

## SISTEMA DE DESINFECÇÃO POR LUZ UV-C E OZÔNIO ACOPLADO A LAVADORA ULTRASSÔNICA

Jhone Del Rio Silva de Jesus  
Graduando em Sistemas Biomédicos pela Fatec Bauru  
jhone.jesus@fatec.sp.gov.br

Franciele Alves de Lima  
Graduando em Sistemas Biomédicos pela Fatec Bauru  
franciela.lima@fatec.sp.gov.br

Orientadora: Rogeria Maria Alves de Almeida  
Bióloga Doutora em Microbiologia - Docente na Fatec Bauru  
rogeria.almeida@fatec.sp.gov.br

### RESUMO

A lavadora ultrassônica é um equipamento inovador, com a proposta de facilitar a limpeza de instrumentos e utensílios. Atualmente é uma ferramenta indispensável em consultórios odontológicos, hospitais, laboratórios, entre outros setores, devido a sua alta eficácia em alcançar locais impossíveis manualmente. No entanto a lavadora ultrassônica apresenta a desvantagem de não exterminar microrganismos, gerando riscos de contaminações. Outro problema é o de não poder reaproveitar água usada devido a contaminação e sujeira, gerando excessivo desperdício. Ao analisar esse fato foi desenvolvido um projeto com o objetivo de aprimorar as funções da lavadora ultrassônica em conjunto com elementos que já são utilizados para limpeza e desinfecção, e baseado em estudos e testes realizados, verificou-se que ao introduzir a luz UVC e ozônio, é possível obter uma limpeza mais efetiva, com potencial de eliminação de microrganismos. O projeto foi desenvolvido utilizando a lavadora ultrassônica da marca Sanders Medical de 6 litros, disposta na Fatec de Bauru. Foi acoplado ao equipamento um gerador de ozônio com capacidade de gerar 1 grama de ozônio por minuto, que é um elemento com alto poder de oxidação e de desinfecção. Também foi instalada uma luz ultravioleta (UV-C) de 240nm na tampa da lavadora, onde foi testado a ação desses elementos acoplados, em períodos de 1 e 4 minutos. Também foram realizados testes microbiológicos para comprovar a ação do ozônio e da luz UV-C, com instrumentais contaminados (duas pinças) com a bactéria *Escherichia coli*, sendo realizadas análises da água da lavadora e dos instrumentais. Ou seja, esses potentes agentes desinfectantes (ozônio e luz UV-C) além de aprimorar o equipamento ainda conseguiu desinfetar água usada. Os resultados dos testes de eficiência demonstraram que a junção desses elementos teve grande eficácia com a inativação da *E.coli* após 4 minutos, removendo a desvantagem da lavadora ultrassônica gerando mais segurança e possível sustentabilidade.

**Palavras-chave:** Lavadora ultrassônica; limpeza; ozônio; luz ultravioleta, desinfecção.

# 1 INTRODUÇÃO

A limpeza e esterilização de instrumentos utilizados em hospitais, laboratórios, clínicas odontológicas e em qualquer estabelecimento que se reutilize instrumentos em pacientes, devem seguir rigorosamente parâmetros e normas técnicas, para garantir a esterilização e limpeza adequada. Além de um setor só para esse objetivo, denominado Centro de Material de Esterilização (CME). E para isso existe equipamentos responsáveis por facilitar e auxiliar nesse processo.

A lavadora ultrassônica é um equipamento muito utilizado para limpeza de materiais odontológicos, instrumentos cirúrgicos, canulados, entre outros. Através de um processo denominado de ultrassom. Esse método de limpeza utiliza a transformação da energia elétrica em energia mecânica e essa transformação gera, no interior de uma solução líquida, o fenômeno de cavitação.

Apesar de sua funcionalidade ser a de garantir uma limpeza eficaz, em determinados casos ela não remove todos os tipos de sujeira, e sua principal desvantagem é de não conseguir eliminar microrganismos. Além de ter um elevado gasto de água que não pode ser reaproveitada, devido sua sujidade e altíssimo grau de contaminação. Sendo assim, se faz necessário um aprimoramento do equipamento, visando eliminar essas desvantagens e torná-lo ainda mais eficiente, seguro e sustentável.

Analisando estes fatos, esse trabalho tem como objetivo aprimorar e potencializar a funcionalidade da lavadora ultrassônica, utilizando em conjunto as propriedades do Ozônio (O<sub>3</sub>) e a luz ultravioleta (UV-C).

O ozônio e a luz ultravioleta são elementos que auxiliam na limpeza e desinfecção. O ozônio é uma molécula composta por três átomos de oxigênio e devido a essa formação, que é instável, torna o ozônio um elemento altamente oxidante e desinfectante. Já a luz ultravioleta (UVC) é uma radiação eletromagnética que possui ação germicida, sendo amplamente utilizada na descontaminação de superfície.

## 1.2 OBJETIVO

O objetivo desse projeto foi acoplar um sistema de desinfecção por ozônio e luz UV-C na lavadora ultrassônica, para futuramente ter a possibilidade de reuso da água da lavadora , evitando a contaminação ambiental .

# 2 REVISÃO DA LITERATURA

## 2.1 Centro de Material e Esterilização (CME)

O setor da Central de Material Esterilizado) (CME) é o local onde são processados os produtos para saúde dentro de clínicas e hospitais. Na CME são realizados os procedimentos de limpeza, preparo da carga de esterilização e do equipamento médico, esterilização de material cirúrgico, entre outros processos (Moura *et al.*; 2021)

A CME é de suma importância uma vez que garante que o equipamento de saúde esteja livre de agentes contaminantes causadores de infecções. Sem o cuidado da CME, os pacientes, e até mesmo os próprios profissionais de saúde, ficam expostos e podem se infectar.

Para Ouriques e Machado (2013), a importância do CME no controle das infecções hospitalares, tendo em vista que a infecção de sítio cirúrgico é uma das principais complicações causadas em pacientes que necessitam de procedimentos cirúrgicos, representa um desafio para os hospitais no controle e na prevenção. Assim, o instrumental a ser utilizado no paciente deve ser processado adequadamente, a fim de que esse material não se torne uma fonte de contaminação e transmissão de microrganismos.”

Para garantir a diminuição ou até mesmo zerar o nível de contaminações o CME é composto por cinco áreas, sendo elas: área contaminada (também chamada de expurgo ou área suja), área de preparo, área de esterilização, área de armazenamento e área de dispensação.

1- Área Contaminada: É a área destinada ao recebimento de material contaminado proveniente de todas as unidades do hospital e onde é efetuada a limpeza do material.

2- Área de Preparo: É a área onde os materiais são inspecionados, preparados, empacotados e identificados para posterior esterilização e onde se prepara todo o material de consumo.

3- Área de Esterilização: É a área em que se esterilizam os materiais.

4- Área de Armazenamento: É um local de grande importância, pois nele fica estocado todo o material esterilizado a ser distribuído para as unidades do hospital.

5- Área de Dispensação: É a área onde se processa a distribuição do material estéril.

A primeira etapa é a da inspeção do material sujo recebido. Nesta etapa verifica-se a integridade do material e sua funcionalidade. Em CMEs com sistema de rastreabilidade, nesta etapa é registrada a “entrada do material” na CME. Em seguida começa o processo da limpeza, que pode ser manual ou automatizada, em lavadoras ultrassônicas ou termodesinfetadora. Entretanto, é uma boa prática executar sempre a limpeza manual mesmo quando for utilizada a limpeza automatizada.

## **2.2 LAVADORA ULTRASSÔNICA**

A lavadora ultrassônica é um aparelho inovador que utiliza ondas sonoras de alta frequência para limpar itens delicados e complexos, como joias, óculos, instrumentos cirúrgicos e componentes eletrônicos. Essa tecnologia foi desenvolvida na década de 1950 e desde então tem sido amplamente utilizada em diversos setores, devido à sua eficácia na remoção de sujeira e contaminação sem danificar os objetos (Figura 1). Sendo um equipamento indispensável no CME, por estar na primeira etapa da limpeza automatizada de utensílios e ferramentas na área da saúde. O princípio físico de limpeza da lavadora ultrassônica, consiste na utilização de ultrassom para retirar a sujidade contida nos materiais os quais se deseja limpar. O processo baseia-se em utilizar transdutores ultrassônicos fixados internamente na cuba da lavadora para transformar energia elétrica de alta frequência em energia mecânica (ultrassom). A energia mecânica produzirá vibrações no líquido criando milhões de microbolhas que irão entrar em colapso e implodir gerando micro jatos que eliminarão a sujidade contida nos materiais. Tal princípio é denominado, cavitação (Albrecht, Lucimara, 2013)

A principal vantagem da lavadora ultrassônica é sua habilidade de alcançar a limpeza em nível microscópico. Ela consegue acessar locais inacessíveis para escovas e outros métodos de limpeza, como ranhuras, fendas e outros cantos

complexos, garantindo uma limpeza abrangente. Se comparar com métodos manuais ou menos avançados, a lavadora ultrassônica economiza tempo valioso. Uma vez que o objeto é colocado dentro do equipamento, não há necessidade de esfregar ou intervir manualmente; a máquina faz todo o trabalho de forma automática. (Albrecht, Lucimara, 2013).

Um fator de atenção no processo de limpeza com a lavadora é a frequência das ondas ultrassônicas. Frequências mais altas geram bolhas menores, que são eficazes na limpeza de itens com detalhes finos ou superfícies delicadas. Já frequências mais baixas, com bolhas maiores, são usadas para limpeza robusta de itens maiores ou mais sujos.

A RDC Nº 15, DE 15 DE MARÇO DE 2012 estabelece os requisitos técnicos de boas práticas para o processamento de produtos para saúde. Na seção III, Art.4º, parágrafo XII, faz menção a lavadora ultrassônica, dando os parâmetros necessários para a utilização do equipamento no âmbito da saúde. (ANVISA, 2012).

Além da RCD Nº15 da AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA,) 2012, temos a NBR 17130-1 da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), (2023), que também traz orientações técnicas e mais detalhadas sobre o manuseio adequado da lavadora ultrassônica no meio hospitalar.

A RDC-55 (ANVISA, 2012), faz citação do elemento líquido ou detergente enzimático usado também na lavadora ultrassônica, para garantir uma melhor eficácia na limpeza dos instrumentos utilizados na área hospitalar, ditando detalhadamente quais as soluções químicas permitidas, suas aplicações e quantidade necessária para realizar a limpeza sem comprometer os instrumentos e o equipamento no processo.

Sem sombra de dúvidas a lavadora ultrassônica é um excelente equipamento quando o assunto é limpeza, mas mesmo tendo grande eficácia, ainda sim apresenta desvantagens que podem trazer riscos e a falta de sustentabilidade.

Souza (2014) mostrou em seu artigo intitulado limpeza manual X limpeza automatizada: uma análise de carga microbiana de instrumentais cirúrgicos após o uso clínico em cirurgias do aparelho digestivo, onde é feito um experimento utilizando os dois métodos de limpeza para verificar qual deles tem mais efeito em eliminar microrganismos. A amostra foi composta por 125 instrumentais provenientes de 25 cirurgias do aparelho digestivo, potencialmente contaminadas e contaminadas, submetidos a dois processos de limpeza, manual e automatizado. O mais intrigante do experimento foi constatar que a limpeza manual teve uma diminuição significativa na carga microbiana comparada com a limpeza automatizada utilizando uma lavadora ultrassônica. Obviamente as duas limpezas em conjunta tem resultados satisfatório, entretanto esse experimento mostra que por mais que a lavadora ultrassônica seja eficiente na limpeza, ainda tem uma desvantagem de não conseguir eliminar microrganismo.

A figura 1 mostra uma lavadora ultrassônica com o recipiente com água e detergente enzimático, com instrumentais de aço inox mergulhados para serem submetidas ao processo de desinfecção. As ondas ultrassônicas são formadas por um transdutor.

Figura 1 – A CME faz treinamento para o uso de lavadora ultrassônica adquirida pelo Hospital Municipal Getúlio Vargas (HMGV)



Fonte: [www.fhgv.com.br](http://www.fhgv.com.br), (2014).

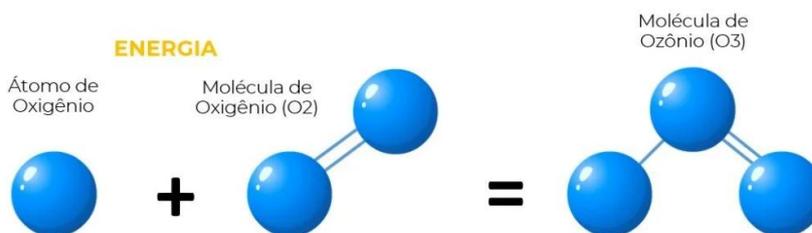
## 2.3 OZÔNIO

Em 1783, o filósofo e cientista holandês Martin van Marum descreveu pela primeira vez o odor pungente de ozônio. Após isto, em 1840, Schönbein chamou a substância de “ozônio”, com base na palavra grega “ozein” para “cheiro”. (Souza, Krukoski, 2020)

O ozônio, O<sub>3</sub>, é uma forma alotrópica do elemento químico oxigênio. Em condições ambiente, apresenta-se como um gás. É reconhecido pela sua alta reatividade, grande poder oxidante e desinfetante. É formado naturalmente em camadas superiores da atmosfera (estratosfera) após foto decomposição de moléculas de gás oxigênio (Figura 2).

Quando a maior parte das pessoas pensam em ozônio, pensa na camada de gás presente na atmosfera da terra e que nos protege da ação dos raios ultravioleta. No entanto este gás, o qual por vezes pode ser detectado como um odor fresco após as tempestades é atualmente uma valiosa ferramenta para uma variedade de usos industriais com compromisso ambiental. Todo o aprendizado na aplicação do ozônio na área industrial nada mais é, do que mimetizar a natureza, portanto, trata-se de um processo natural, seguro, limpo e economicamente viável. (Souza, Krukoski, 2020)

Figura 2 - Por que o ozônio é uma molécula instável?



Fonte: Grupo Philozon, (2024).

## 2.4 Como ozônio é produzido pelo homem?

O método mais comum para a síntese de ozônio é reproduzir o que já ocorre na natureza. O insumo é o oxigênio e o equipamento mais usado para produzir ozônio é conhecido como “gerador de ozônio” ou “ozonizador”, usado no próprio local e instante da aplicação. A transformação ocorre quando o oxigênio passa através de um reator, conhecido como célula de geração de ozônio, onde existe a descarga por Barreira Dielétrica ou Geração de Plasma (depende da tecnologia do gerador). Este tipo de descarga é produzido ao se aplicar uma alta tensão elétrica entre dois eletrodos paralelos, tendo entre eles um dielétrico (quartzo ou cerâmica) e um espaço livre, por onde flui o oxigênio. Neste espaço livre é produzida uma descarga elétrica de alta voltagem em alta frequência, onde são gerados uma grande quantidade de elétrons com energia suficiente para produzir a quebra molecular do oxigênio, formando o ozônio. (Santos, Pimenta, Freitas; 2024).

A produção de ozônio está relacionada a tecnologia dos geradores utilizados. Um gerador de plasma diferencia-se por produzir ozônio com descargas elétricas com frequências bem maiores do que um gerador de ozônio convencional de corona. Quando o ozônio é formado em um gerador que utiliza plasma, são criados não só um número maior de moléculas triatômicas (O<sub>3</sub>), mas também de tetratômicas (O<sub>4</sub>), pentatômicas (O<sub>5</sub>) e assim por diante. Assim, podemos afirmar que o ozônio obtido através da tecnologia de plasma é de melhor qualidade do que o ozônio obtido através de um gerador de ozônio convencional. (Santos, Pimenta, Freitas, 2024).

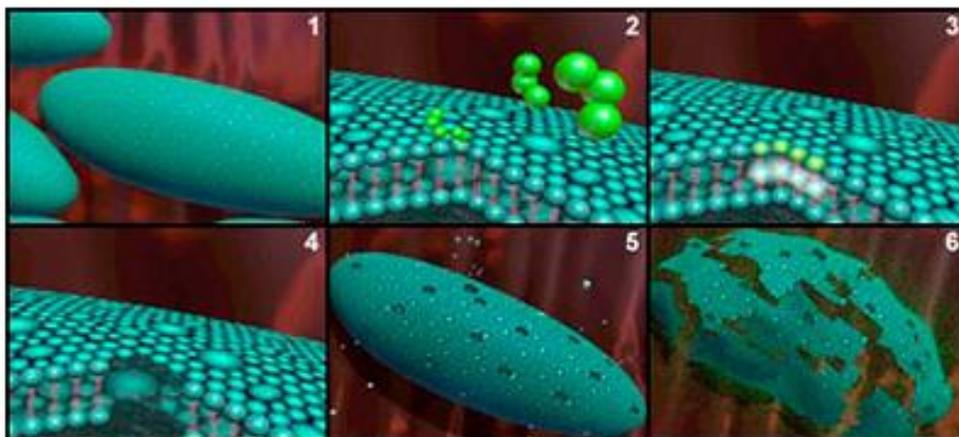
## 2.5 Ozonização

Pesquisadores têm trabalhado no sentido comprovar a eficiência da utilização do ozônio para inativação de vírus e protozoários (Figura 3), sendo que, de acordo com estas pesquisas têm obtido melhores resultados que outros desinfetantes como cloro, dióxido de cloro e cloraminas. Um experimento que reafirma essa tese foi realizado e publicado por dois alunos de universidades diferentes, Gonzaga e Kozusny -Andreny (2018). Nesse experimento vemos a ação do ozônio superando as expectativas, onde o objeto de amostra foram resíduos contaminados de um hospital particular, onde esses resíduos foram submetidos ao gás ozônio e nos primeiros cinco minutos de exposição ao gás verificou-se uma redução superior a 98% dos microrganismos existentes nos resíduos.

De acordo com Gonzaga e Kozusny -Andreny (2018), uma grande vantagem na utilização do ozônio é que pode ser decomposto em oxigênio em poucos minutos. Outra vantagem da ozonização é seu poder de oxidação de até 1,5 vezes mais que a cloração, podendo chegar a ser 1500 vezes mais veloz na desinfecção (Figura 3). O processo de ozonização é bastante rápido, matando todos os microrganismos e tendo como principais características:

- a) redução de metais às suas formas insolúveis (normalização);
- b) destruição de hidrocarbonetos por dissociação;
- c) mineralizar compostos orgânicos dissolvidos para coagular e precipitar e
- d) diminuição do tempo de reação não produzindo resíduos na água.

Figura 3 – Fases da desinfecção e destruição da bactéria no tratamento com ozônio



Fonte: Naturaltec, (2024).

## 2.6 LUZ ULTRAVIOLETA

O uso da luz ultravioleta como método para esterilizar áreas e reduzir a transmissão de patógenos foi proposto pela primeira vez em 1878 por Arthur Downes e Thomas P. Blunt. Logo depois, o primeiro uso registrado de luz ultravioleta como agente de desinfecção foi relatado em Marselha, na França, em 1910, onde esse método foi usado para esterilizar água potável (Oliveira de Souza, Susana et al., 2020).

Na década de 1950, o tratamento de água UV estava em uso na Suíça e na Áustria. Em 1985, havia 1.500 estações de tratamento de água UV em operação na Europa. Em 2001, esse número aumentou para 6.000 estações de tratamento de água UV em uso na Europa. (Oliveira de Souza, Susana et al., 2020).

Hoje, a luz ultravioleta é amplamente utilizada em ambientes hospitalares como agente de esterilização de quartos e superfícies. Como o uso de luz ultravioleta tornou-se cada vez mais popular para fins de desinfecção, os sistemas de irradiação germicida ultravioleta, também ficaram muito mais baratos.

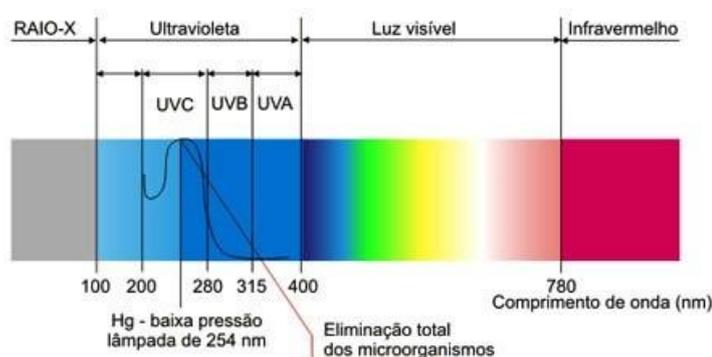
O Sol é a maior fonte de luz para o planeta Terra, inclusive fonte de luz ultravioleta. Por meio da fusão nuclear que ocorre na estrela, a energia eletromagnética é liberada em forma de radiação. Neste processo, é formada a luz visível, como também outras formas de ondas eletromagnéticas, como a luz ultravioleta.

A luz ultravioleta é um tipo de radiação eletromagnética. Ela pode ser classificada em três tipos: UV-A (com comprimento de onda na faixa de 320 a 400 nanômetros); UV-B (com comprimento de onda na faixa de 280 a 320 nanômetros) e UV-C (com comprimento de onda menor que 280 nanômetros). (Oliveira de Souza, Susana et al., 2020)

Uma das técnicas utilizadas atualmente para esterilização é a aplicação de luz ultravioleta (UV-C), que, segundo especialistas, é altamente eficaz. A frequência em questão está na região entre 280 e 220 nm, e a energia contida no comprimento de onda do raio é absorvida pelo DNA/RNA de vírus, bactérias, leveduras e fungos, inativando-os e tornando-os inofensivos em segundos (Figura 4).

O experimento recente realizado e publicado pelos estudantes da Universidade Federal do Rio de Janeiro, por FREIRE et al., (2024), cujo título é Luz UV-C como estratégia de desinfecção do ar e superfícies hospitalares, tinha como objetivo avaliar a eficácia antimicrobiana de um dispositivo fixo emissor de luz UV-C na desinfecção de diferentes superfícies do ambiente hospitalar. Nesse experimento uma sala hospitalar foi contaminada e em seguida foi exposta a radiação UV-C. Os resultados foram surpreendentes, beirando os 100% de inatividade de patógenos em poucos minutos, deixando bem evidente a eficácia e o poder de desinfecção da radiação ultravioleta.

Figura 4 – Luz Ultravioleta UVC Germicida



Fonte: Fungicultura, (2024)

A desinfecção de instrumentos e equipamentos atualmente é de extrema importância para reduzir a carga microbiana, e a lavadora ultrassônica é um equipamento indispensável para que a matéria orgânica seja efetivamente removida, e atualmente se esse processo for aliado a desinfecção por ozônio e luz UV-C, será garantido que além dos instrumentais, que a água contaminada durante esse processo, seja descontaminada de maneira sustentável.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 MATERIAL

O projeto foi realizado no Laboratório de Microbiologia da Faculdade de Tecnologia de Bauru -Fatec/Bauru, onde foram testadas cepas de referência da *American Type Culture Collection* (ATCC) de *Escherichia coli*, proveniente do instituto Lauro Souza Lima, expostas a luz UV-C (13w com 254nm) e Ozônio (1 mg ), acoplados a uma lavadora ultrassônica Sanders Medical modelo Soniclean6 com 6 litros de capacidade, com aquecedor embutido.

A ideia inicial do projeto era criar uma pequena lavadora ultrassônica utilizando materiais improvisados e piezoelétrico para gerar a frequência de limpeza. Entretanto alguns contratempos não permitiram essa possibilidade, por esse motivo utilizamos no projeto a lavadora ultrassônica13, do laboratório de Microbiologia na Fatec de Bauru (Figura 5).

Para montagem do sistema de desinfecção por luz UV-C e Ozônio foram usados os materiais descritos no Quadro 1

Quadro 1 - Relação dos materiais utilizados para testar a eficiência do processo de desinfecção da água da lavadora ultrassônica

COMPONENTES	DESCRIÇÃO	custos
Gerador de ozônio	Gerador de Ozônio de 110V. Gera 1000ml/h	R\$ 101,19
Luz Ultravioleta (UVC)	Lâmpada UVC de 110V, 13W potência	R\$ 70,00
Lavadora Ultrassônica	Marca -Sanders Medical/ Modelo Soniclean6 de 6 litros	Sem custos

Figura 5 - Lavadora Ultrassônica digital Sanders Medical/ modelo- Soniclean6 de 6 litros.



Fonte: Arquivo próprio, (2024)

O gerador de Ozônio de 110V fabricado na China e que pode ser usado como purificador de ar, água e alimentos, com capacidade para gerar 1000Mg ou 1grama como ilustrado na Figura 6.

Figura 6 – Gerador De Ozônio 1000Mg Ozonizador Limpador De Ar De Água Purificador Frutas Tanque De Peixes Vegetais.



Fonte: Arquivo próprio, (2024)

A lâmpada UV-C de 110V e medindo cerca de 24,5cm, com 13W de potência, adota um tubo de vidro de quartzo para maior transmissão da radiação UV-C como mostrada na Figura 7.

Figura 7 – Lâmpada UVC de 110V, 13W potência.

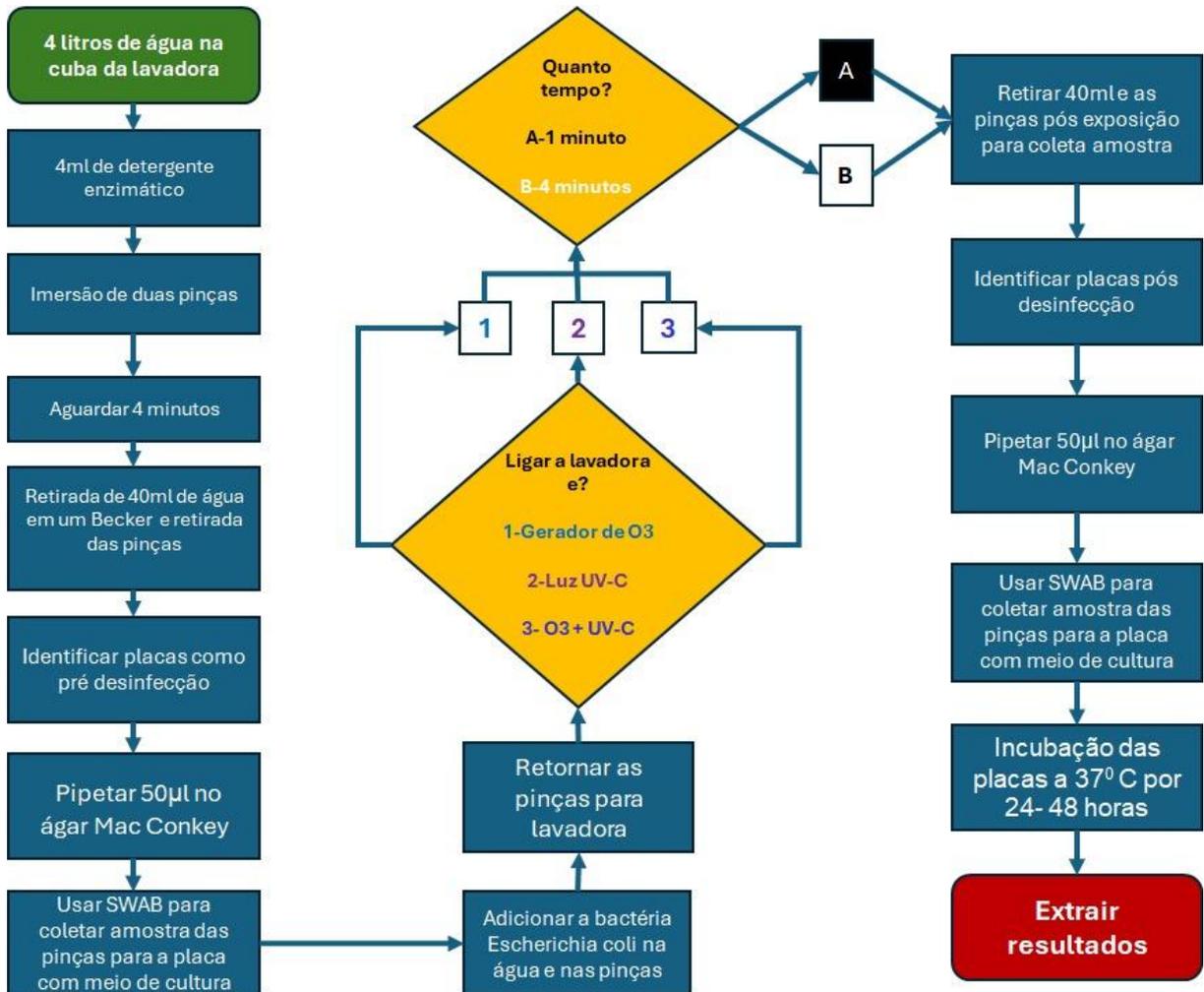


Fonte: Arquivo próprio, (2024)

### 3.2 MÉTODOS

A metodologia do processo de desinfecção por ozônio e luz UV-C estão descritos no fluxograma abaixo (Figura 8)

Figura 8 – Fluxograma do processo de desinfecção por ozônio e Luz UV-C na lavadora ultrassônica



Fonte: Arquivo próprio, (2024)

Os testes de eficiência do ozônio e luz UV-C, foram feitos no laboratório de Microbiologia e Microscopia da Fatec Bauru. Para os testes preliminares de eficiência do ozônio foi feita a diluição de dois tipos de corantes em água. Com a intenção de analisar se o gerador estava concentrando ozônio, o que resultaria na degradação dos corantes, tornando a água cristalina. No primeiro teste, foi utilizado com 2 gotas de corante cristal violeta, diluído em 150 ml de água, onde houve a degradação do corante, tornando a água cristalina em apenas 4 minutos. No segundo teste foi adicionado 2 gotas do corante Fucsina na mesma quantidade de água do teste anterior, pelo fato da Fucsina ter sua ligação mais resistente foram necessários cerca de 20 minutos para a degradação total do corante, tornando a água limpa, como mostrado na Figura 9.

Figura 9 – Teste de eficiência do gerador de ozônio, na degradação



Fonte: Arquivo próprio, (2024)

### 3.3 Montagem do protótipo da lavadora ultrassônica

Foi incorporado na lavadora ultrassônica de marca Sanders Medical o gerador de ozônio e a luz UV-C de maneira improvisada para realização dos testes. O gerador de ozônio por ter uma mangueira atóxica e uma pedra esponjosa acolado na ponta da mangueira para submersão em líquido, foi colocado entre uma pequena fresta da tampa da lavadora onde uma parte da mangueira ficou submersa na cuba para emissão do ozônio no líquido que seria adicionado na lavadora.

A lâmpada UV-C foi fixada na tampa da lavadora ultrassônica com junta a uma tampa de plástico para maior proximidade como o líquido como ilustrado na Figura 10.

Figura 10– Gerador de ozônio e lâmpada UV-C acoplada na lavadora ultrassônica.



Fonte: Arquivo próprio, (2024)

### 3.3 Testes microbiológicos para testar a eficiência do ozônio e da luz UV-C

Para realização dos testes microbiológicos as cepas de *E.coli* foram subcultivadas em placas de Petri com meio de cultura agar Mac Conkey em duplicata, utilizando para semeadura alça descartável de 10µl, incubadas em estufa microbiológica a 37 °C por 24-48 horas .

Após esse período de incubação, foi feita uma suspensão bacteriana, através de uma diluição em 9 mL de água estéril, para cada cepa subcultivada, com uma concentração de  $10^8$  células/mL (0,5 da de McFarland).

A água para lavadora foi preparada com detergente enzimático, sendo diluído 4ml de detergente para 4 litros de água. Em seguida foi feita a contaminação das pinças e da água com a bactéria *Escherichia coli*. Utilizando um swab umedecido em água contaminada contida em um frasco e passando nas pinças com o intuito de espalhar a bactéria por todo o instrumento.

Para contaminação da água da lavadora, foi colocado 4 litros de água com detergente enzimático na cuba, em seguida, misturou-se uma suspensão da *E.coli* diluída em 9ml de água.

### 3.3.1 Teste de pré-desinfecção com ozônio

A lavadora foi deixada ligada por 5 minutos, e em seguida foram coletadas as amostras de pré-desinfecção, sendo retirado da cuba 40ml de água, e pipetado 50 $\mu$ L em placas com meio de agar Mac Conkey (duplicata). Para coleta das amostras das 2 pinças foi utilizado um swab umedecido em água estéril, em seguida as amostras foram semeadas na placa de agar Mac Conkey em duplicata (Figura 11).

Figura 11– Amostras das pinças e da água coletas no processo de pré-desinfecção com ozônio, semeadas em agar Mac conkey



Fonte: Arquivo próprio, (2024)

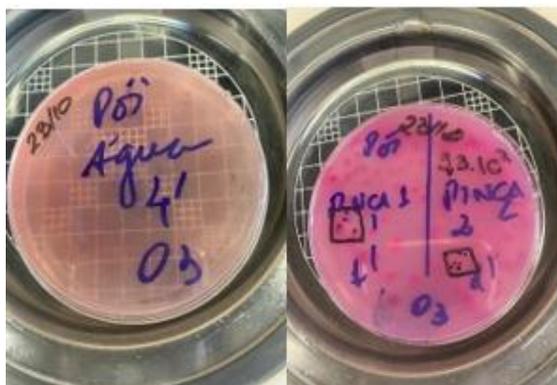
### 3.3.2 Teste de Pós- desinfecção com ozônio

Para a pós-desinfecção, foi repetido o processo para coleta de amostras, onde foi colocado a mangueira geradora de ozônio dentro da água da cuba da lavadora ultrassônica, com as 2 pinças contaminadas, assim como água da cuba foi contaminada com *E.coli*, com exposição ao ozônio durante 1 minuto e 4 minutos.

Após 1 minuto e 4 minutos foram realizadas as coletas das amostras das 2 pinças e da água da cuba, semeadas em agar Mac conkey em duplicata.

As placas foram incubadas, na estufa à 37°C por um período de 24-48 horas. Após o período de incubação foram feitas a contagem de UFC/cm<sup>2</sup> em contador de colônias Cplus 600 (Figura 12).

Figura 12– Amostras das pinças e da água coletas no processo de pós-desinfecção com ozônio por 1 e 4 minutos, semeadas em agar Mac Conkey

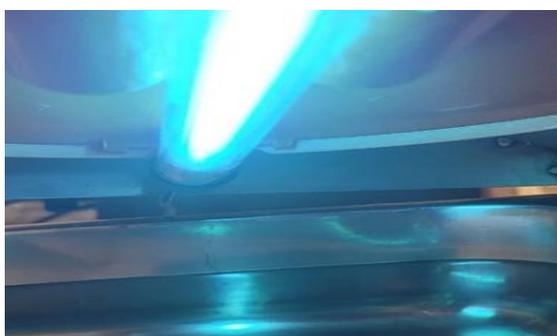


Fonte: Arquivo próprio, (2024)

### 3.3.3 Teste de pré-desinfecção e pós-desinfecção com Luz UV-C

Para realizar o teste de desinfecção com Luz UV-C, foi acoplado na tampa da lavadora ultrassônica uma lâmpada de luz UV-C de 254nm (Figura 12)

Figura13- Lâmpada de luz UV-C na parte inferior da tampa da lavadora ultrassônica.



Fonte: Arquivo próprio (2024)

Os testes microbiológicos para testar a eficiência da luz UV-C seguiram os mesmos procedimentos dos itens 3.3.1 e 3.3.2. Os resultados ilustrados nas figuras 14 e 15.

Figura 14– Amostras da água coletas no processo de pré e pós-desinfecção com luz UV-C por 1 e 4 minutos, semeadas em agar Mac conkey

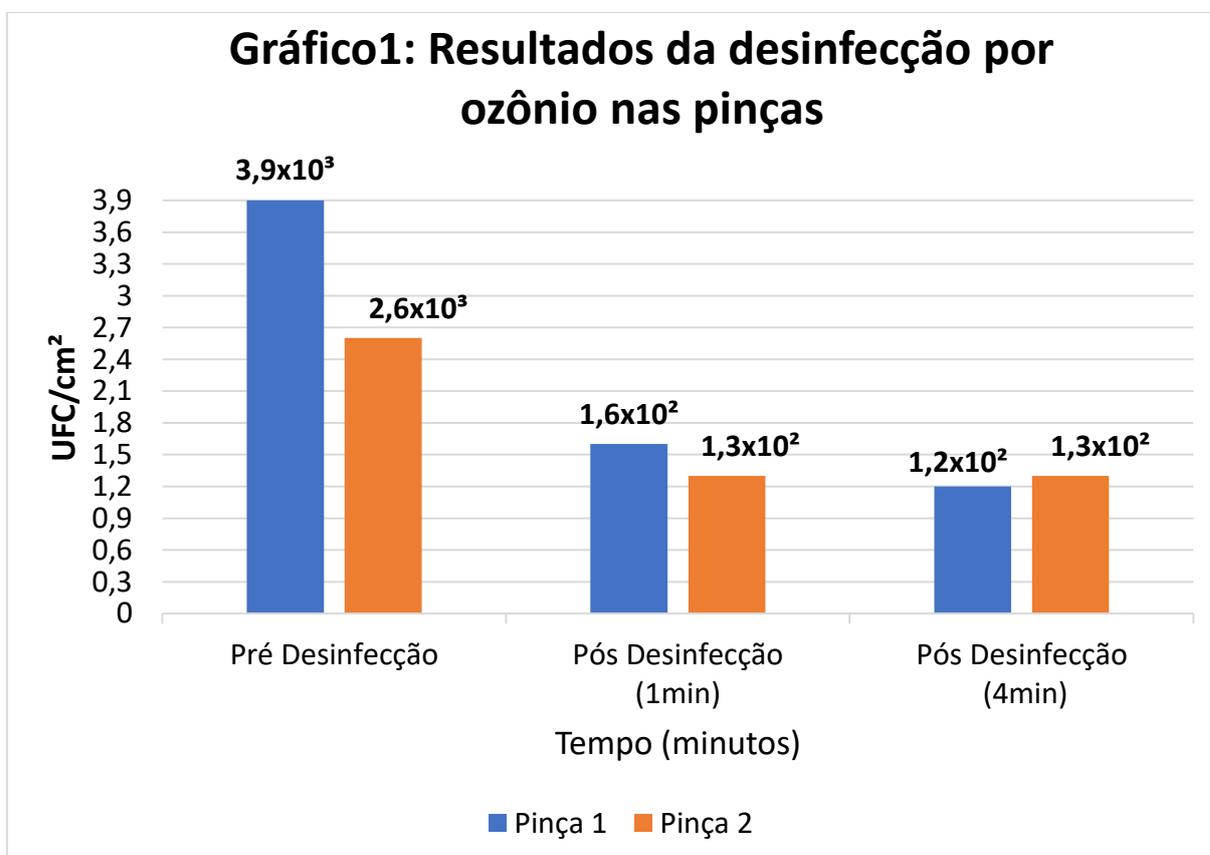


Fonte: Arquivo próprio, (2024)

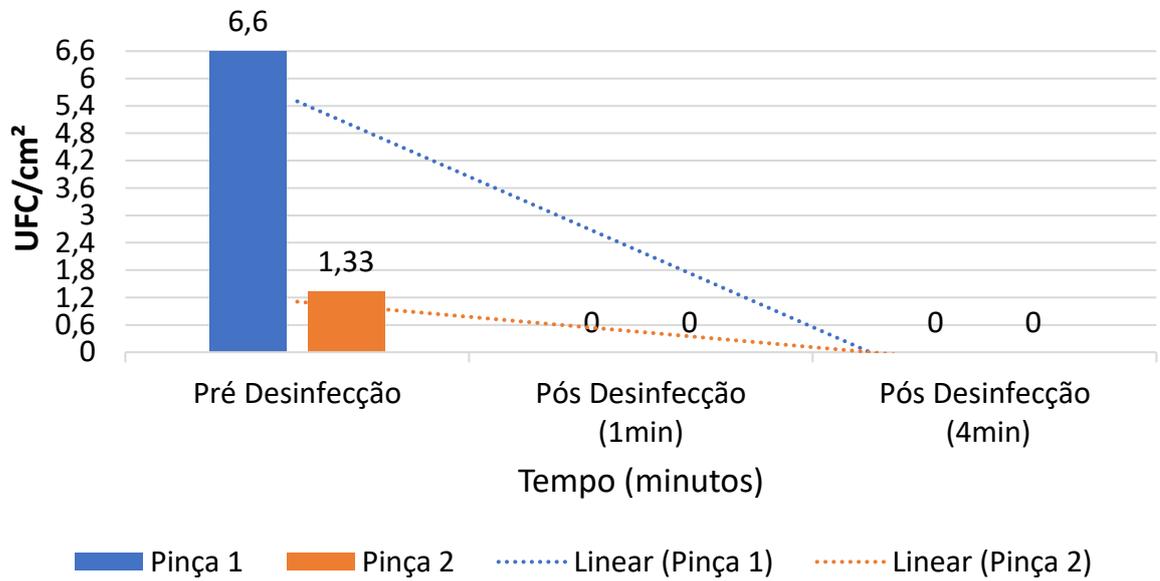
## 4 RESULTADOS

De acordo com os resultados obtidos observou-se que houve crescimento da *E.coli* após 1 minuto de exposição do ozônio e da luz UV-C nas pinças e na água. Após 4 minutos não foi detectado crescimento da bactéria na água, evidenciando a eficiência do processo.

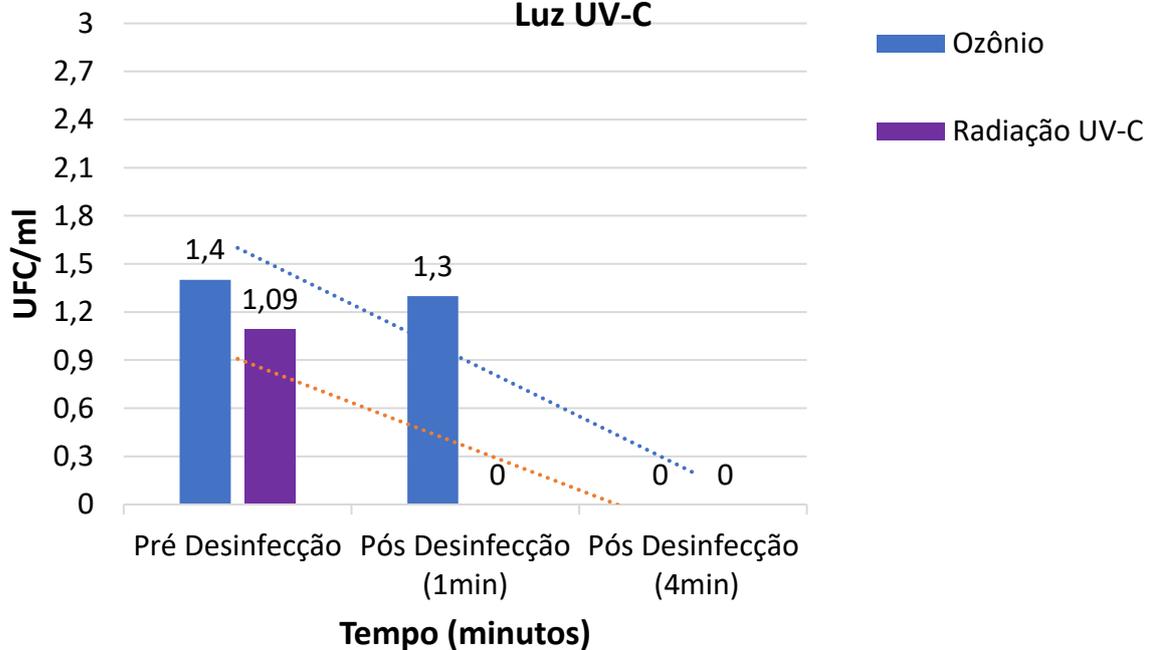
A contagem de UFC/cm<sup>2</sup> nas pinças e UFC/ml na água, pré e pós-desinfecção com ozônio e luz UV-C, estão expressos nos gráficos 1, 2 e 3.



**Gráfico 2: Resultados da desinfecção por luz UV-C nas pinças**



**Gráfico 3: Resultados da desinfecção da água por Ozônio e Luz UV-C**



De acordo com os resultados obtidos, observou-se que o ozônio, não foi tão efetivo para desinfecção das pinças após 1 e 4 minutos, entretanto a ação da luz UV-C foi eficaz após 4 minutos de exposição (Tabela 1).

Em relação a desinfecção da água da cuba da lavadora ultrassônica, observou se que o ozônio foi eficaz após 4 minutos de ação, por outro lado a luz UV-C, foi altamente eficiente na desinfecção da água após 1 e 4 minutos de exposição. (Tabela 2)

## 5 DISCUSSÃO

Atualmente várias pesquisas têm demonstrado o poder oxidante do ozônio aquoso e gasoso, sendo eficazes contra microrganismos contaminantes de água, reduzindo as unidades formadoras de colônias de *Escherichia coli* e *Pseudomonas aeruginosa*. Esses estudos estão de acordo com os resultados obtidos no processo de desinfecção por ozônio na água da lavadora ultrassônica, evidenciando a possibilidade de reuso dessa água contaminada (MARTINELLI, GIOANNANGELLI & MONTEMOLLI, 2017, ANVISA, 2020).

A luz UV-C tem efeito germicida e pode inativar microrganismos, pois é capaz de danificar o ácido nucleico (DNA e RNA), em função do tempo de exposição. De acordo com os resultados obtidos observou-se que houve inativação da *E.coli* nas amostras coletadas das pinças após 4 minutos de exposição. Esses resultados estão semelhantes ao tempo de desinfecção da luz UV-C LED em testes realizados para desinfecção de próteses intraorais, realizados por Ossugui, Almeida e Diman (2020).

Os melhores resultados foi observado nas amostras coletadas da água da cuba da lavadora ultrassônica, com ação após 1 e 4 minutos de exposição da luz UV-C. Desse modo pode-se recomendar o uso da luz UV-C para desinfecção da água de enxague das lavadoras ultrassônicas, que podem ser reutilizadas, evitando que essa água seja descartada no esgoto, contaminando-o.

Esse projeto é multidisciplinar, pois envolveu várias áreas de conhecimento dentro do curso de Sistemas Biomédicos, que contribuiu para a formação do estudante de graduação.

## 6 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, observou-se que a desinfecção da água da lavadora ultrassônica, foi altamente eficiente após 4 minutos de ação do ozônio e luz UV-C.

O protótipo da lavadora ultrassônica com processo de desinfecção com ozônio e Luz UVC apresenta uma proposta promissora, pois a associação de dois agentes desinfetantes com ação potente, que podem ser utilizados para a desinfecção da água de descarte da lavadora ultrassônica, altamente contaminada, aliado ao fato de a possibilidade dessa água ser reutilizada no equipamento ou para outro setor do hospital.

## 7 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA) -NOTA TECNICA n<sup>o</sup> 108/2020/SEI/COSANGHCOS/DIRE3/ANVISA. **Ementa do uso do ozônio como produto desinfetante durante a pandemia causada pelo novo coronavírus (Sarcs-CoV-2)**. Ministério da Saúde: Brasília, 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA) -Resolução RDC n<sup>o</sup> 15 de 15 de março de 2012.**Dispõe sobre requisitos de boas práticas para o processamento de produtos para saúde e dá outras providencias**. Ministério da Saúde: Brasília, 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA) -Resolução RDC n<sup>o</sup> 55 de 14 de novembro de 2012.**Dispõe sobre os detergentes enzimáticos de uso restrito em estabelecimentos de assistência à saúde com indicação para limpeza de dispositivos médicos e dá outras providencias**. Ministério da saúde: Brasília, 2012.

ALBRECHT, L. **Máquinas lavadoras ultrassônicas de instrumentos odontológicos, médicos e cirúrgicos: avaliação do desempenho do processo de limpeza**, 2013. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/517>. Acessado em 28 out. 2024

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), NBR- 17130-1. **Lavadoras ultrassônicas de uso hospitalar. Parte 1. Requisitos gerais e construtivos par lavadoras com volume acima de 15 litros**. 2<sup>a</sup> ed. 2024.

FREIRE, J.O, PAES, G.O, GONZALES C.M, BARREIROS, M.G, Ferreira A.L. **Luz UVC como estratégia de desinfecção do ar e superfícies hospitalares**. Acta Paul Enferm. 2024; V.37:e APE002191. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/ape/a/GSrKFnptzf7gDPV7dgwSRTb/?format=pdf&lang=pt>> Acesso em: 10 out 2024.

GONZAGA, T. N.; KOZUSNY-ANDREANI, D. I. **UTILIZAÇÃO DE GÁS OZÔNIO NA DESINFECÇÃO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE**. Revista Interdisciplinar de Estudos em Saúde, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 125–139, 2018. DOI: 10.33362/ries.v7i2.1428. Disponível em: <https://periodicos.uniarp.edu.br/index.php/ries/article/view/1428>. Acesso em: 10 out. 2024.

MARTINELLI M, GIOVANNANGELLI & MONTEMOLLI E. **Water and air ozone an alternative sanitizing technology**. J.Prev.Med.Hyg.v.58, n.1, p. E48-E52, mar 2017.

MOURA, M. da C.; LIMA, MD de O.; SOUSA, MA de; SILVA, KR da. **A importância da central de material esterilizado para a dinâmica hospitalar: uma revisão integrativa da literatura**. Brazilian Journal of Development, [S. l.], v. 7, n. 6, p. 60841–60854, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n6-453. Disponível em:

<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/31565>. Acesso em: 28 out. 2024.

OLIVEIRA DE SOUZA, Susana et al. **DESENVOLVIMENTO DE CABINE DE LUZ UVC PARA DESINFECÇÃO DE MÁSCARAS MÉDICAS N95**. Revista Interdisciplinar de Pesquisa e Inovação, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 17–30, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufs.br/revipi/article/view/14215>. Acesso em: 31 out. 2024.

OSSUGUI, R. Y, ALMEIDA, R.M.A, DIMAN, R.B. **Eficiência da caixa com luz LED UV-C para desinfecção de aparelhos intraorais**. In: FERREIRA, A.C.M; COSTA, W.B, SANTOS, E. Sistemas Biomédicos Tecnologia em Prol da Vida. Gradus Editora: Bauru,SP, 2022,403p.

OURIQUES C. M.; MACHADO, M. Élide. **Enfermagem no processo de esterilização de materiais**, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/tce/a/8jwBGzFZyXZZm3Tydjwqyp/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 out 2024.

SANTOS, J.; PIMENTA, L.; FREITAS, T. **OZONIOTERAPIA NO TRATAMENTO DE FERIDA CAUSADA POR ACIDENTE BOTRÓPICO EM EQUINO: RELATO DE CASO**. ENCICLOPEDIA BIOSFERA, [S. l.], v. 21, n. 49, p. 98-111, 2024. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/5816>. Acesso em: 1 nov. 2024

SANTOS, Ana Livia Clemente; BESERRA, Alícyia Maria Silveira Calheiros; MELO, Aurélia Jandira de Souza; MORAES, Simone Monteiro de; ALMEIDA, Alda Graciele Claudio dos Santos. **EFICÁCIA DA LIMPEZA MANUAL E AUTOMATIZADA DE PRODUTOS PARA SAÚDE COMPLEXOS**. Gep News, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 94–102, 2023. Disponível em: <https://www.seer.ufal.br/index.php/gepnews/article/view/15442>. Acesso em: 10 out. 2024.

SOUZA, E. S. **Limpeza manual X limpeza automatizada: uma análise de carga microbiana de instrumentais cirúrgicos após o uso clínico em cirurgias do aparelho digestivo**, 2014. Disponível em: [https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/AND09M2LGM/1/sintia\\_de\\_souza\\_evangelista.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/AND09M2LGM/1/sintia_de_souza_evangelista.pdf). Acesso em: 10 out 2024.

SOUZA, J. R. A.; KRUKOSKI, D. W. **Ozonioterapia no tratamento de canais radiculares**. Aesthetic Orofacial Science, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 20–26, 2020. DOI: 10.51670/ahof.v1i1.11. Disponível em: <https://ahof.emnuvens.com.br/ahof/article/view/11>. Acesso em: 31 out. 2024.

