

## **Eficiência da desinfecção por luz ultravioleta e ozônio em amostras de PVC e PEX contaminadas com *Staphylococcus aureus***

### **Efficiency of ultraviolet and ozone disinfection in PVC and PEX samples contaminated with *Staphylococcus aureus***

Aluna: Fabíola Ester De Queiroz Chaves Julio<sup>1</sup>

Orientadora: Rogéria Alves Maria de Almeida<sup>2</sup>

#### **RESUMO**

A presente pesquisa tem como objetivo avaliar a eficiência da desinfecção por ozônio e luz ultravioleta de peças de Polietileno Reticulado ( PEX) e Policloreto de Vinil (PVC) usadas nos encanamentos dos setores de saúde. As peças de PVC e PEX foram contaminadas com uma suspensão de *Staphylococcus aureus* (escala 0,5 de Mac Farland) em caldo BHI em dois processos, dos quais no primeiro as peças foram submetidas ação do ozônio e no segundo a ação da luz UV, em ambos os processos as peças foram expostas durante 5, 10 e 15 minutos. As peças de PVC e PEX foram deixadas no caldo BHI durante 3 horas até que houvesse turvação do caldo BHI, em seguida foram inseridas em 90 ml de salina a 0,9%, submetidos a ação do ozônio ou da luz UV durante 5,10,15 minutos, sendo que em cada tempo foi retirada uma amostra com Swab estéril e semeado uma duplicata em agar Muller Hinton, incubados a 37°C por 24/48 horas, e após esse o período de incubação foi feita a contagem em contador de colônias CP PLUS 600. De acordo com os resultados obtidos observou-se que nas peças de PEX e PVC, quando submetidas a ação do ozônio, apresentaram redução de UFC/cm<sup>2</sup> de 10<sup>3</sup> para 10<sup>1</sup> após 5, 10 e 15 minutos.. Observou-se que as peças de PVC e PEX que foram submetidas a ação da luz UV apresentaram redução de UFC/cm<sup>2</sup> de 10<sup>3</sup> para zero após 5, 10 e15 minutos. De acordo com os resultados obtidos conclui-se que o ozônio e a luz UV foram altamente eficientes na desinfecção de peças de PVC e PEX, portanto recomenda-se a sua utilização em processos de desinfecção de encanamentos a base desses materiais, nos setores de saúde.

**Palavras –Chave:** Polietileno Reticulado. Policloreto de Vinil. Ozônio. Luz UV.

---

<sup>1</sup> Discente do curso de tecnologia em Sistemas Biomédicos (FATEC-Bauru)

<sup>2</sup>Biologa,Mestre e Doutora em Microbiologia (USP).Docente do curso de Tecnologia em Sistemas Biomédicos(FATEC-Bauru).

## **ABSTRACT**

The present research has the objective of evaluating the ozone and ultraviolet disinfection efficiency of Reticulated Polyethylene (PEX) and Polyvinyl Chloride (PVC) parts used in the plumbing of health sectors. The pieces of PVC and PEX were contaminated with a suspension of *Staphylococcus aureus* in the BHI broth in two processes, of which in the first process the parts were submitted to ozone action and in the second the parts were subjected to UV light action in both processes pieces were exposed for 5, 10 and 15 minutes. The PVC and PEX pieces were left in the BHI broth for 3 hours until there was turbidity of the BHI broth, then they were placed in 90 ml of 0.9% saline, subjected to ozone or UV light action for 5, 10, 15 minutes, at which time a sample was withdrawn with sterile swab and seeded a duplicate on Muller Hinton agar, incubated at 37 °C for 24/48 hours, and after that when subjected to ozone action, they showed a reduction of CFU / cm<sup>2</sup> from 10<sup>3</sup> to 10<sup>1</sup> after 5, 10 and 15 minutes. PVC and PEX parts that underwent UV light showed a reduction of CFU / cm<sup>2</sup> from 10<sup>3</sup> to zero after 5, 10 and 15 minutes. According to the results obtained it is concluded that ozone and UV light were highly efficient in the disinfection of PVC and PEX parts, therefore it is recommended to use them in disinfection processes of pipes based on these materials in the health sectors.

**Key Words:** Reticulated Polyethylene. Polyvinyl Chloride. Ozone. UV Light

## **INTRODUÇÃO**

Para o tratamento adequado da água para tratamento de diálise, é preciso seguir as normas estabelecidas pelas autoridades através de legislações nacionais e a filtração da água deve ser feita através de uma aparelhagem adequada, tais como deionizadores, filtros mecânicos, abrandadores, filtros de carvão ativado e osmose reversa.

A presença de contaminantes químicos como metais pesados, cloro, na água utilizada nos equipamentos de diálise, pode levar a anemias, osteopatias, hipotensão, acidose e distúrbios neural hipertensão (LYDIO; GOMES, 2013)

A contaminação microbiana no sistema de água nos setores de hemodiálise, pode ser devido à qualidade da água de alimentação, mas também pode estar relacionada a falhas nos procedimentos de manutenção e desinfecção do sistema de tratamento e distribuição, considerando que todos os seus componentes são suscetíveis à contaminação. A deterioração progressiva e rupturas da membrana de osmose reversa podem permitir a passagem de micro-organismos e endotoxinas, a remoção de cloro e cloraminas da água associada a áreas de baixo fluxo e estagnação na tubulação aumentam a suscetibilidade de crescimento microbiano e formação de biofilme. A escolha do tipo de sistema de tratamento tem grande influência, porém a melhor escolha não é suficiente para garantir e manter o padrão de qualidade adequado, e necessário que clínicas de diálise realizem avaliações periódicas da qualidade da água com coletas em pontos específicos segundo RDC 11 de 13 de março de 2014 (BUZZO et al., 2010).

Tubulações usadas em clinicas são o Policloreto de Vinil (PVC) que é um material plástico resistente e rígido que pode ser amolecido para formar dobras e curvas, e atualmente tem um novo material chamado Polietileno Reticulado (PEX) que tem resistência alta à temperatura, eletricidade e químicos, suportando temperaturas de até 150 °C e tensões de até 50 kv .O PVC é fácil de montar e manipular em diferentes formas já o PEX tem um melhor uso como isolante térmico e elétrico, pois possui maior resistência. Para ter uma descontaminação dos encanamentos do sistema de hemodiálise e evitar que biofilmes sejam as causas de incrustações e contaminação da água trazendo um grande malefício aos pacientes renais, é necessário que a qualidade da água siga padrões e requisitos rígidos de acordo com as normas vigentes (NAKAMURA, 2017).

Atualmente há uma preocupação com a qualidade da água e com os processos de desinfecção dos encanamentos a colonização e formação de biofilmes, onde a desinfecção eficaz desses encanamentos mantém a boa qualidade da água tratada do sistema da máquina de hemodiálise, conseqüentemente gerando segurança no tratamento dos pacientes.

Visto que a desinfecção é de extrema importância, pois a contaminação em encanamentos das máquinas de hemodiálise podem causar corrosão e alterar a qualidade da água. A procura de materiais que evitem a proliferação de micro-organismos tem sido pesquisada, pois encanamentos com material chamado PEX ou aço inox são mais resistentes ao crescimento de micro-organismos, entretanto poucas pesquisas têm sido feitas para comprovar a eficácia desse tipo de material utilizado nos encanamento. Portanto justifica-se essa pesquisa cujos resultados podem gerar dados que servirão de parâmetros para medidas de controle no futuro.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência da desinfecção por luz ultravioleta e ozônio em amostras de PVC e PEX contaminadas com *Staphylococcus aureus*.

## **REVISÃO DE LITRATURA**

Segundo Biofilmes Bacterianos: Vivendo em comunidade (2017), Biofilmes são comunidades de bactérias envoltas por substâncias principalmente açúcares produzida pela própria bactéria, que conferem a comunidade proteção contra diversos tipos de agressões que ela pode vir a sofrer, como por exemplo, a falta de nutrientes, o uso de um antibiótico, ou algum agente químico utilizado para combater bactéria. A segunda etapa consiste na transição reversível para o irreversível, as bactérias passam a secretar substâncias que serão responsáveis pela manutenção da adesão e da camada que envolve o biofilme. A ultima fase do biofilme ocorre quando o ambiente não é mais favorável a sua manutenção, e consiste no deslocamento do biofilme maduro em forma de agregado celulares, após desprendidas, as bactérias livres podem colonizar novos ambientes, reiniciando a formação de novos biofilmes. (HIGA, 2017).

Em vista da formação de biofilme nas tubulações das máquinas de hemodiálise será discutido no decorrer da pesquisa métodos de desinfecção nos tubos de PVC e PEX, que se faz de extrema importância para evitar agravos a saúde dos pacientes que utilizam as maquinas de hemodiálise.

O biofilme favorece a resistência das bactérias em encanamentos dos sistemas de distribuição de água (SACCHETTI et al,2009) e até mesmo dentro do paciente (SHIMITH ; HUNTER,2008).

Os micro-organismos aderem mais facilmente as superfícies hidrofóbicas (PVCs) do que as hidrofílicas (vidros ou metais aço inox). No tratamento de hemodiálise os pacientes são expostos a mais de 100 litros de água diariamente por meio da solução de diálise, separada da corrente sanguínea apenas pela membrana do dialisador, por isso a água deve apresentar a qualidade físico-química e microbiológica garantida, por outro lado pode causar complicações como febre, calafrio, cefaleia, hipotensão, hemólise, insuficiência hepática, sêpse e até mesmo a morte. (CASTRO, 2001).

No Brasil os critérios de qualidade foram estabelecidos pela Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº11 de 13 de março de 2014 que dispõe sobre os requisitos de boas praticas de funcionamento para os serviços de diálise (BRASIL, 2014).

Em 31 de agosto de 2011 dez pacientes do serviço de hemodiálise do hospital de base de Bauru passaram mal durante o tratamento realizado, apresentando febre, calafrios e tonturas. No inicio as possibilidades avaliadas como a causa do problema foi o desprendimento de resíduos ou a liberação de toxinas por bactérias mortas ambas durante o processo de desinfecção dos equipamentos que tratam a água. (MORBI, 2011).

Amostras de água foram enviadas para análise, segundo a médica nefrologista Silvia Lilian Andrade Neiva Bettoni uma desinfecção de rotina dos equipamentos havia sido feita no dia anterior do ocorrido,e foram feitos todos os procedimentos para a análise da água e constatou que a água indica uma qualidade positiva, própria para o destino do tratamento de pacientes da hemodiálise. Como foi descartada a hipótese de contaminação da água a medica apontou o desprendimento de resíduos ou a liberação de toxinas por bactérias mortas durante o processo de desinfecção feita um dia antes do ocorrido. (MORBI, 2011).

“Na hora que você mata a bactéria ou mexe com ela no encanamento, pode ocorrer isso. É uma toxina que tem dentro da bactéria, pode ser liberada com sua morte. Essa toxina pode ser liberada na água e ser responsável pelos calafrios. Nós temos a empresa que faz a manutenção mensal programada, que esteve no domingo. E na segunda-feira nós tivemos esse episódio o qual julgamos que pode estar relacionada com a manutenção”, de acordo com relatos de BETTONI, ( 2017).

O tratamento de hemodiálise é empregada para normalizar o balanço eletrolítico e a remoção de substâncias tóxicas do organismo com o uso de um rim artificial (ou dialisador) e de solução de diálise, composta por água, contaminantes microbiológicos como micro-organismos e endotoxinas podem ser responsáveis por complicações agudas. A qualidade da água umas das principais fontes de risco nesse tratamento deve ser efetiva através de um sistema de vigilância que envolva coleta sistemática de informações, análise e interpretação de dados de forma organizada e periódica (BUZZO et al., 2010).

O protocolo com ozônio determina considerável redução no tempo do procedimento de desinfecção podendo ser realizado diariamente após o ultimo turno de diálise, em 30 minutos já que o ozônio se transforma em oxigênio após 15 minutos, de exposição portanto não há risco de produto químico residual permanecer no circuito hidráulico não há necessidade da eliminação desse resíduo o que consome tempo e grande volume de água tratada, esse protocolo foi realizado na máquina GAMBRO® construída com material compatível com o emprego do ozônio em seu circuito hidráulico. (SANTOS et al., 2007).

## **OZÔNIO**

O Ozônio (O<sub>3</sub>), é um gás alotrópico triatômico do oxigênio (O<sub>2</sub>) que, em temperatura ambiente é azul e possui um odor ocre, daí a origem de seu nome: ozein, palavra grega que significa cheiro. (SILVA et al., 2011). Ele possui uma meia-vida de 40 minutos a 20°C e cerca de 140 minutos a 0° C. (ELVIS; EKTA, 2011).

A presença de catalisadores (base de paládio, manganês e óxido de níquel) metais, óxidos de metais, hidróxidos, peróxidos, temperatura, o pH, a radiação ultravioleta, são fatores que influenciam na meia-vida do ozônio. (SILVA et al., 2011).

O ozônio é produzido naturalmente por meio de faíscas durante tempestades; na estratosfera pela ação fotoquímica dos raios ultravioleta sobre as moléculas de oxigênio; na troposfera como subproduto das reações fotoquímicas entre hidrocarbonetos, oxigênio e nitrogênio que são lançados por automóveis, indústrias, etc. (SILVA et al., 2011) ou mecanicamente por eletrólise, ultravioleta e descarga corona. (SCHIAVON et al., 2013).

Em virtude da configuração eletrônica do ozônio, o átomo de oxigênio ligado por uma ligação simples, é bastante instável e é impelido a procurar elétrons em moléculas de outras substâncias, alterando a composição química das mesmas, pois, essa alta reatividade química lhe permite quebrar ligações duplas ou oxidar alcoóis. (JOAQUIM et al., 2016).

A sua alta volatilidade e instabilidade faz com que ele se reduza rapidamente a O<sub>2</sub>, daí a necessidade de produzi-lo no local em que será aplicado. (BRASIL, 2002).

## **RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA**

A radiação UV atua atingindo os ácidos nucleicos dos micro-organismos, gerando reações fotoquímicas que são responsáveis pela desativação de vírus e bactérias. A radiação UV é uma radiação eletromagnética que possui um comprimento de onda de 100 a 400 nm. É chamada de ultravioleta, pois sua frequência atinge ondas superiores àquelas correspondentes a cor violeta, O alvo principal da desinfecção é o material genético (ácidos nucléicos) que é destruído pela radiação ultravioleta quando a luz penetra através da célula. (NATURALTEC, 2017).

De acordo com FINEP (2017 )

Ao contrário de outros desinfetantes, que têm ação química, a radiação ultravioleta atua por meio físico, atingindo principalmente os ácidos nucléicos dos micro-organismos, promovendo reações fotoquímicas que inativam os vírus e as

bactérias. A radiação ultravioleta é uma forma estabelecida, bastante estudada e utilizada e de crescente aplicação como alternativa aos agentes químicos tradicionais no processo de desinfecção de águas de abastecimento e, também, de águas residuárias.

Devido principalmente a característica de não gerar resíduos a utilização do ultravioleta se torna bastante interessante. Também de acordo com FINEP (2017) o intervalo de comprimento de onda compreendido entre 245 e 285 nm é considerado a faixa germicida ótima para a inativação de micro-organismos. No entanto um fator muito importante nesse método de inativação trata-se da dose subletal de radiação ultravioleta, o que permite que micro-organismos se recuperem mesmo após receberem a carga de radiação.

Miranda (2014) avaliou a ação da luz ultravioleta em uma solução contaminada com coliformes fecais simulando um efluente de lavadoras ultrassônicas e observou a redução de 99% das bactérias após exposição com luz ultravioleta sob agitação durante 20 minutos.

O processo fotoquímico da desinfecção com radiação UV é responsável por uma baixa geração de subprodutos, portanto com mínimos riscos à saúde (AGUIAR et al., 2002).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Material**

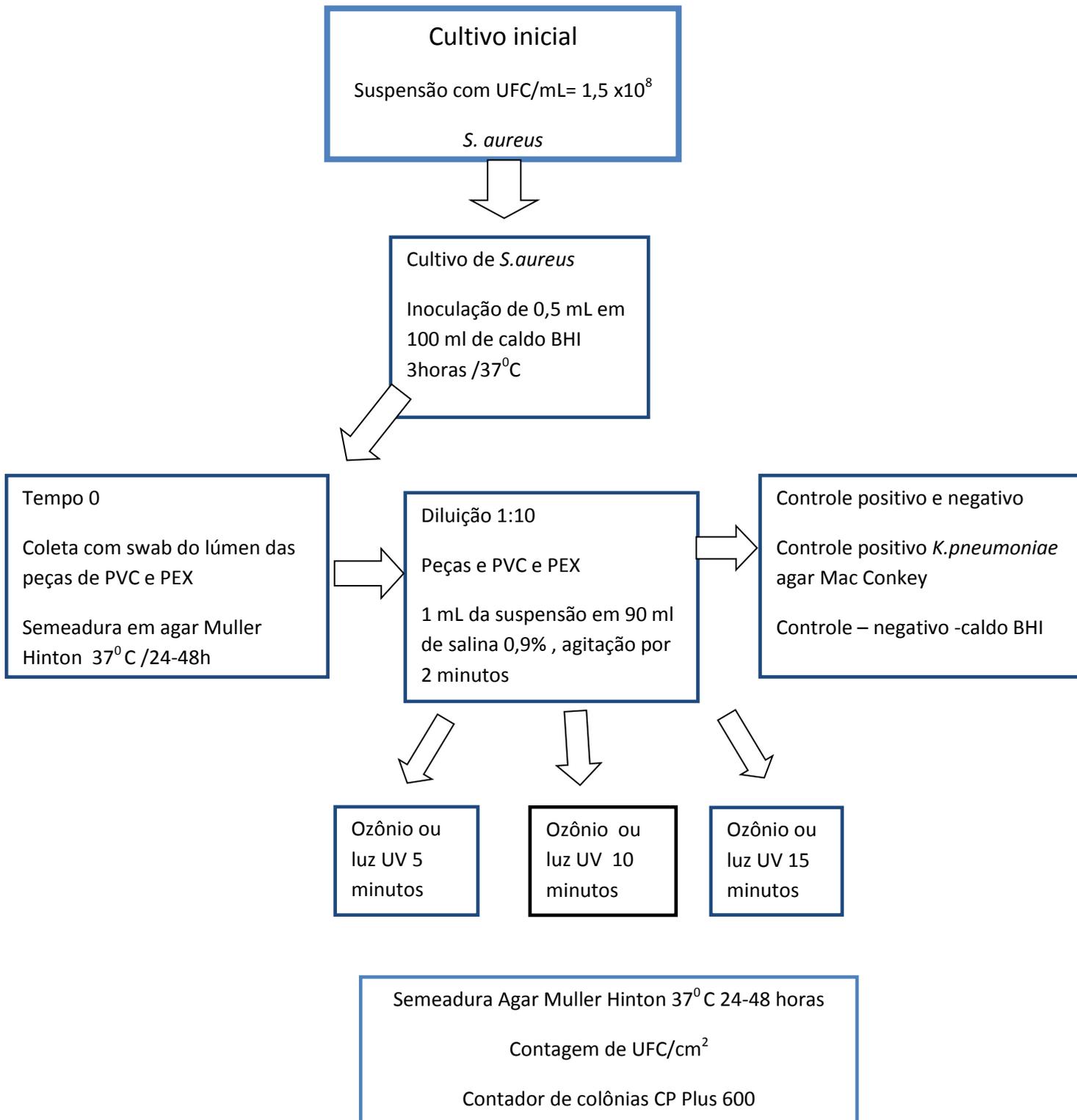
Os equipamentos, meios de cultura, vidrarias, reagentes, serão utilizados do laboratório de Microbiologia da Fatec Bauru.

Para os testes de contaminação e desinfecção das peças de PVC e PEX, foram utilizadas culturas de *S.aureus* e *Klebsiella pneumoniae* (controle positivo) procedentes do laboratório de microbiologia do Instituto Lauro Souza Lima de Bauru, SP.

### **Métodos**

A metodologia esta delineada no expresso na Figura 1:

Figura 1- Fluxograma do processo de desinfecção por ozônio e Luz UV de peças de PVC e PEX contaminadas com *S.aureus*.



Para realização dos testes de desinfecção por ozônio foi utilizado um equipamento gerador de ozônio de fabricação experimental, com efeito, corona desenvolvido por Siqueira (2016).

Para testar a quantidade de ozônio residual dissolvido (mg/L) produzida pelo aparelho, foi utilizado um kit modelo CN-66. O kit é capaz de medir de 0 a 3,5mg/l, tanto para cloro livre ou total, como para ozônio. O equipamento utilizado gerava em torno de 3,5 mg/ml.

### **CONTAMINAÇÃO DAS PEÇAS DE PVC e PEX.**

Foi feita uma suspensão inicial com a escala 0,5 de Mac Farland (UFC/mL  $1,5 \times 10^8$ ) da cultura de *Staphylococcus aureus* para os testes experimentais.

#### **Teste controle**

Para avaliar a eficiência dos testes foi feito um controle positivo e um negativo. Para o controle positivo foi utilizado uma cepa de *Klebsiella pneumoniae* cultivada em agar Mac Conkey e submetida as mesmas condições experimentais do *S.aureus*.

Como controle negativo foram utilizadas 2 peças de PVC E PEX esterilizadas previamente em autoclave, colocadas em Erlenmeyer contendo caldo Brain Hearth Infusion (BHI), sem contaminação com *S.aureus* e submetidas aos mesmos testes experimentais.

### **DESINFECÇÃO POR OZÔNIO**

Foram utilizadas 2 peças de PVC e 2 de PEX ambas medindo 10 cm, contaminadas com uma cultura inicial (UFC/mL=  $1,5 \times 10^8$ ) de *S. aureus* colocadas em um Erlenmeyer com 100 mL de caldo BHI, incubadas por 3 horas a 37°C, e após esse período foi retirado 1mL do caldo BHI e misturado em 90 ml de salina 0,9%, obtendo-se a diluição  $10^{-1}$ , e em seguida as peças de PVC e PEX foram transferidas para essa solução e submetidas a agitação por 10 minutos para desprendimento do *S.aureus* aderidas nas peças.

Após a agitação as peças foram submetidas à desinfecção por ozônio durante 5, 10 e 15 minutos, e após cada tempo de exposição foram coletadas amostras da superfície das peças, semeadas em agar Muller Hinton, incubadas a 37°C, em duplicata. Após esse período foi feita a contagem em UFC/cm<sup>2</sup> em contador de colônias CP PLUS 600.

### **DESINFECÇÃO POR LUZ ULTRAVIOLETA**

Foram utilizadas 2 peças de PVC e 2 de PEX, contaminadas com uma suspensão inicial (UFC/mL=1,5 x 10<sup>8</sup>) (escala 0,5 de Mac Farland) de *S. aureus* colocadas em um béquer com 100 mL de caldo BHI, incubadas por 3 horas a 37°C, e após esse período foi retirado 1mL do caldo BHI e misturado em 90 ml de salina 0,9%, obtendo-se a diluição 10<sup>-1</sup>. As peças de PVC e PEX contaminadas com *S.aureus*, foram retiradas da salina 0,9% com pinça estéril e colocadas em uma placa de Petri estéril dentro de uma caixa de acrílico, que contém uma lâmpada UV de 268 nm, sendo a caixa de acrílico coberta com uma caixa com espelho para melhor reflexão da luz UV e como medida de biossegurança (Figura 2). Para garantir a segurança dos envolvidos no trabalho, os testes utilizando a caixa coletora e a caixa de espelhos foram realizados dentro da capela de fluxo laminar tipo II VECO com vidro protetor frontal para bloqueio da radiação ultravioleta, pois segundo Pozzebon e Rodrigues (2009), a exposição a raios ultravioletas leva a uma dolorosa vermelhidão na pele a queimadura e em casos extremos lesão de retina.

A distância definida entre a lâmpada UV e o recipiente foi de 5 cm. As amostras foram deixadas sob ação da luz UV durante 5, 10 e 15 minutos, e após cada tempo de exposição foram coletadas amostras do lúmen das peças de PVC e PEX, semeadas em placas contendo Agar Muller Hinton em duplicata, e após cada tempo de ação da UV, incubadas a 37°C por 24-48 horas. Após período de incubação, foi feita a contagem em UFC/cm<sup>2</sup> em contador de colônias CP PLUS 600.

Figura 2- Caixa de acrílico com luz UV para desinfecção das peças de PVC e PEX.

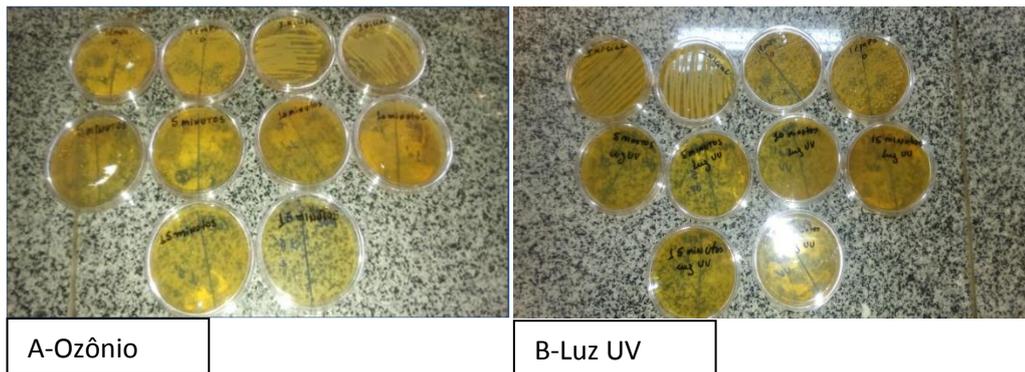


Fonte:Arquivo pessoal

## RESULTADOS

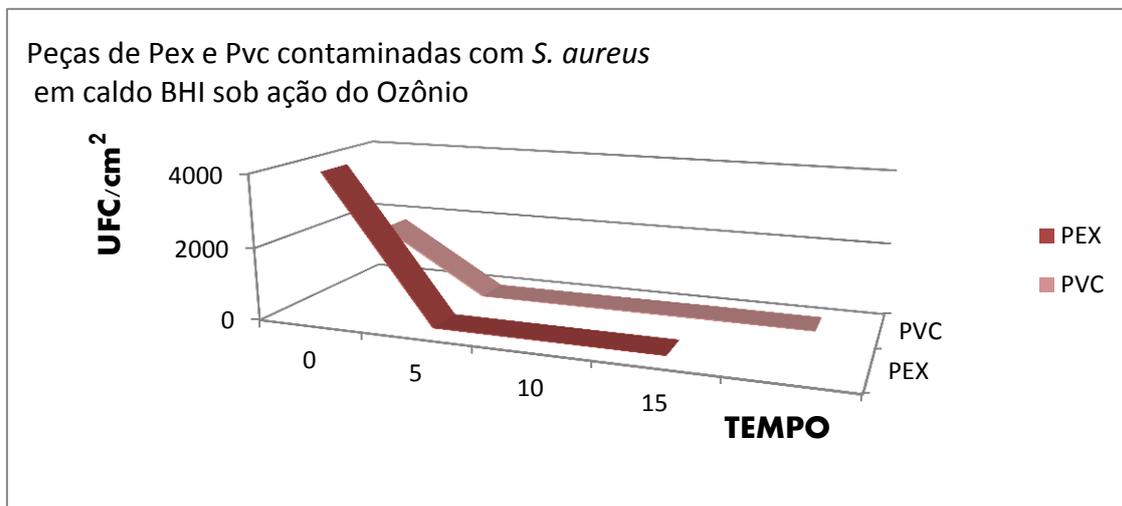
Os resultados das análises microbiológicas após contaminação das peças de PVC e PEX com *S. aureus* em caldo BHI após 24- 48 horas, sob a ação o ozônio e da luz UV após 5, 10 e 15 minutos, estão expressos nas figuras 3, 4 e 5.

Figura 3- Resultados das análises microbiológicas das peças de PVC e PEX contaminadas com *S.aureus* em caldo BHI sob a ação do ozônio (A) e da luz UV (B) após 5, 10 e 15 minutos.



Fonte: Arquivo pessoal

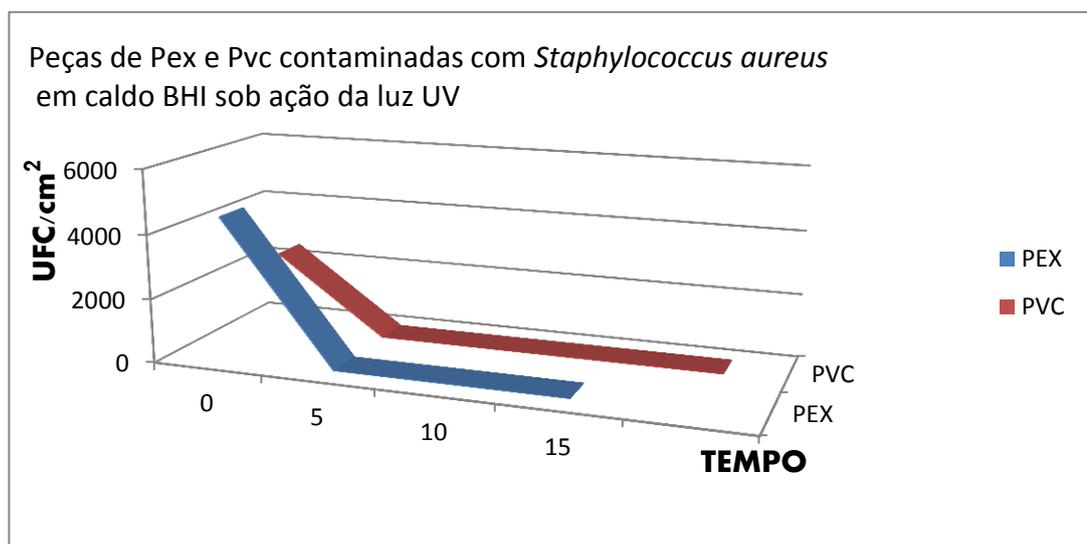
Figura 4- Resultados das análises microbiológicas após contaminação das peças de PVC e PEX com *S. aureus* em caldo BHI após 3 horas e ação do ozônio após 5,10,15 minutos



Fonte: Arquivo pessoal

Observando os resultados obtidos expressos na Figura 4, nota-se que o *S. aureus* inoculado no lúmen das peças com uma cultura inicial de  $\text{UFC/mL} = 1,5 \times 10^8$  (escala 0,5 de Mac Farland). Após 3 horas de incubação a  $37^\circ\text{C}$ , a  $\text{UFC/cm}^2$  ficou em torno de  $10^3$ , e após 5 minutos da ação do ozônio houve redução para  $10^1$  nas peças de PVC e PEX.

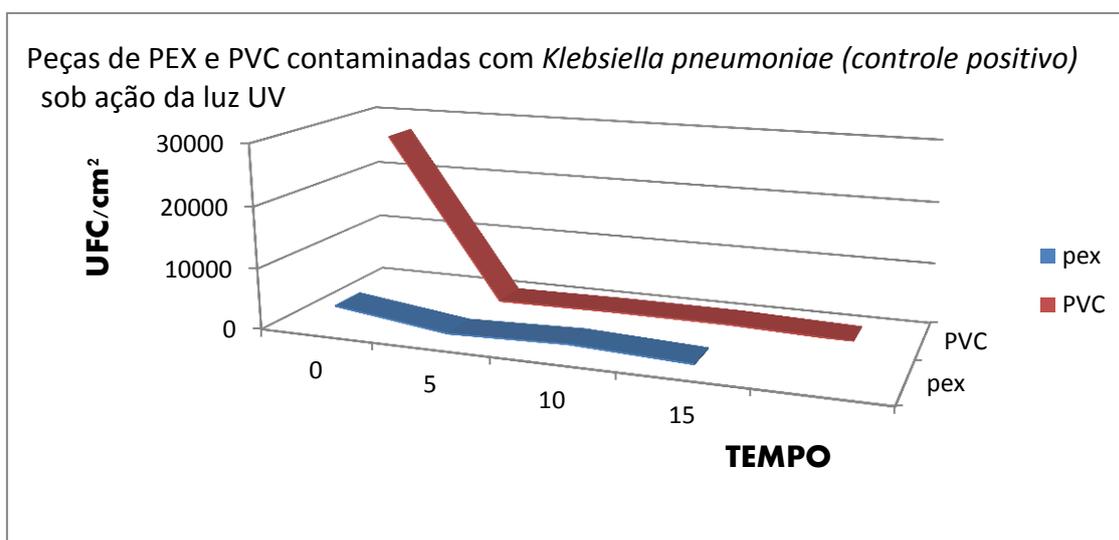
Figura 5 – Resultados da ação do ozônio em peças de PVC e PEX mantidas em caldo BHI contaminado com *S.aureus*, sob a ação da luz UV.



Fonte: Arquivo pessoal

Observando-se os resultados obtidos expressos na Figura 5, referentes as peças PVC e PEX contaminadas com uma cultura inicial de *S.aureus* em caldo BHI, em torno de  $1,5 \times 10^8$  UFC/cm<sup>2</sup>. Após 3 horas de incubação o UFC/cm<sup>2</sup> do *S.aureus* no lúmen das peças ficou em torno de  $10^3$ . Após a ação do ozônio durante 5, 10 e 15 minutos, não foi detectado crescimento nas peças (UFC/cm<sup>2</sup>=0).

Figura 6 – Resultados do teste controle positivo em agar Mac Conkey com *K.pneumoniae* sob ação da luz UV



Fonte:Arquivo pessoal

De acordo com os resultados obtidos observou-se que a *K.pneumoniae* utilizada como controle positivo foi mais resistente a ação da luz UV, mesmo assim houve decréscimo de UFC /cm<sup>2</sup> de  $10^3$  para  $10^2$ .

O controle negativo foi feito com as peças de PEX E PVC no caldo BHI foi utilizado como controle da esterilização das peças e do caldo BHI .

## DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos observou-se que o ozônio teve ação bastante eficiente na desinfecção das peças de e PVC e PEX contaminadas com *S.aureus* após 5 minutos de ação, pois essa bactéria apresenta alta capacidade de adesão a em diferentes materiais como cateter, fios de sutura, instrumentais, encanamentos, e em estágios mais avançados

formar biofilmes, de acordo com LEITE (2008) e TORTORA, FUNKE, CASE (2012).

Nota-se que as peças inicialmente contaminadas com uma concentração alta de *S.aureus*, houve redução da UFC/cm<sup>2</sup> de 10<sup>8</sup> para 10<sup>3</sup> tanto nos testes com o ozônio e a luz UV. Provavelmente esse fator esteja ligado a capacidade de adesão da bactéria na superfície do lúmen das peças de PVC e PEX, pois nem todas as bactérias conseguem aderir na superfície do PVC ou PEX, devido a diversos fatores de adesão, colonização (LEITE , 2008).

Estudos sobre a aderência de micro-organismos na superfície de materiais como PVC E PEX, ainda não foram bem elucidados, portanto os resultados obtidos nessa pesquisa demonstraram que o *S.aureus* pode ser uma bactéria agente de contaminação, adesão e formação de biofilmes em encanamentos a base de PVC ou PEX nas clínicas de hemodiálise ou outros setores de saúde, dependendo das condições como presença de matéria orgânica, presente na água que circula nesse substrato.

A *k.pneumoniae* foi utilizada como controle positivo, pois é uma bactéria altamente resistente a ação de desinfetantes e antibióticos, pois apresenta uma cápsula que lhe dá proteção a ação de células de defesa e agentes químicos e físicos, assim como uma das principais bactérias que formam biofilmes em instrumentais e encanamentos (TORTORA, FUNKE, CASE , 2012).

## **CONCLUSÕES**

A presente pesquisa mostrou através dos resultados obtidos, que a desinfecção com luz ultravioleta das peças de PVC e PEX foi altamente eficiente a partir de 5 minutos de ação, mostrando sua grande capacidade de inativar e impedir a reprodução de micro-organismos, e também gerar subprodutos e modificar a qualidade da água.

Conclui-se que a desinfecção por ozônio foi altamente eficiente , devido as suas propriedades de oxi-redução, impedindo a reprodução do *S.aureus*, partir de 5 minutos com redução acentuada de UFC/cm<sup>2</sup>.

Com base nos resultados obtidos conclui-se que as peças de PVC e PEX, sendo materiais utilizados em encanamentos de clínicas de hemodiálise ou em outros setores de saúde, podem ser desinfetados com ozônio, assim como luz UV, portanto essa pesquisa pode servir de parâmetros para desinfecção dos encanamentos utilizados em diversos setores de saúde.

## REFERÊNCIAS.

AGUIAR, M. de S. A. et al. Avaliação no Emprego da Luz Ultravioleta na Desinfecção de Águas com Turbidez e Cor Moderadas, Minas Gerais, v.7, n.3, p.24, abr/jun2002. Disponível em: <<http://abesdn.org.br/publicacoes/engenharia/rsaonline/v7n12/v7n12a02.pdf>>. Acesso em: 25 de nov. 2017.

BETTONI, S. Desinfecção em clínicas de hemodiálise. Médica nefrologista do hospital de Base de Bauru, agosto de 2011 [Comunicação pessoal]

**BIOFILMES BACTERIANOS: VIVENDO EM COMUNIDADE.** São Paulo: USP, 28 mar. 2017. Disponível em: <<https://www.bioblog.com.br/biofilme-microrganismos-vivendo-em-comunidade>>. Acesso em: 12 de out. 2017.

Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada nº 11, de 13 de março de 2014. Dispõe sobre os Requisitos de Boas Práticas de Funcionamento para os Serviços de Diálise e dá outras providências. Diário Oficial da União, 14 de Março, 2014. Brasília.

BRASIL. Prof. Dr. SAIDE J. K. Equipamentos médico-hospitalares e o gerenciamento da manutenção: capacitação a distância. 2002. Disponível em: <[http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/equipamentos\\_gerenciamento2.pdf](http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/equipamentos_gerenciamento2.pdf)>. Acesso em: 09 de out 2017.

BUZZO, Márcia Liane et al. A importância de programas de monitoramento da qualidade da água para diálise na segurança dos. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 69, p.1-6, mar. 2010.

CASTRO, M. C. Atualização em diálise: complicações agudas em hemodiálise. *Jornal Brasileiro de Nefrologia*, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 108-13, 2001.

ELVIS, A. M.; EKTA, J. S. Ozone therapy: A clinical review. 2011. *Journal of Natural Science, Biology, and Medicine*. 2011 S/D Disponível em: <<http://doi.org/10.4103/0976-9668.82319>>. Acesso em: 16 ago. 2017.

FINEP. Programa de pesquisas em saneamento básico. Disponível em <<http://www.finep.gov.br/apoio-e-financiamento-externa/historico-de-programa/prosab>> Acesso 20 set. de 2017.

HIGA, Juliana Suyama. **Biofilmes bacterianos: vivendo em comunidade.** 2017. Disponível em: <microbiologia.icb.usp.br/cultura.../biofilmes bacterianos vivendo em comunidade>. Acesso em: 28 set. 2017.

LOIS, Ana M. **ácido peracético.** São Paulo: Vídeo, 1988. 43 slides, color

JOAQUIM, W.M. et al. Influência da poluição aérea gerada pelo tráfego veicular na produção do óleo essencial e das atividades antifúngica e citotóxica in vitro de *Cyrtocymura scorpioides* (Lam.) H. Rob. (Asteraceae). 2016. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-05722016000100027#aff01](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-05722016000100027#aff01)> Acesso em 17 de setembro 2017.

LEITE, Bruna de Arruda. **Fios de dermossustentação facial.** 2008. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Bioengenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

LYDIO, Renata Lourenço; GOMES, Débora Leandro Rama. Fatores de risco associados ao desenvolvimento de infecção em pacientes submetidos à hemodiálise. 48f. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Farmácia) — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: . Acesso em 15 de agosto 2017.

MIRANDA, M.E. B, S. Projeto de cuba para desinfecção por radiação ultravioleta de efluentes gerados por lavadoras ultrassônicas : Testes Microbiológicos. Monografia de conclusão de curso de Tecnologia em Sistemas Biomédicos. Fatec – Bauru, 2014.

MORBI. T. **TOXINA PODE TER AFETADO HEMODIÁLISE NO HB.** *Jornal da cidade* Bauru SP, 31 ago. 2011.

NAKAMURA, Juliana. **Duas maneiras de utilizar o PEX no sistema hidráulico:** Tubulações flexíveis podem ser executadas com ou sem acessórios de derivação. 2003. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/71/artigo285259-1.aspx>>. Acesso em: 14 agos. 2017.

NATURALTEC. Tratamento de água e Meio ambiente. Disponível em <<<http://www.naturaltec.com.br/Desinfeccao-Ultravioleta-UV-Agua.html>>>. Acesso 14 de agosto 2017.

POZZEBON, P. H. B. ; RODRIGUES N. V. **Radiação ultravioleta em trabalhadores da construção civil:** problemas e soluções. v.10, n.1, p.15-26, 2009. Disponível

em:<https://www.periodicos.unifra.br/index.php/disciplinarumNT/article/viewFile/1251/1184> > Acesso em: 28 nov. 2017

REIS, Beatriz Aquilino Barreto. **Produção de biofilme por bastonetes Gram negativos não fermentadores isolados de água de hemodiálise**. 2010. 31 f. TCC (Graduação) - Curso de bacharelado Ciências Biológicas, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2010.

SACCHETTI, R. et al. Control of *Pseudomonas aeruginosa* and *Stenotrophomonas maltophilia* contamination of microfiltered water dispensers with peracetic acid and hydrogen peroxide. *International Journal of Food Microbiology* , v. 132, n. 2-3, p. 162-166, 2009.

SANTOS, Fernando dos et al. Desinfecção de Máquinas de Hemodiálise com Ozônio. **J Bras Nefrol**, Guaiba RS, v. 29, p.15-18, mar. 2007.

SCHIAVON, G. J. et al. Projeto e Análise de um Sistema Gerador de Ozônio para Remoção de Cor de Efluente Têxtil. 2013. Disponível em: <<http://www.revista.unisal.br/sj/index.php/123/article/view/297/223>>. Acesso em: 30 ago. 2017.

SILVA, S. B. et al. Potencialidades do uso do ozônio no processamento de alimentos. 2011. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/8909/8426>>. Acesso em: 28 ago. 2017.

SMITH, K.; HUNTER, I. S. Efficacy of common hospital biocides with biofilms of multi-drug resistant clinical isolates. *Journal of Medical Microbiology*, v. 57, p. 966-973, 2008.

SILVA, S. B. et al. Potencialidades do uso do ozônio no processamento de alimentos. 2011. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/8909/8426>>. Acesso em: 30 ago. 2016.

SIQUEIRA, J.R. **OZONIZADOR EXPERIMENTAL PARA DESCONTAMINAÇÃO E DEGRADAÇÃO DE CORANTES UTILIZADOS EM LABORATÓRIOS BIOLÓGICOS** Monografia de conclusão de Curso de Tecnologia em Sistemas Biomédicos. Fatec – Bauru. 2016.

TORTORA, G; FUNKE, B.R; CASE, C.L. *Microbiologia*. Artmed: Porto Alegre, 10ª edição , 2012.