



PLASMA DE OXIGÊNIO COMO UMA TECNOLOGIA MICROBICIDA EM SECADORES DE MÃOS ELÉTRICOS

OXYGEN PLASMA AS A MICROBICIDAL TECHNOLOGY IN ELECTRIC HAND DRYERS

Marie Klais Maciel^{1*}, Maria Luiza Rodrigues Miguel¹, Caio Oliveira Rocha¹, Anne Caroline Montenegro de Oliveira¹, Taísa Rocha Navasconi Berbert², Lais de Souza Braga³, Mariana Felgueira Pavanelli²

¹Acadêmica(o) de Medicina, Centro Universitário Integrado, Campo Mourão (PR), Brasil; ² Professora do curso de Medicina, Centro Universitário Integrado, Campo Mourão (PR), Brasil; ³ Professora do curso de Biomedicina, Centro Universitário Integrado, Campo Mourão (PR), Brasil.

*Autor correspondente: Marie Klais Maciel – Email: mariekmaciel@hotmail.com

Recebido: 08 dez. 2024

Aceito: 10 fev. 2025

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.



RESUMO: Objetivo: Avaliar a eficácia microbicida de diferentes modelos de secadores de mãos instalados em um campus universitário, quanto à eficácia microbicida de diferentes filtros e tecnologias. Método: Testaram-se três modelos de secadores fabricados com distintas tecnologias, como filtro HEPA, luz UV-C e plasma de oxigênio. Foram realizadas análises de bactérias heterotróficas ambientais e testes com cepas padrão de *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*. Resultados: Secadores sem tecnologia microbicida podem dispersar bactérias e os modelos com plasma de oxigênio apresentaram efeito bactericida superior, especialmente quando utilizados por 30 segundos. Conclusão: A implementação de tecnologias microbicidas em secadores, como o plasma de oxigênio, pode reduzir significativamente a contaminação bacteriana, tornando esses equipamentos mais seguros para uso público.

PALAVRAS-CHAVE: Gases em plasma; Higienizadores de Mão; Bactérias Heterotróficas.

ABSTRACT: Objective: To evaluate the microbicidal efficacy of different models of hand dryers installed on a university campus in terms of the microbicidal efficacy of different filters and technologies. Method: Three models of dryers manufactured with different technologies were tested, such as HEPA filter, UV-C light and oxygen plasma. Analysis of environmental heterotrophic bacteria and tests with standard strains of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* were conducted. Results: Dryers without microbicidal technology can disperse bacteria and models with oxygen plasma had a superior bactericidal effect, especially when used for 30 seconds. Conclusion: The implementation of microbicidal technologies in dryers, such as oxygen plasma, can significantly reduce bacterial contamination, making these equipment safer for public use.

KEYWORDS: Plasma gases; Hand Sanitizers; Heterotrophic Bacteria.

INTRODUÇÃO

O ar atmosférico é composto tanto por gases, vapor d'água, poeira, impurezas, quanto por microrganismos. Ambientes internos com má ventilação, que contêm sujidades, partículas no ar, podem causar contaminação (por bactérias, fungos e vírus). Considerando que as pessoas estão passando mais tempo em ambientes fechados, a qualidade do ar tem sido uma crescente preocupação.¹

Os secadores de mãos são equipamentos cada vez mais utilizados nos banheiros de uso comum, devido ao seu potencial econômico e menos agressivo ao meio ambiente, uma vez que, utilizando secadores elétricos, não se consome quantidades excessivas de papel. Um levantamento apontou que uma pessoa consome cerca de 6 toneladas de papel em cinco anos secando suas mãos e, para reverter tal efeito danoso ao meio ambiente, 48 árvores a cada 1.000 usuários deveriam ser plantadas para repor o papel gasto.²

Dentre os locais que mais empregam o uso dos secadores de mãos estão os banheiros de uso comum, ambientes estes que, além das impurezas naturalmente presentes no ar atmosférico citadas acima, também estão presentes partículas microbianas oriundas dos dejetos fecais. Ou seja, ao se acionar a descarga de um vaso sanitário com a tampa aberta, partículas bacterianas são lançadas ao ar promovendo a contaminação do ambiente.¹

As bactérias mais presentes em banheiros são aquelas pertencentes ao grupo dos coliformes termotolerantes (fecais), além das oriundas da própria microbiota de pele dos indivíduos. Em estudo anterior, foram identificadas em secadores de mãos instalados em banheiros de um campus universitário as seguintes espécies microbianas: *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus coagulase-negativa*, *Bacillus sp.*, *Streptococcus sp.*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e diversas espécies de fungos. Destes, *S. aureus* esteve presente em 100% dos secadores analisados.¹

Quando não é empregada uma tecnologia microbicida nas saídas de ar dos equipamentos, os secadores de mãos podem se tornar propagadores de infecções, uma vez que podem lançar o ar contaminado nas mãos limpas de seus usuários. A dispersão e a transmissão de bactérias, assim como a chance de contaminação cruzada podem ser aumentadas pelo movimento do ar promovido pelos secadores, que captam o ar ambiente e o recirculam. Logo, há um aumento do risco potencial dos usuários dos secadores e pessoas próximas de adquirir as bactérias dispersas na corrente de ar, sendo que essas podem ser inaladas ou depositadas nas roupas ou no corpo, tornando a pessoa uma potencial fonte móvel de infecção. Estima-se que a contagem de bactérias nas mãos de pessoas que utilizam secador de mãos aumenta em 4,5 vezes quando comparado à secagem realizada com papel toalha.³

Muitos são os filtros ou tecnologias empregados nos secadores de mãos visando reduzir ou minimizar as impurezas e partículas microbianas nas saídas de ar, dentre essas tecnologias, destaca-se o uso do plasma de oxigênio. Este é produzido ao se ionizar o oxigênio atmosférico gerando espécies reativas de oxigênio (ROS), as quais podem promover ação microbicida em diversos microrganismos. Existem ROS em muitas formas como o radical hidroxila (OH), hidroperoxiradical (HOO), radical de ânion superóxido (OH⁻) ou peróxido de hidrogênio (H₂O₂). Destes, o OH e O₂⁻ foram relatados como tendo capacidade de inativar microrganismos.⁴

Estudos anteriores avaliaram o uso do plasma de baixa temperatura em água e verificaram efeito microbicida contra *Staphylococcus epidermidis* e *Escherichia coli*. Tal efeito persistiu quase inalterado durante quatro semanas de armazenamento das amostras de água testadas, embora o H₂O₂ tenha quase desaparecido.^{4,5}

Assim, o objetivo desta pesquisa foi avaliar diferentes modelos de secadores de mãos instalados em banheiros de um campus universitário quanto à eficácia microbicida de diferentes filtros e tecnologias.

MÉTODOS

Trata-se de um estudo experimental realizado entre julho e novembro de 2023, nos laboratórios do Centro Universitário Integrado. Para o desenvolvimento deste foram testados três modelos de secadores de mãos fabricados por uma empresa de Campo Mourão, Paraná. Cada um dos modelos de secadores continha uma ou mais tecnologias, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Identificação dos diferentes modelos de secador de mãos utilizados nos procedimentos experimentais.

Identificação	Modelo	Tecnologia
A1	K2020 (INOX)	Filtro High Efficiency Particulate Arrestance (HEPA) + Luz UV-C
A2	K2020 (INOX)	Filtro HEPA + Luz UV-C + Plasma de O ₂
B1	AIRES	—
B2	AIRES	Plasma de O ₂
C1	SPEED	Plasma de O ₂
C2	SPEED	Filtro Poeira

Os pesquisadores receberam os equipamentos sem identificação. Cada um dos modelos dos equipamentos foi instalado em pares, um no banheiro feminino e outro no banheiro masculino de uma instituição de ensino superior, os quais apresentam a mesma localização e fluxo de pessoas. Ambos foram mantidos em teste pelo mesmo período de tempo.

ANÁLISE DAS BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS

Na primeira etapa dos testes, foi comparada a quantidade de bactérias heterotróficas presentes no ar com a quantidade de bactérias que saiu do soprador do secador de mãos. Para isso, foram instaladas placas de Plate Count Agar (água PCA) abertas por 30 minutos no chão e na pia de cada um dos banheiros. Nesse mesmo momento, outras placas de água PCA foram posicionadas na saída de ar dos secadores de mãos, os quais foram acionados por três tempos experimentais: 15, 30 e 60 segundos. Todas as placas foram incubadas a 37°C por 48 horas, e o experimento foi realizado em triplicata.

ANÁLISE DE BACTÉRIAS CONHECIDAS

Na segunda etapa dos testes, cepas padrão (Newprov) de *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus* foram ativadas em caldo Brain Heart Infusion (BHI) e utilizadas para contaminar as mãos de voluntários. Utilizando swab estéril, foram coletadas amostras das mãos em quatro momentos distintos: logo após a contaminação, após a lavagem das mãos com água e sabão, e após a secagem das mãos utilizando os secadores em teste por 15 e 30 segundos, respectivamente. As amostras coletadas foram semeadas em água MacConkey para *E. coli* e manitol salgado para *S. aureus*, e incubadas a 37°C por 48 horas. Todos os testes foram realizados em triplicata.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Decorridos os tempos de incubação de todos os experimentos, as unidades formadoras de colônias (UFC) foram quantificadas e os resultados expressos como média $\pm$ desvio padrão. As médias foram comparadas estatisticamente por meio de análise de variância (ANOVA) e Tukey como pós-teste, utilizando o software GraphPad Prism versão 5.0. Foram considerados significativos os valores de $p < 0,05$.

RESULTADOS

ANÁLISE DAS BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS

Por meio da análise da Figura 1, observa-se que nas regiões do chão e da pia dos banheiros analisados havia uma grande densidade bacteriana (> 100 UFC). Quando os secadores de ar, independentemente da sua tecnologia, foram acionados por 15 segundos, a quantidade de bactérias que passou pelos equipamentos foi menor em comparação aos tempos de 30 e 60 segundos. Nenhum dos tipos de filtros empregados reduziu de forma significativa a quantidade de bactérias ambientais liberadas pelo ar do equipamento.

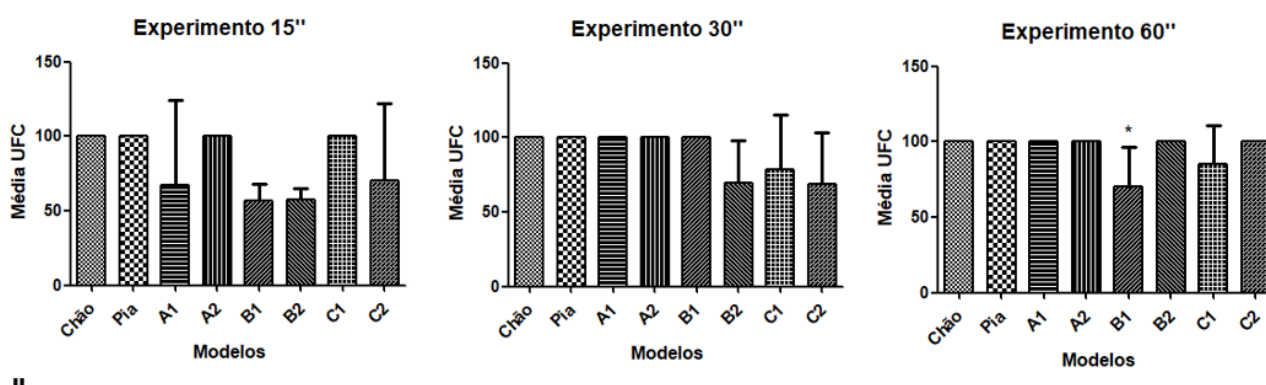


Figura 1. Crescimento bacteriano expresso como média e desvio padrão de unidades formadoras de colônias (UFC) para cada um dos locais coletados e modelos de secadores de mãos analisados.

ANÁLISE DE BACTÉRIAS CONHECIDAS

STAPHYLOCOCCUS AUREUS

Para os testes com *S. aureus* observa-se que a lavagem das mãos foi capaz de reduzir um pouco a quantidade de bactérias nas mãos dos usuários, mas as reduções significativas só foram observadas após o uso dos secadores de mãos. Os diferentes modelos testados (A1, A2, B1, B2, C1 e C2) apresentaram diferentes taxas de eficiência de acordo com a tecnologia empregada, mas observa-se que, em todos os casos, deixar as mãos sob secagem durante 30 segundos ampliou o efeito descontaminante do equipamento. Destaca-se também que, para todos os equipamentos com emissão de plasma de oxigênio, o resultado foi significativamente superior ($p < 0,05$) ao mesmo modelo sem a emissão do plasma (Figura 2).

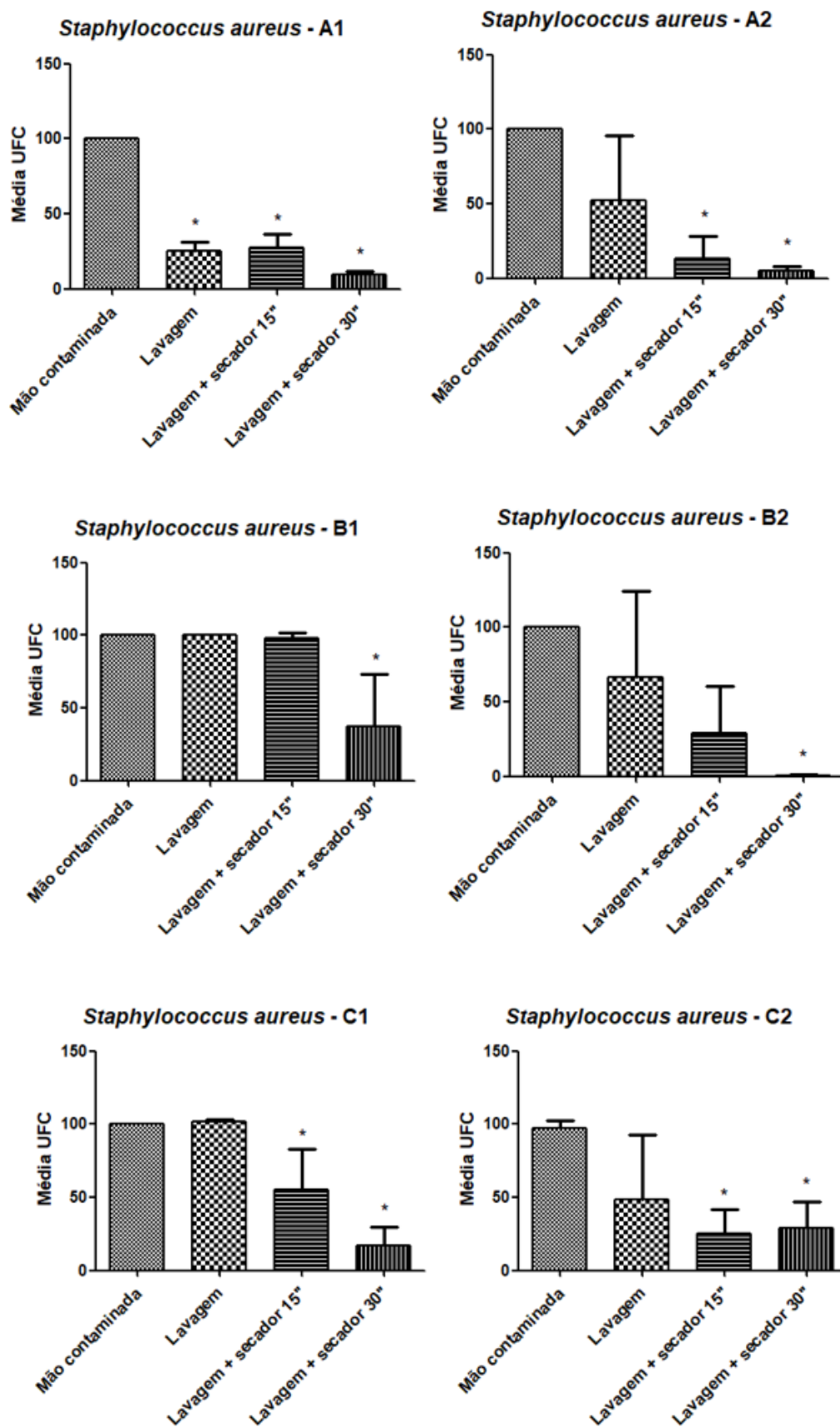


Figura 2. Crescimento bacteriano de *Staphylococcus aureus* expresso como média e desvio padrão de unidades formadoras de colônias (UFC) para mãos contaminadas, para lavagem das mãos com água e sabão e uso de secadores de mãos por 15 e 30 segundos.

*Diferença significativa ($p < 0,05$) em relação à coluna "mão contaminada".

ESCHERICHIA COLI

Para os testes com *E. coli*, os resultados foram muito semelhantes no que diz respeito ao tempo de utilização do secador de mãos, sendo o tempo de 30 segundos eficiente para todos os equipamentos. Quanto ao efeito bactericida do plasma, observa-se que este foi superior para *E. coli* em relação a *S. aureus* (Figura 3).

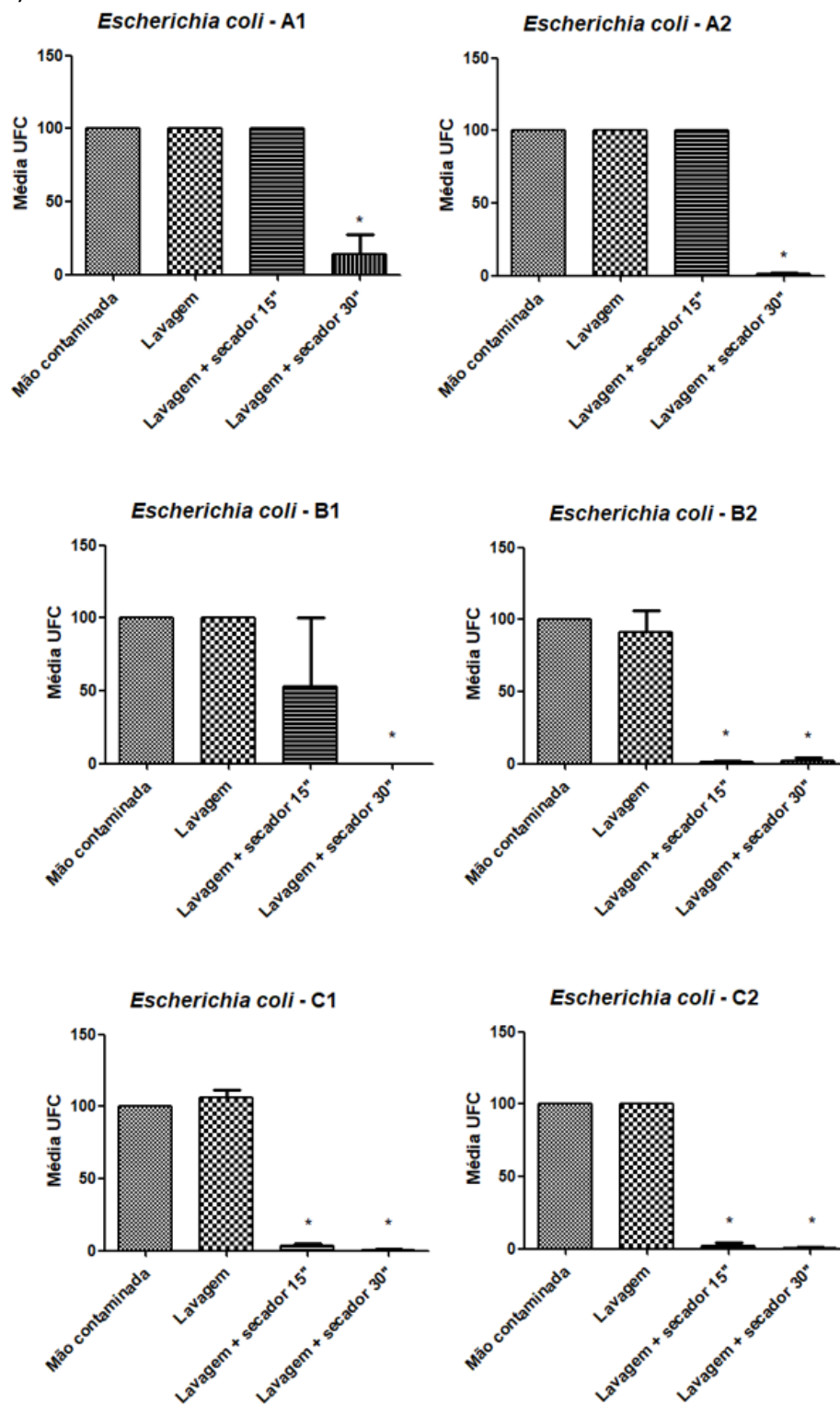


Figura 3. Crescimento bacteriano de *Escherichia coli* expresso como média e desvio padrão de unidades formadoras de colônias (UFC) para mãos contaminadas, para lavagem das mãos com água e sabão, para uso de secadores de mãos por 15 segundos e para uso de secadores de mãos por 30 segundos.

*Diferença significativa ($p < 0,05$) em relação à coluna "mão contaminada"

DISCUSSÃO

O uso de secadores de mãos elétricos tem se tornado cada vez mais comum atualmente, contudo, poucos estudos analisam tecnologias empregadas nos filtros para que se tenha um efeito microbida envolvido, já que os mesmos podem ser dispersores de sujidades, partículas, bactérias e fungos nas mãos de usuários.¹ Neste estudo, foi verificada a dispersão de bactérias heterotróficas do ambiente, além da ação microbida em bactérias conhecidas (*S. aureus* e *E. coli*).

No primeiro teste, com bactérias heterotróficas do ambiente, evidenciou-se que os secadores de mãos podem dispersar as bactérias presentes no ar e direcioná-las para as mãos dos usuários do equipamento. Esses resultados mostram a importância de se empregar tecnologias microbidas eficazes na redução da contaminação bacteriana. Neste estudo foram testados equipamentos com as seguintes tecnologias: filtro HEPA, que conforme sua composição por malhas de fibras de vidro, permite a separação e retenção de pequenas partículas através de três etapas que são a interceptação, impacto e difusão;^{6,7} luz ultravioleta, que, após ser absorvida pelos ácidos nucleicos da fita de ácido desoxirribonucléico (DNA) dificultam a sua replicação, ou caso ocorra, causam mutações nas réplicas que se tornam incapazes de se duplicar; e plasma de O₂ que promove a oxidação dos microrganismos aeróbios e anaeróbios através da vulnerabilidade destes aos radicais livres.^{4,8}

Os equipamentos com emissão de plasma de O₂ apresentaram efeito bactericida superior aos seus pares sem a emissão do plasma e essa ação foi eficaz quando o plasma foi liberado durante 30 segundos, demonstrando que o tempo de exposição ao plasma influencia seu potencial microbida.

O plasma é conhecido na física como um estado da matéria, assim como os estados sólido, líquido e gasoso. Neste estado os átomos estão ionizados uma vez que contêm partículas carregadas (OH⁻, H₂O⁺, elétrons), compostos reativos (EROs, que incluem o radical hidroxila, ânion superóxido, peróxido de hidrogênio, e espécies reativas de nitrogênio – ERNs), moléculas nos estados excitado e fundamental e, fótons ultravioleta (UV).⁹ Já é utilizado há alguns anos na área médica para diversos fins, sendo um deles a esterilização de materiais.^{10, 11}

Existem diversos métodos convencionais de esterilização como calor, irradiação e gases químicos. No entanto, a maioria desses métodos apresenta várias desvantagens, uma vez que alteram as propriedades intrínsecas do material. Por outro lado, o plasma apresenta diversas vantagens, como eficiência na redução da carga de partículas virais e células bacterianas, formação de subprodutos não tóxicos e um custo de operação relativamente baixo.⁹

Ao entrar em contato com material biológico, os compostos derivados do oxigênio ou nitrogênio, devido à sua alta reatividade, promovem diversos efeitos. Destaca-se a oxidação de lipídios e proteínas, geração de partículas eletrostáticas e a eletroporação, que consiste no aumento do número de microporos celulares existentes. Todos estes efeitos culminam para a disfunção e consequente ruptura/desintegração da membrana plasmática do microrganismo, resultando na morte celular.⁹

Para avaliação dos processos físico-químicos que ocorrem durante um ciclo de esterilização por plasma são desenhadas curvas de sobrevivência, representadas por um gráfico logarítmico do número de microrganismos sobreviventes em função do tempo de exposição ao plasma. De forma geral, o número de microrganismos sobreviventes diminui com o tempo, mas a uma taxa de eficiência que varia em diferentes fases do processo.¹² Neste estudo, verificou-se que a exposição ao plasma por 30 segundos apresentou efeito bactericida significativamente superior em comparação com a exposição durante 15 segundos para ambas as bactérias testadas.

Para esta pesquisa, foi testada a ação do plasma de O₂ em duas bactérias conhecidas e morfologicamente diferentes: *S. aureus* (Gram-positiva) e *E. coli* (Gram-negativa). A ação bactericida do

plasma foi superior para *E. coli*, possivelmente devido à menor espessura da sua parede celular em comparação com os microrganismos Gram-positivos. As bactérias Gram-negativas possuem uma membrana externa adicional composta por fosfolipídios, lipoproteínas e lipopolissacarídeos, mas sua parede celular apresenta menor teor de peptidoglicanos, sendo mais delgada e mais suscetível aos efeitos deletérios do plasma.¹³

O plasma tem sido cada vez mais empregado em pesquisas experimentais devido ao seu custo benefício, segurança e grande potencial de aplicações. Há relatos de uso nas áreas médica, alimentícia e agrícola, bem como em aplicações para purificação do ar, água, esgoto, preservação e descontaminação de alimentos.¹³⁻¹⁵

Uma pesquisa na área odontológica analisou a esterilização com plasma de oxigênio em limas endodônticas expostas a bactérias Gram-negativas (*Pseudomonas aeruginosa* e *E. coli*) e Gram-positiva (*S. aureus*). O estudo mostrou que as partículas do plasma de oxigênio oxidam e destroem as estruturas celulares bacterianas. O principal mecanismo de ação envolve o ataque à parede celular e também foi mais efetivo nas bactérias Gram-negativas, já que a fina camada de peptidoglicano favorece a passagem de íons, radicais livres e elétrons gerados pelo plasma, além da interação com os lipídios de membrana, que estão presentes em grande quantidade nos Gram-negativos.¹⁶

O estudo também demonstrou que a exposição ao plasma promoveu uma redução de 6 ciclos logarítmicos no número de unidades formadoras de colônia (log de UFC) quando o material cirúrgico de aço inoxidável foi submetido à descontaminação e uma redução semelhante foi observada ao se expor, por 30 segundos, materiais de polipropileno contaminado com *E. coli*, *S. aureus*, *Mycobacterium tuberculosis*, *P. aeruginosa*, *Clostridium perfringens* e *Clostridium tetani*.¹⁶ Estes resultados reforçam a importância da padronização do tempo de exposição e demonstram o potencial bactericida do plasma de O₂ em diferentes composições de material e diferentes espécies bacterianas.

Outra pesquisa analisou a esterilização por diferentes tipos de plasma em produtos médico-hospitalares, utilizando *Bacillus subtilis* e *Bacillus stearothermophilus* inoculados em placas. Os resultados evidenciaram que a eficiência do plasma de O₂ foi de cinco a seis vezes maior do que do plasma de ar ambiente, o qual também apresenta outros elementos em sua composição (CO₂, H₂, Ar e N₂).¹⁷

A lavagem de mãos antes do uso do secador de mãos constitui uma etapa muito importante no processo de descontaminação das mãos. A efetiva higienização das mãos contribui para a redução de Infecções Relacionadas à Assistência à Saúde (IRAS) e para a propagação de microrganismos resistentes a múltiplos fármacos.¹⁸ Trata-se de um processo muito importante no Programa Nacional de Prevenção e Controle de Infecções Relacionadas à Assistência à Saúde (PNPCIRAS) estabelecido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).¹⁹ Segundo as diretrizes da Organização Mundial da Saúde²⁰, o processo para lavagem eficaz das mãos é composto por seis etapas e deve durar, em média, de 20 a 30 segundos. Além disso, lavar as mãos com sabão promove uma redução média de 60% na contagem total de bactérias, o que reforça a importância da lavagem das mãos antes do uso dos secadores, para que esses mecanismos atuem de forma sinérgica e complementar na remoção das bactérias.²¹

CONCLUSÃO

Conclui-se que os secadores de mãos sem tecnologia microbicida acoplada podem contribuir para a dispersão de microrganismos no ambiente. A liberação de plasma de O₂ nos secadores de mãos apresentou ação bactericida complementar à lavagem das mãos, tanto contra *Staphylococcus aureus*

quanto para *Escherichia coli*. Foi observado que o tempo de exposição das mãos contaminadas no ar liberado pelo equipamento é determinante para o efeito microbicida, uma vez que, aos 30 segundos houve uma redução expressiva do crescimento bacteriano em relação ao uso durante 15 segundos.

Diante do exposto, a implantação de filtros ou tecnologias que eliminem as partículas microbianas, além de outras impurezas, torna-se fundamental para que o secador de mãos seja uma alternativa não só econômica e ambientalmente favorável, mas também segura para a saúde da população. O uso do plasma de O₂ como agente microbicida deve ser mais explorado e estudado em outros cenários, a fim de ser implementado para auxiliar no controle de infecções e, consequentemente, na promoção da saúde coletiva.

REFERÊNCIAS

1. Silva Junior FS, Sousa Junior DL, Yafawi TTA, Aquino PEA, Freitas JC, Leandro, LMG, et al. Avaliação microbiológica de secadores de mãos elétricos em banheiros de uso comum. Revista Arquivos Científicos (IMMES). 2020;3(2):72-77. <https://doi.org/10.5935/2595-4407/rac.immes.v3n2p72-77>
2. Collier G, Schiavon M, Ragazzi M. Environmental and economic sustainability in public contexts: the impact of hand-drying options on waste management, carbon emissions and operating costs. Environment, Development and Sustainability. 2021;23(8):11279-11296. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-01109-x>
3. Best EL, Parnell P, Wilcox MH. Microbiological comparison of hand-drying methods: the potential for contamination of the environment, user, and bystander. Journal of Hospital Infection. 2014;88(4):199-206. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2014.08.002>
4. Zandi P, Schnug E. Reactive Oxygen Species, Antioxidant Responses and Implications from a Microbial Modulation Perspective. Biology (Basel). 2022;11(2):155. <https://doi.org/10.3390/biology11020155>
5. Helmke A, et al. Low-temperature plasma - a prospective microbicidal tool. Recent Patents on Anti-Infective Drug Discovery. 2012;7(3):223-230. <https://doi.org/10.2174/157489112803521995>
6. Szczotko M, Orych I, Mąka Ł, Solecka J. A review of selected types of indoor air purifiers in terms of microbial air contamination reduction. Atmosphere. 2022;13(5):800. <https://doi.org/10.3390/atmos13050800>
7. Zhang JMF, Andrade AEC, Machado FAM, Ghilardi LB, Almeida BM, Falararo BVBP, et al. Desenvolvimento de um purificador de ar com radiação UVC e filtro HEPA no contexto de COVID-19. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2022;27:1113-1122. <https://doi.org/10.1590/S1413-415220220114>
8. Martins RJE. A radiação ultravioleta na desinfecção de águas residuais domésticas. Iguatu, CE: Quipá Editora; 2021.
9. Niedźwiedź I, Waśko A, Pawłat J, Polak-Berecka M. The state of research on antimicrobial activity of cold plasma. Polish Journal of Microbiology. 2019;68(2):153-164. <https://doi.org/10.33073/pjm-2019-028>
10. Lin J, Li D, Li C, Zhuang Z, Chu C, Ostrikov KK, et al. A review on reactive oxygen species (ROS)-inducing nanoparticles activated by uni-or multi-modal dynamic treatment for oncotherapy. Nanoscale. 2023;28:1-12. <https://doi.org/10.1039/D3NR01735D>
11. Wong KS, Chew NSL, Low M, Tan MK. Plasma-activated water: Physicochemical properties, generation techniques, and applications. Processes. 2023;11(7):2213. <https://doi.org/10.3390/pr11072213>
12. Decina A, D’Orazio A, Barni R, Polissi A, Riccardi C. A plasma reactor for experimental investigation of sterilization processes: Preliminary results on *Escherichia coli*. International

- Journal of Design & Nature and Ecodynamics. 2021;16(3):275-284.
<https://doi.org/10.18280/ijdne.160305>
13. Khumsupan D, Lin SP, Hsieh CW, Santoso SP, Chou YJ, Hsieh KC, et al. Current and Potential Applications of Atmospheric Cold Plasma in the Food Industry. *Molecules*. 2023;28:4903.
<https://doi.org/10.3390/molecules28134903>
 14. Lan C, Zhu H, Huang Z, Liu D, Zhang S. Plasma air purification system: AI optimization, modular reuse, and mechanism research. *Physics of Plasmas*. 2023;30(8):083507.
<https://doi.org/10.1063/5.0159890>
 15. Muhammad AI, Attanda ML. Cold plasma technology: revolutionizing sustainable and safe agricultural food production. *Proceedings of the Nigerian Institution of Agricultural Engineers*. 2023;43:1-9.
 16. Ueno M, Urruchi WMI, Jorge AOC, Otani C, Maciel HS. Esterilização de limas endodônticas com plasma de oxigênio. *Pesquisa Odontológica Brasileira*. 2000;14(3):205-208.
<https://doi.org/10.1590/S1517-74912000000300003>
 17. Oliveira DC. Sistemas de esterilização por plasma: estudos de compatibilidade em polímeros e eficácia esterilizante em produtos médico-hospitalares de calibres reduzidos e longa extensão [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2007. 238 p.
 18. World Health Organization (WHO). Evidence of hand hygiene as the building block for infection prevention and control. 2017 [acesso em 2024 ago 31]. Disponível em:
<https://www.who.int/publications/i/item/WHO-HIS-SDS-2017.7>.
 19. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Programa Nacional de Prevenção e Controle de Infecções Relacionadas à Assistência à Saúde (Pnpciras) 2021 a 2025. 2021 [acesso em 2024 ago 31]. Disponível em: https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/servicosdesaude/publicacoes/pnpciras_2021_2025.pdf.
 20. World Health Organization (WHO). Manual de Referência Técnica para Higiene das Mãos. 2009 [acesso em 2024 ago 31]. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/servicosdesaude/prevencao-e-controle-de-infeccao-e-resistencia-microbiana/ManualdeReferenciaTcnica.pdf>.
 21. Nasution TA, Yunita R, Pasaribu AP, Ardinata FM. Effectiveness Hand Washing and Hand Rub Method in Reducing Total Bacteria Colony from Nurses in Medan. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*. 2019;7(20):3380–3383. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2019.427>