas muitas comunidades rurais e áreas periféricas urbanas ainda sofrem com a falta de infraestrutura adequada. (AGENCIA BRASIL, 2024)

As normas que regulamentam a qualidade da água potável são estabelecidas principalmente pela Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde. Estas normas definem parâmetros microbiológicos, físico-químicos, químicos e radiológicos para garantir a segurança da água destinada ao consumo humano. Além disso, incluem procedimentos de tratamento, monitoramento regular e fiscalização para assegurar a conformidade com os padrões de qualidade. (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017)

Tabela 1: Padrão De Potabilidade Da água

Parâmetros de Potabilidade para Água Tratada Segundo o Ministério da Saúde (2017)		
Parâmetro	Valor Máximo Permitido (VMP)	Unidade
Coliformes totais	Ausência em 100 mL	
Escherichia coli	Ausência em 100 mL	
pH	6,0 a 9,5	
Turbidez	5,0	UT
Cloro residual livre	0,2 a 2,0	mg/L
Nitrato	10	mg/L (como N)
Nitrito	1,0	mg/L (como N)
Fluoreto	1,5	mg/L
Arsênio	0,01	mg/L
Chumbo	0,01	mg/L
Mercúrio	0,0001	mg/L

Fonte: (Ministério da Saúde, 2017)

2.4 A Importância da luz UV-C na desinfecção da água

A água potável é essencial para a saúde humana, e garantir sua pureza é fundamental para prevenir doenças transmitidas pela água. Uma técnica eficaz para purificar a água é a utilização da luz UV-C, uma forma de radiação ultravioleta com comprimento de onda entre 200 e 280 nanômetros. A luz UV-C é capaz de danificar o material genético de microrganismos presentes na água, como bactérias, vírus e protozoários, impedindo sua capacidade de reprodução e tornando-os inofensivos. Esse processo é conhecido como desinfecção UV. O sistema de purificação de água com luz UV-C geralmente consiste em uma lâmpada UV-C colocada em um compartimento transparente através do qual a água passa. Quando a água entra em contato com a luz UV-C, os microrganismos presentes nela são expostos à radiação, causando danos ao seu DNA e eliminando sua capacidade de se reproduzir. (HIJNEN, 2006).

É importante notar que a desinfecção por luz UV-C não remove partículas sólidas da água, como sujeira ou sedimentos. Portanto, é comum que sistemas de purificação de água com luz UV-C sejam combinados com outros métodos de filtração, como filtros de sedimentação ou filtros de carbono ativado, para garantir a remoção completa de contaminantes físicos e químicos. A purificação de água com luz UV-C é amplamente utilizada em sistemas de tratamento de água municipais, industriais e domésticos devido à sua eficácia na eliminação de microrganismos patogênicos sem o uso de produtos químicos. Além disso, é uma tecnologia ambientalmente amigável, pois não gera subprodutos tóxicos e não altera o sabor, odor ou cor da água tratada. No entanto, é importante garantir

que o sistema de purificação de água com luz UV-C seja adequadamente dimensionado e mantido para garantir sua eficácia contínua. Isso inclui a substituição regular das lâmpadas UV-C de acordo com as recomendações do fabricante e a limpeza periódica do compartimento de exposição à luz para remover quaisquer depósitos que possam reduzir a transmissão da radiação UV-C para a água. (KRYSHI, 2021)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Materiais - Construção do protótipo

Para a realização deste protótipo, foram utilizados materiais adquiridos com recursos próprios, doações do laboratório (sucata) e peças fabricadas através de uma impressora 3D. Este protótipo encontra-se ainda em fase de desenvolvimento, sendo seu funcionamento baseado na operação simples de ligar e desligar um LED, visando a desinfecção da água. Os seguintes componentes foram empregados:

- a) Fonte de Alimentação de Celular: Utilizada para converter a corrente elétrica de 127V/220V para 5V, alimentando o sistema.
- b) Cabo USB: Conectado à fonte de alimentação e ao botão de liga/desliga, permitindo a operação do dispositivo.
- c) Figura 2: Botão de Liga/Desliga com Retenção - Localizado na primeira peça impressa em 3D, é responsável pelo controle de energia do sistema.
- d) Figura 3: Motor - Localizado na segunda seção, é responsável por agitar a água. Utiliza um ímã para acionar outro ímã dentro da garrafa.
- e) Peça de Acabamento para a Garrafa: Localizada na terceira sessão, é responsável pelo encaixe e estabilidade da garrafa.
- f) Peça de Acabamento para a Tampa: Impressa em 3D, fornece um acabamento à tampa da garrafa.
- g) Tampa e Sobre Tampa: São as peças que, quando usadas em conjunto, finalizam a vedação da garrafa, garantindo a proteção dos componentes internos.

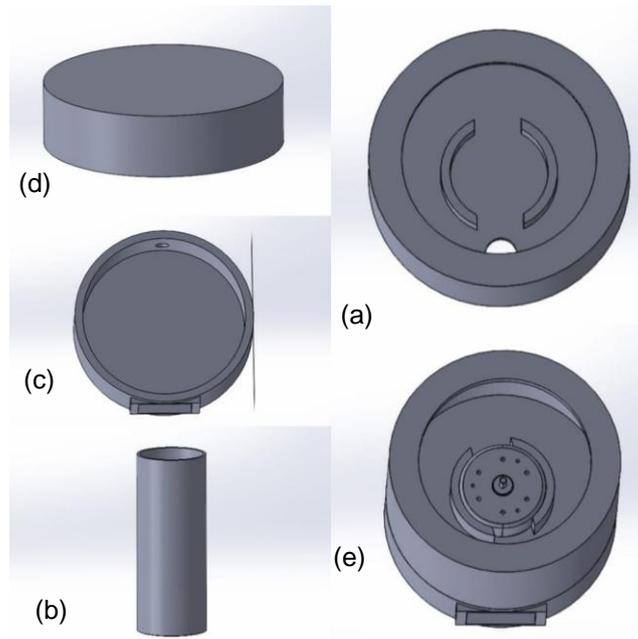
3.2. Fluxo protótipo

O desenvolvimento de um protótipo é essencial para testar a viabilidade do projeto, obter feedback dos usuários, identificar problemas no manuseio, reduzir riscos diversos que venham a surgir, e economizar recursos durante o desenvolvimento de um projeto futuro. O desenho do protótipo foi elaborado em um software de CAD 3D, as medidas foram coletadas manualmente e individualmente de cada componente da garrafa utilizando-se de um paquímetro.

O desenvolvimento das peças impressas em 3D foi realizado utilizando o software 3D CAD SolidWorks para elaboração dos projetos e posterior impressão das peças. As medições necessárias foram feitas manualmente, utilizando régua e paquímetro.

O protótipo foi desenvolvido em partes diferentes, tais como: base motor; capa revestimento; base botão liga/desliga; tampa garrafa.

Figura 1: O protótipo foi desenvolvido em partes diferentes, tais como: (a) base motor; (b) capa revestimento; (c) base botão liga/desliga; (d) tampa garrafa; (e) motor garrafa.



Fonte: Autoral

Figura 2: Garrafa montada (elaborada em um software CAD 3D).



Fonte: Autoral

Os componentes dentro da garrafa incluem o botão de liga/desliga, um motor para agitação da água, um ímã encapsulado (ou "peixinho"), uma garrafa de 250 ml, uma rolha de borracha, e o componente principal, que é um LED com comprimento de onda entre 270 a 280 nanômetros, protegido por um anel de vedação e uma capa de quartzo para envolvê-lo. Este LED possui um driver para controlar sua operação.

Figura 3: (a) Agitador magnético, (b) Ímã encapsulado e (c) botão liga/desliga



Fonte: Autoral

Figura 4: (a) Led UV-C com cobertura quartzo de 280nm e (b) Garrafa de água de 250mL com a rolha



Fonte: Autoral

3.3- MATERIAIS- TESTES MICROBIOLÓGICOS

Para a realização desses testes microbiológicos, foram empregados diversos materiais, incluindo:

- a) Swab: Utilizado para coleta de amostras bacterianas.
- b) Ponteira e Micropipeta, utilizadas para transferência precisa de líquidos.

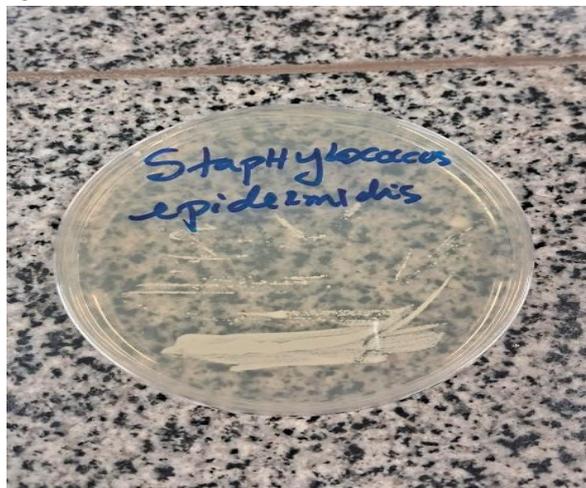
Figura 5: Materiais utilizados – Swab, Ponteira e Micropipeta



Fonte: Autoral

- c) Placa de Ágar Nutrient (PCA): Utilizada para o cultivo de bactérias.
- d) Bactéria *Staphylococcus epidermidis* ATCC, de um subcultivo de uma cepa do Instituto Lauro Souza Lima, utilizada nos testes microbiológicos.
- e) Erlenmeyer, recipiente de vidro utilizado para misturar líquidos.
- f) Fonte de 5V, utilizada para fornecer energia aos dispositivos elétricos do experimento.
- g) Agitador Magnético, utilizado para agitar as soluções.

Figura 6: Agar PCA com *S.epidermidis* (controle da cultura bacteriana)



Fonte: Autoral

3.4- FLUXO MICROBIOLÓGICO

No laboratório de Microbiologia da Fatec de Bauru, foram conduzidos três testes para avaliar a eficácia da Luz LED UV-C em diferentes períodos de exposição. O procedimento experimental segue um ciclo composto por várias etapas:

- a) Teste de Controle: uma alçada amostra de *S.epidermidis* é retirada de pellets mantidos no freezer e semeada em 2 placas de Plate Count Agar (PCA). Também foi realizado o teste controle da água da garrafa, retirando-se 1 ml da água estéril e semeando em Agar PCA em duplicata. Todas as placas foram incubadas a 37^o C por 24-48 horas.
- b) Suspensão da bactéria- foi retirado 1 ml da cultura de *S. epidermidis* é adicionada à 9 ml de água esterilizada, sendo agitada por 30 segundos.
- c) Pré-desinfecção- uma amostra de 1 ml da suspensão da bactéria é retirada, com auxílio de micropipeta, e colocada na garrafa com água estéril. Após agitação por 1 minuto, foi retirada uma amostra de 1 ml da água da garrafa, e semeado com swabs em placas de PCA em duplicata, e incubadas a 37^o C por 24-48 horas.
- d) Pós-desinfecção (1 minuto) - a água da garrafa contaminada foi exposta à luz LED UV-C por 1 minuto, em seguida foi retirada uma amostra de 1 ml, semeada com swabs em placas de PCA em duplicata, incubadas a 37^o C por 24-48 horas.
- e) Pós-desinfecção (4 minutos- foi realizado o mesmo procedimento do item anterior, com a água contaminada é exposta à luz LED UV-C por 4 minutos, seguido da retirada de outra amostra de 1ml, semeada com swabs em placas de PCA, incubadas a 37^o C por 24-48 horas.
- f) Após o período de incubação, todas as placas foram analisadas e submetidas a contagem de UFC/ml em contador de colônias Cp plus 600.

A figura 7, expressa os procedimentos microbiológicos realizados para testar a eficiência da luz LED UV-C no processo de desinfecção de garrafas de água.

Figura 7: Análise microbiológica da água da garrafa e Erlenmeyer com 250 mL de água contaminada com *S.epidermidis* sob agitação (teste experimental)



Fonte: Autoral

Esses processos são essenciais para garantir a precisão e confiabilidade dos resultados dos testes microbiológicos, permitindo a avaliação adequada da eficácia da luz LED UV-C na desinfecção da água.

4 RESULTADOS

Com base nos resultados dos testes, foram observadas as seguintes considerações:

Na primeira análise, observou-se que a amostra pós-desinfecção de 1 minuto, houve crescimento de colônias. Na amostra pós-desinfecção de 4 minutos, não foi observado crescimento de colônias, indicando eficácia na eliminação das bactérias.

Na segunda análise, observou-se que tanto na amostra pós-desinfecção de 1 minuto quanto na de 4 minutos, foi observada ausência total de bactérias.

Na terceira análise, observou-se novamente, tanto na amostra pós-desinfecção de 1 minuto quanto na de 4 minutos, foi observada ausência total de bactérias (Figura 11 e Tabela 2).

Figura 8: Contagem de UFC/ml em contador CP plus 600



Fonte: Autoral

Tabela 2- Resultados das análises microbiológicas de UFC/ml de *S.epidermidis* em placas de PCA pré-desinfecção e pós-desinfecção com luz LED UV-c após 1 e 4 minutos

RESULTADOS DAS ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS			
Análise	Pré-Desinfecção UFC/ml	Pós-Desinfecção 1Min UFC/ml	Pós-Desinfecção 4Min UFC/ml
1º Análise	2,9x10 ³	1,4x10 ³	Não detectado
2º Análise	1,0x10 ³	Não detectado	Não detectado
3º Análise	1,6x10 ³	Não detectado	Não detectado

Fonte: Autoral

O controle foi realizado para determinar a qualidade inicial da água e, posteriormente, compará-la com os resultados pré-desinfecção e pós-desinfecção, com tempos de exposição de 1 minuto e 4 minutos, respectivamente (Figura 10)

Figura 9: Amostra controle da água sem contaminação



Fonte: Autoral

Figura 10: Agar PCA com crescimento de *S.epidermidis* pré-desinfecção com luz LED UV-C



Fonte: Autoral

Figura 11: Agar PCA com ausência de crescimento de *S.epidermidis* após 4 minutos de ação da luz UV-C



Fonte: Autoral

Na figura 12, pode-se observar a garrafa de vidro com 250 ml de água, onde foi feita a instalação da luz LED UV-C na tampa da garrafa, para avaliar a

eficiência do processo de desinfecção, sendo colocada a sob um agitador magnético, simulando o processo que seria finalizado com a impressão em 3D, do involucro da garrafa, onde foi instalado na parte superior o sistema eletrônico.

Figura 12 - Garrafa de vidro com 250 ml de água com luz LED UV-C, sob agitação.



Fonte: Autoral

Na figura 13, a garrafa foi montada em impressora 3D, e na parte interna foi colocada uma garrafa de vidro com capacidade para 250 ml de água. Na parte superior externa foi montado um sistema com a luz LED UV-C com quartzo, que foi inserida no meio de uma rolha de borracha. Na parte inferior da garrafa foi colocado uma um agitador magnético, para o processo de agitação da água. No interior da garrafa de água foi colocado um ímã encapado para agitação.

Figura 13: Garrafa montada (impressa).



Fonte: Autoral

5 DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos, observou-se que apenas uma luz LED UV-C, teve efeito bactericida após 1 minuto e 4 minutos de ação, com inativação da bactéria *S.epidermidis*, com UFC/ml de $1,6$ a $2,9 \times 10^3$, contido em

uma garrafa de água de 250 ml , demonstrando alta eficácia no processo de desinfecção.

Durante o processamento das análises microbiológicas, foram feitos testes com e sem agitação da água da garrafa, e o melhor resultado foi obtido com a água sob agitação constante, pois a agitação permite que a água se movimente no interior da garrafa, permitindo que a luz UV-C , tenha maior ação, durante o processos de desinfecção.

O sucesso da esterilização de embalagens pela radiação UV depende de uma série de fatores, sendo que a superfície a ser esterilizada deve estar extremamente limpa. Como os raios UV têm um poder pequeno de penetração, podem ser facilmente absorvidos por partículas sólidas na superfície da embalagem. Sendo assim, os microrganismos podem ser protegidos por poeira, provocando o chamado "efeito sombra" (REUTER, 1993).

Para a inativação dos microrganismos com utilização da radiação UV-C, observou-se que varia de acordo com cada espécie, sendo aplicado doses de radiação UV-C diferente conforme a necessidade de cada um, como por exemplo as bactérias são mais sensíveis a radiação UV-C, exceto as esporuladas e os vírus. As doses excessivas são utilizadas para inativação dos protozoários e helmintos, pelo motivo das formas encistadas dos protozoários e os ovos de helmintos serem mais resistentes, causando consumo alto de energia elétrica (TINÔCO, 2011).

As bactérias, em geral, são altamente sensíveis à radiação UV-C. Patógenos comuns da água, como *Escherichia coli* e *Salmonella*, são eficazmente inativados com doses relativamente baixas de UV-C (SOMMER et al., 2000). Com base nas pesquisas recentes determinou-se que a luz LED UV-C deveria ter um comprimento de onda de 254nm a uma distância de 3 a 4 cm da superfície da água, para ter efeito bactericida.

Os vírus também podem ser inativados pela radiação UV-C, embora alguns vírus, especialmente aqueles com cápsulas proteicas mais robustas, possam requerer doses mais altas de radiação para serem eficazmente inativados.

Protozoários e Helmintos: Protozoários como *Cryptosporidium* e *Giardia* são mais resistentes à radiação UV-C devido às suas formas encistadas. No entanto, com doses adequadas, a inativação é possível, embora frequentemente sejam necessárias doses maiores em comparação com bactérias e vírus. (BARCELLOS, 2024)

6 CONCLUSÃO

Esses resultados indicam que a exposição prolongada à luz LED UV-C, especificamente por um período de 4 minutos, demonstrou ser altamente eficaz na eliminação completa das bactérias presentes na água contaminada. A eficácia da desinfecção por UV-C está diretamente relacionada ao tempo de exposição, pois um período mais longo permite que a radiação UV-C causa danos irreparáveis ao DNA das bactérias, impedindo sua capacidade de reprodução e sobrevivência. Além da eficácia comprovada na eliminação

bacteriana, a desinfecção por UV-C oferece várias vantagens importantes para a segurança da água potável.

Ao contrário de métodos químicos, a desinfecção por UV-C não deixa subprodutos tóxicos na água, sendo uma abordagem ambientalmente segura e sustentável. Além disso, é eficaz contra uma ampla gama de microrganismos, incluindo vírus e protozoários resistentes, proporcionando uma camada adicional de proteção contra doenças transmitidas pela água. Essas descobertas são cruciais para orientar a implementação de medidas de desinfecção eficazes em sistemas de tratamento de água potável, especialmente em regiões onde a qualidade da água pode ser comprometida por contaminação microbiológica.

A aplicação prática dessas tecnologias pode significativamente melhorar a segurança da água para consumo humano, reduzindo o risco de surtos de doenças relacionadas à água e promovendo melhores padrões de saúde pública.

De acordo com os resultados obtidos conclui-se que a luz Led UV-C com quartzo foi altamente eficiente para desinfecção de 250 ml de água de uma garrafa, se mantida sob agitação por 1 a 4 minutos. Desse modo é altamente recomendado esse tipo de desinfecção de água, aliado ao fato de ser um processo rápido, eficiente e de baixo custo.

7 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASIL. **Falta de acesso a água potável atinge 3,3 milhões de pessoas no Brasil.** Agência Brasil, Brasília, 2024. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2024-03/falta-de-acesso-agua-potavel-atinge-33-milhoes-de-pessoas-no-brasil>. Acesso em: 02 mai. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Confira orientações sobre equipamentos emissores de luz ultravioleta.** Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2021/confira-orientacoes-sobre-equipamentos-emissores-de-luz-ultravioleta>. Acesso em: 10 jun. 2024.

BARCELLOS, L. D. **Aplicação de métodos de tratamento de água.** Rio de Janeiro: FINEP, 2024. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/LuizDaniel.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2024.

CASESB. **Como a água é tratada?** Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – Caesb 2024. Disponível em: <https://www.caesb.df.gov.br/como-a-agua-e-tratada.html>. Acesso em: 11 abr. 2024.

EMPRESA BRASIL DE COMUNICAÇÃO. **Água no Brasil.** Disponível em: <https://www.ebc.com.br/especiais-agua/agua-no-brasil/>. Acesso em: 02 mai. 2024.

ESP Water Products. **Understanding UV Water Filtration and Sterilization.** Disponível em: <https://br-espwaterproducts.glopalstore.com/understanding-uv-water-filtration-sterilization/#:~:text=A%20%C3%81gua%20com%20luz%20ultravioleta,v%C3>

%ADrus%20e%20bact%C3%A9rias%20na%20%C3%A1gua. Acesso em: 02 mai. 2024.

FUNASA. **Manual Prático de Análise de Água** - Funasa 2004. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/analise_agua_bolso.pdf. Acesso em: 02 mai. 2024

HIJNEN, W. A. M., BEERENDONK, E. F., MEDEMA, G. J. **Inactivation credit of UV radiation for viruses, bacteria and protozoan (oo)cysts in water: a review**. Water Research, [S.I.], v. 40, n. 1, p. 3-22, 2006. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16386286/>. Acesso em: 27 mai. 2024

LOPES, L. G. et al. **Atributos do solo e produtividade do milho em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta**. Caderno de Agroecologia, v. 17, n. 1, p. e021001, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/YGFYZtCrrfDHmLsRcYZKBzg/>. Acesso em: 01 jun. 2024.

LOPES, L. G., VIÉGAS, L. G. S., LAZARIN, C. S., ROSSI, R. M. Z., ANTONIAZZI, J. L. **Avaliação da eficiência da radiação ultravioleta na esterilização de embalagens plásticas**. Cerne, v. 29, n. 2, p. 268-276, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/YGFYZtCrrfDHmLsRcYZKBzg/>. Acesso em: 10 jun. 2024

MINISTERIO DA SAÚDE. **Portaria e consolidação GM/MS nº 5 de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de qualidade**.

OLIVEIRA, P.R., OLIVEIRA, A. C., OLIVEIRA, F. C. **Lentes intraoculares de câmara anterior: características, indicações, complicações e resultados**. Arquivos Brasileiros de Oftalmologia [online]. Vol. 77, No. 1, p. 33-37, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abo/a/sDYtrFBQPLKV9kV83RqwSDc/#:~:text=Como%20o%20nome%20indica%2C%20as,em%20cristal%20e%20em%20resina.> Acesso em: 06 jun. 2024.

PARISE, A. **História da Física e epistemologia da Ciência: contribuições para a prática docente na Educação Básica**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 45, n. 1, p. e20230108, 2023. Disponível em:

SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO DE ITAJUÍPE. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021**. SAAE Itajuípe, 5 ago. 2022. Disponível em: <https://www.saaeitajupe.ba.gov.br/Site/Noticias/noticia-050820221124414577-PORTARIA-GM-MS-N-888-DE-4-DE-MAIO-DE-2021#:~:text=Foi%20publicada%20pelo%20Minist%C3%A9rio%20da,Consolidat%C3%A7%C3%A3o%20N%C2%BA%2005%20de%202017.> Acesso em: 01 jun. 2024.

TRATAMENTO DE ÁGUA. **Ultravioleta: a luz que livra a água das contaminações microbiológicas**. Tratamento de Água, 2022. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/artigo/ultravioleta-a-luz-que-livra-a-agua-das-contaminacoes-microbiologicas/>. Acesso em: 6 jun. 2024.