

DESAFIOS DA DESINFECÇÃO DE ENDOSCÓPIOS: EXPLORANDO O POTENCIAL USO DO OZÔNIO

Maycon Crispim de Oliveira Carvalho¹; Dr^a. Adriana Barrinha Fernandes²; Dr.
Carlos José de Lima³

RESUMO:

Endoscópios desempenham um papel fundamental na medicina, mas a desinfecção é crucial para evitar infecções. O presente estudo revisou o uso de ozônio em comparação com métodos tradicionais, como glutaraldeído, para desinfecção de endoscópios. Foi realizada uma revisão de literatura usando bases de dados como PubMed e Web of Science, buscando artigos publicados entre 2013 e 2023 com palavras-chave relacionadas a endoscópios, desinfecção, ozônio e agentes desinfetantes. O glutaraldeído é questionado devido à toxicidade e resistência microbiana, requerendo 30 minutos de imersão e precauções de segurança. Por outro lado, o ozônio é eficaz na eliminação de microrganismos, não induz resistência, mas é instável a longo prazo. Embora os estudos sobre água ozonizada sejam limitados, os resultados iniciais são promissores. A água ozonizada pode desinfetar endoscópios de forma mais rápida, sendo benéfica para clínicas de endoscopia. Pesquisas adicionais são necessárias para avaliar seu potencial e estabilidade a longo prazo.

INTRODUÇÃO:

Os endoscópios, são instrumentos flexíveis de pequeno calibre em forma cilíndrica, que desempenham um papel fundamental na exploração de órgãos internos e na realização de procedimentos médicos, proporcionando imagens de vídeo da mucosa interna e permitindo a coleta de amostras para biópsias (KOHLI, BAILLIE, 2019).

Para garantir a segurança e a eficácia desses dispositivos, a implementação de um protocolo adequado para desinfecção de alto nível é fundamental. Estudos têm demonstrado que endoscópios frequentemente apresentam altas taxas de culturas positivas e contaminação microbiana (Sohn *et al.*, 2020; Marchese *et al.*, 2021), inclusive no Brasil (CARRARA, *et al.*, 2013). Essa situação está associada a surtos de infecções, muitos dos quais causados por cepas multirresistentes (KENTERS *et al.*, 2018; LICHTENSTEIN, ALFA, 2019).

1- Mestre em Engenharia Biomédica; Universidade Anhembi Morumbi (UAM); mayconcarvalho20@gmail.com

2- PhD em Ciências Biológicas; Universidade Anhembi Morumbi (UAM); fernandesabm@gmail.com

3- Doutor em Engenharia Biomédica; Universidade Anhembi Morumbi (UAM); cdcfdlima@gmail.com



O processo de limpeza e desinfecção de endoscópios é composto por duas etapas distintas. A primeira fase envolve a lavagem mecânica com detergente enzimático, bem como a utilização de escovas para a parte externa e a limpeza do canal com injeção de água filtrada ou água de torneira e escova específica para o interior. A segunda etapa compreende o processo de desinfecção com agentes químicos, realizados por meio de banho de imersão (Alfa *et al.*, 2010; Bashaw, 2016; Lichtenstein, Alfa, 2019; Rai, 2020; Casini *et al.*, 2021) ou por completo, utilizando equipamentos automatizados de reprocessamento (BARKAT *et al.*, 2018; EICHEL *et al.*, 2021). Vale ressaltar que o uso do glutaraldeído, embora comum, tem sido levantado preocupações devido a riscos ocupacionais e ambientais (PANOUILLÈRES *et al.*, 2007).

Estudos têm apontado que muitos dos agentes tradicionalmente empregados no processo de desinfecção são inadequados para o reprocessamento de endoscópios flexíveis, o que acarreta riscos para a saúde dos pacientes devido à potencial disseminação de infecções entre os usuários desses dispositivos (Kampf, Fliss, Martiny 2014; Larsen, Kalloo, Hutfless, 2020). Consequentemente, tem ocorrido um aumento nas pesquisas que buscam alternativas mais seguras e eficazes para garantir a desinfecção de alto nível desses dispositivos, com destaque para aquelas que fazem uso do ozônio (MARSON *et al.*, 2016; MOLLOY-SIMARD *et al.*, 2019).

O ozônio (O_3), uma molécula triatômica de oxigênio, é capaz de gerar radicais extremamente oxidantes quando se decompõe, conferindo-lhe propriedades microbidas significativas (BOCCI, 2005). A água ozonizada, por sua vez, é conhecida por sua capacidade de inativar microrganismos. A incorporação do ozônio na água geralmente ocorre por meio da incorporação do gás utilizando difusores porosos, gerando pequenas bolhas que promovem a transferência eficiente das moléculas de ozônio para o líquido. Outra abordagem mais eficaz envolve o uso de uma válvula injetora Venturi, que permite uma mistura fluidodinâmica mais eficiente entre a água e o ozônio, facilitando a transferência de massa (CARVALHO *et al.*, 2015).

Diante dos dados expostos, o presente trabalho visa revisar a literatura acerca do uso do ozônio na desinfecção de endoscópios, além disso, busca-se também comparar a diferença entre o uso do O_3 e os outros métodos tradicionais de desinfecção.

PALAVRAS-CHAVE:

Desinfecção, Endoscópio, Ozônio.

MÉTODO:

A metodologia aplicada tratou-se de uma revisão de literatura. As bases de dados utilizadas para a pesquisa foram PubMed e Web of Science. Foram buscados nessas bases de dados artigos publicados entre os anos de 2013 a 2023. Para melhor definição dos termos de busca nas bases selecionadas, foram utilizadas palavras-chave indexadas na base de “Descritores em Ciências da Saúde” (DeCs) adaptado pela BIREME (Centro Latino-Americano e do Caribe de Informação em Ciências da Saúde) como: Endoscópio (Endoscope); Desinfecção (Disinfection) e Ozônio (Ozone) foram encontrados apenas 3 artigos utilizando esses descritores e período já especificado, entretanto foram encontrados 12 artigos utilizando os descritores Endoscópio (Endoscope); Desinfecção (Disinfection) e Glutaraldeído (Glutaraldehyde), porém 7 foram excluídos por não estarem de acordo com o tema, restando 8 artigos selecionados e lidos no total.

REVISÃO DE LITERATURA

CONTAMINAÇÃO DOS ENDOSCÓPIOS

Infecções associadas a endoscópios devido a endoscópios contaminados continuam a ser relatadas em todo o mundo (PETERSEN; KOCH; GINSBERG, 2016). Embora as infecções associadas ao endoscópio sejam, em particular, relacionadas ao duodenoscópio, relatórios recentes também discutem surtos relacionados a gastroscópios (Bajolet *et al.*, 2013), colonoscópios (Reddick, 2017) e broncoscópios (DICKSON *et al.*, 2018). Os pacientes infectados através de endoscópios são detectados principalmente durante investigações de surtos ou transporte por pacientes epidemiologicamente ligados. Estudos recentes avaliaram principalmente taxas de incidência de contaminação do duodenoscópio variando de 0,3% a 30% (ROSS *et al.*, 2015). Os microrganismos *Klebsiella pneumoniae* e *Pseudomonas aeruginosa* são mais frequentemente relacionados em surtos após o procedimento de endoscopia, devido à sua persistência em biofilmes, visto que, estão sujeitas a desgaste intenso, as peças danificadas, como canais de biópsia, são vulneráveis à formação de biofilme (PARR *et al.*, 2016).

1- Mestre em Engenharia Biomédica; Universidade Anhembi Morumbi (UAM); mayconcarvalho20@gmail.com

2- PhD em Ciências Biológicas; Universidade Anhembi Morumbi (UAM); fernandesabm@gmail.com

3- Doutor em Engenharia Biomédica; Universidade Anhembi Morumbi (UAM); cdcfdlima@gmail.com



AGENTES DE DESINFECÇÃO

GLUTARALDEÍDO

São utilizadas duas formulações aquosas a 2%: ativadas (alcalinas) e potencializadas (ácidas). A solução ativada (pH 7,5 a 8,5) é fornecida com pH ácido, se mantém estável quando armazenada em locais frescos em recipientes fechados. No entanto, uma vez ativada, ou seja, em pH alcalino, o glutaraldeído sofre polimerização gradual e em duas semanas perde irreversivelmente suas propriedades germicidas.

As soluções de glutaraldeído são indicadas para a esterilização e desinfecção de artigos críticos, instrumentos sensíveis ao calor como os de anestesia, suporte ventilatório, fibroscópios e partes ópticas dos endoscópios.

Segundo BRASIL (2019), os seguintes cuidados devem ser tomados na utilização do glutaraldeído, pois, tanto na forma ativada como na forma potencializada, sofre polimerização gradual, reduzindo seu poder esterilizante. Neste sentido verifique o prazo de validade antes do uso. Os materiais devem ser imersos na solução, de modo que não forme bolhas sobre eles, estas impediriam o contato da solução com o material. Manter a solução em recipientes fechados. O glutaraldeído é tóxico, portanto, ao manusear deve-se usar luvas e óculos. Em caso de contato com a pele, mucosa ou olhos, deve-se lavá-los com água em abundância com auxílio de um lava-olhos e procurar socorro médico (BRASIL, 2019).

OZÔNIO

O ozônio é um gás natural conhecido por agir como um forte agente antimicrobiano contra bactérias, fungos e vírus. Sabe-se que o potencial oxidante do ozônio induz a destruição das paredes celulares e membranas citoplasmáticas de bactérias e fungos (SILVA et al., 2020). Segundo Azarpazhooh e Limeback (2008), o ozônio ataca as glicoproteínas, glicolipídeos e outros aminoácidos presentes nas células, inibindo e bloqueando seu sistema de controle enzimático, resultando na permeabilidade da membrana.

De acordo com Rojas-Valencia (2011), devido às suas propriedades oxidantes, o ozônio é considerado um dos microbicidas conhecidos mais rápidos e eficientes. Devido a essa característica oxidante, o ozônio age sem induzir resistência aos medicamentos.

O ozônio funciona melhor quando há menos resíduos orgânicos remanescentes (LYNCH, 2008). O uso clínico pode ser gás, solução aquosa e óleo (NAGAYOSHI *et al.*, 2004). Segundo Hubbezoglu *et al.*, (2014), a desvantagem mais importante do ozônio aquoso é sua concentração instável por muito tempo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Com o intuito de mitigar a contaminação secundária via endoscópios, normas nacionais e internacionais padronizam o processo de desinfecção dos aparelhos. Durante a etapa de pré-limpeza, prevê a remoção da sujidade presente nos produtos para a saúde, utilizando-se água e ação mecânica. Na etapa da limpeza, há a remoção da sujidade orgânica e inorgânica com redução da carga microbiana presente nos produtos para a saúde utilizando-se água, detergentes, produtos e acessórios de limpeza; por meio de ação mecânica (manual ou automatizada), atuando em superfícies internas (lúmen) e externas, de forma a tornar o produto seguro para o manuseio e preparado para a reutilização, desinfetado ou esterilizado (BRASIL, 2013; SPEER *et al.*, 2019).

Quanto à escolha do produto Speer *et al.*, (2019), descrevem que é necessário levar em consideração vários fatores, como: espectro de ação, rapidez, compatibilidade com o material dos artigos, toxicidade, danos ao meio ambiente e facilidade de utilização. São utilizados quatro desinfetantes de alto nível: glutaraldeído, ácido peracético, água eletrolisada e ortoftalaldeído.

Entretanto, Rauwers *et al.*, (2019), reiteram que há muitos anos era utilizado o glutaraldeído como meio de desinfecção e esterilização a frio para materiais termossensíveis. Atualmente, ele é proibido em alguns municípios, por vários motivos. Entre eles o poder de toxicidade aos membros da equipe de enfermagem, sua resistência a diversos microorganismos e sua inativação quando em contato com matéria orgânica. Segundo Carrara *et al.*, (2013), o glutaraldeído é um agente desinfetante bactericida, um dialdeído, alifático de baixo peso molecular que apresenta rápida e efetiva ação contra bactérias gram-positivas e gram-negativas. É eficaz contra *Mycobacterium tuberculosis*, alguns fungos e vírus, incluindo os da hepatite B e HIV. É lentamente efetivo contra esporos e apresenta Ph entre 7,5 e 8,5, sendo estáveis por

14 dias, e requerendo bicarbonato sódico para ativar a solução por meio de alcalinização.

Em estudo realizado por Ofstead *et al.*, 2020 teve como objetivo avaliar a prevalência dos problemas específicos da utilização e monitorização da Desinfecção de Alto Nível, e neste trabalho foi observado que as recomendações para desinfecção adequada usando o glutaraldeído não foram seguidas, pois, o controle de qualidade da solução de glutaraldeído utilizada foi feito apenas observando o prazo de validade estabelecido pelo fabricante, parâmetros de qualidade importantes, como pH e concentração da solução, não foram monitorados na maioria dos ambientes de reprocessamento. Segundo Lichtenstein; Alfa (2019), a matéria orgânica não removida durante o processo de limpeza foi fixada na superfície do endoscópio pela ação do glutaraldeído dificultando ou mesmo impedindo o reprocessamento e promovendo o bloqueio dos canais dentro do endoscópio.

Ao pesquisar os trabalhos que abordam a desinfecção de endoscópios usando água ozonizada, verificou-se um número limitado de publicações, encontrou-se apenas um artigo científico relatando o uso da água ozonizada para a desinfecção de um gastroendoscópios (MARSON *et al.*, 2016). Neste trabalho há produção da água ozonizada de maneira hidrostática, e ainda usando uma metodologia convencional de ozonização da água, atuando com uma técnica de transferência de ozônio à água, utilizando uma peça porosa (difusor), a fim de produzir bolhas e incorporar ozônio no fluído.

Em estudo realizado por Carvalho *et al.*, 2023, os pesquisadores utilizaram um sistema de reprocessamento baseado em um modelo hidrodinâmico, no qual a água ozonizada foi usada para realizar a desinfecção de alto nível de colonoscópios. O ozônio é uma molécula que tem propriedades microbidas, o que o torna eficaz na eliminação de microrganismos patogênicos. Os resultados deste estudo preliminar indicaram que a utilização da água ozonizada na concentração de $930 \text{ mg.L}^{-1} \cdot \text{min}$, foi capaz de eliminar 99,9999% de microrganismos em todos os pontos de coleta testados. Paralelamente, o tempo clássico de desinfecção de colonoscópios utilizando produtos químicos, que é de 30 minutos, a partir do uso do referido equipamento, pode ser reduzido para 15 minutos, favorecendo sobremaneira os serviços clínicos de

1- Mestre em Engenharia Biomédica; Universidade Anhembi Morumbi (UAM); mayconcarvalho20@gmail.com

2- PhD em Ciências Biológicas; Universidade Anhembi Morumbi (UAM); fernandesabm@gmail.com

3- Doutor em Engenharia Biomédica; Universidade Anhembi Morumbi (UAM); cdcfdlima@gmail.com



endoscopia, uma vez que estes, realizam rotineiramente grande número de exames ao dia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS:

A desinfecção de endoscópios é uma etapa crítica no processo de reutilização desses dispositivos médicos, considerando a alta prevalência de contaminação microbiana e a possibilidade de surtos de infecções associados a endoscópios contaminados. Os métodos tradicionais de desinfecção, como o glutaraldeído, embora amplamente utilizados, suscitam preocupações devido a riscos ocupacionais e ambientais.

Neste contexto, o ozônio emerge como uma alternativa promissora para a desinfecção de alto nível de endoscópios. O ozônio é capaz de inativar microrganismos de forma eficaz, contribuindo para a redução da contaminação e minimizando os riscos de infecções relacionadas a endoscópios. No entanto, é importante notar que a pesquisa nesse campo ainda é limitada, com poucos estudos abordando o uso da água ozonizada para desinfecção de endoscópios.

A padronização dos processos de desinfecção, tanto a nível nacional quanto internacional, é fundamental para garantir a segurança dos pacientes e a eficácia dos procedimentos. É crucial que os profissionais de saúde estejam cientes das melhores práticas e que a pesquisa continue a explorar novas abordagens, como o uso do ozônio, para melhorar a desinfecção de endoscópios e reduzir o risco de infecções associadas a esses dispositivos. Portanto, a busca por alternativas seguras e eficazes na desinfecção de endoscópios é uma área que merece maior atenção e investimento.

REFERÊNCIAS:

Alfa, M. J., P. DeGagne, N. Olson, and I. Fatima. 2010. "Erratum to: EVOTECH®endoscope cleaner and reprocessor (ECR) simulated-use and clinical-use evaluation of cleaning efficacy". *BMC Infectious Diseases* 10, n.º 1 (outubro). <https://doi.org/10.1186/1471-2334-10-291>.

Azarpazhooh, A.; Limeback, H. *The application of ozone in dentistry: A systematic review of literature*. **Journal of Dentistry**, v. 36, n. 2, p. 104–116, 2008.

Bajolet, O. et al. Gastroscopy-associated transmission of extended-spectrum beta-lactamase-producing *Pseudomonas aeruginosa*. **Journal of Hospital Infection**, v. 83, n. 4, p. 341-343, 2013.

Barakat, M. T., M. Girotra, R. J. Huang, and S. Banerjee. 2018. "Scoping the Scope: Endoscopic Evaluation of Endoscope Working Channels With a New High-Resolution Inspection Endoscope (With Video)". *Gastrointestinal Endoscopy* 88, n.º 4 (outubro): 601–11. <https://doi.org/10.1016/j.gie.2018.01.018>.

Bashaw, M. A. 2016. "Guideline Implementation: Processing Flexible Endoscopes". *AORN Journal* 104, n.º 3 (setembro): 225–36. <https://doi.org/10.1016/j.aorn.2016.06.018>.

Bocci, V. 2005. *Ozone – A New medical drug*. Dordrecht: Springer Publishing.

BRASIL, Em Equipamentos, Gerência de Tecnologia. Relatório de Análise do Impacto Regulatório. 2019.

BRASIL, Resolução - RDC N° 10, de 6 de março de 2013. Dispõe sobre a importação de amostras e kits de coleta de amostras sujeitos ao regime de vigilância sanitária destinados a testes de controle de dopagem.

Carrara, D., C.A Shirahige, A. D. C. P. V. Braga, S. Ishioka, P. Sakai, M. H. Takeiti, and T. M. V. Strabelli. 2013. "Is Endoscope Disinfection With Peracetic Acid During Ten Minutes Effective?". *Rev. SOBECC*, 38-46.

Carvalho, M. C. O, Fernandes, A. B., Carvalho, H. C., Zângaro, R. A., & José de Lima, C. (2023). Preliminary study: Disinfection of colonoscope using a reprocessing system based on a hydrodynamic model with ozonated water. *Ozone: Science & Engineering*, 1-12.

Carvalho, H. C., M. S. Melo, C. J. Lima, L. P. Alves, L. Silveira e R. A. Zângaro. 2015. "Effectiveness of Ozone-Liquid Mass Transfer aiming Ozone Therapy". In *IFMBE Proceedings*, 1283–85. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19387-8_311.

Casini, B., B. Tuvo, E. Marciano, G. Del Magro, G. Gemignani, G. Luchini, M. L. Cristina *et al.* 2021. "Improving the Reprocessing Quality of Flexible Thermolabile Endoscopes: How to Learn from Mistakes". *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18, n.º 5 (março): 2482. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052482>.

Dickson, Angela *et al.* Possible pseudotransmission of *Enterobacter cloacae* associated with an endobronchial ultrasound scope. **American journal of infection control**, v. 46, n. 11, p. 1296-1298, 2018.

Eichel, V. M., J. M. Jabs, S. Unser, N. T. Mutters, and M. Scherrer. 2021. "Does the Reprocessing of Endoscopes Have to Take Place Immediately After Pre-Cleaning? A First Evaluation". *Clinical Endoscopy* 54, n.º 4 (julho): 526–33. <https://doi.org/10.5946/ce.2020.238>.

Hubbezoglu, I. *et al.* Antibacterial efficacy of aqueous ozone in root canals infected by *Enterococcus faecalis*. **Jundishapur Journal of Microbiology**, v. 7, n. 7, p. 10–15, 2014.

Kampf, G., P.M. Fliss, and H. Martiny. 2014. Is peracetic acid suitable for the cleaning step of reprocessing flexible endoscopes?. *World Journal of Gastrointestinal Endoscopy*, 6 (9):390-406. doi: 10.4253/wjge.v6.i9.390

Kenters, N., E. Tartari, J. Hopman, Rehab H. El-Sokkary, M. Nagao, K. Marimuthu, M. C. Vos, E. G. W. Huijskens, and Andreas Voss. 2018. "Worldwide Practices on Flexible Endoscope Reprocessing". *Antimicrobial Resistance & Infection Control* 7, n.º 1 (dezembro). <https://doi.org/10.1186/s13756-018-0446-6>.

Kohli, D. R., and J. Baillie. 2019. "How Endoscopes Work". In *Clinical Gastrointestinal Endoscopy*, 24–31. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-41509-5.00003-7>.

Larsen, S., A. Kalloo, and S. Hutfless. 2019. "The Hidden Cost of Colonoscopy Including Cost of Reprocessing and Infection Rate: The Implications for Disposable Colonoscopes". *Gut* 69, n.º 2 (agosto): 197–200. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2019-319108>.

Lichtenstein, D., and M. J. Alfa. 2019. "Cleaning and Disinfecting Gastrointestinal Endoscopy Equipment". In *Clinical Gastrointestinal Endoscopy*, 32–50. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-41509-5.00004-9>.

Lynch, E. *Evidence-based efficacy of ozone for root canal irrigation*. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, v. 20, n. 5, p. 287–293, 2008.

Marchese, V., D. Di Carlo, G. Fazio, S. M. Gioè, A. Luca, R. Alduino, M. Rizzo *et al.* 2021. "Microbiological Surveillance of Endoscopes in a Southern Italian Transplantation Hospital: A Retrospective Study From 2016 to 2019". *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18, n.º 6 (março): 3057. <https://doi.org/10.3390/ijerph18063057>.

Marson, R. F., L. H. M. S. Melo, R. A. Zângaro, C. J. Lima, and A. B. Fernandes. 2016. "Use of Ozonated Water for Disinfecting Gastrointestinal Endoscopes". *Ozone: Science & Engineering* 38, n.º 5 (maio): 346–51. <https://doi.org/10.1080/01919512.2016.1192455>.

Molloy-Simard, V., J. L. Lemyre, K. Martel, and B. J. Catalone. 2019. "Elevating the Standard of Endoscope Processing: Terminal Sterilization of Duodenoscopes Using a Hydrogen Peroxide–ozone Sterilizer". *American Journal of Infection Control* 47, n.º 3 (março): 243–50. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2018.09.009>.

Nagayoshi, M. *et al.* *Efficacy of ozone on survival and permeability of oral microorganisms*. **Oral Microbiology and Immunology**, v. 19, n. 4, p. 240–246, 2004.

Ofstead, Cori L. *et al.* Challenges in achieving effective high-level disinfection in endoscope reprocessing. **American journal of infection control**, v. 48, n. 3, p. 309–315, 2020.

Panouillères, M., C. Boillot, and Y. Perrodin. 2007. "Study of the Combined Effects of a Peracetic Acid-Based Disinfectant and Surfactants Contained in Hospital Effluents on *Daphnia Magna*". *Ecotoxicology* 16, n.º 3 (março): 327–40. <https://doi.org/10.1007/s10646-007-0136-2>.

Parr, Alyssa et al. Carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae* cluster associated with gastroscope exposure among surgical intensive care unit patients at University of Pittsburgh Medical Center. In: **Open Forum Infectious Diseases**. Oxford University Press, 2016. p. 248.

Petersen, Bret T.; KOCH, Johannes; GINSBERG, Gregory G. Infection using ERCP endoscopes. **Gastroenterology**, v. 151, n. 1, p. 46-50, 2016.

Rai, P. 2020. "Disinfection of Endoscopy and Reusability of Accessories". *Journal of Digestive Endoscopy* 11, n.º 01 (março): 61–66. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1712238>.

Rauwers, Arjan W. et al. Endoscope-associated infections: A brief summary of the current state and views toward the future. **Techniques in Gastrointestinal Endoscopy**, v. 21, n. 4, p. 150608, 2019.

Reddick, Elaine. Investigation of salmonellosis outbreak following a hospital endoscopy: A public health case study. **Canadian Journal of Infection Control**, v. 32, n. 3, 2017.

Rojas-Valencia, M. N. *Research on ozone application as disinfectant and action mechanisms on wastewater microorganisms*. **Science against microbial pathogens: communicating current research and technological advances**, v. 1, n. August, p. 263–271, 2011.

Ross, Andrew S. et al. A quarantine process for the resolution of duodenoscope-associated transmission of multidrug-resistant *Escherichia coli*. **Gastrointestinal endoscopy**, v. 82, n. 3, p. 477-483, 2015.

Silva, E. J. N. L. *et al.* *The effect of ozone therapy in root canal disinfection: a systematic review*. **International Endodontic Journal**, v. 53, n. 3, p. 317–332, 2020.

Sohn, S. Y., M. J. Alfa, R. Lai, Y. Tabani, and M. E. Labib. 2020. "Turbulent Fluid Flow Is a Novel Closed-System Sample Extraction Method for Flexible Endoscope Channels of Various Inner Diameters". *Journal of Microbiological Methods* 168 (janeiro): 105782. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2019.105782>.



Speer, T., M. Alfa, A. Cowen, D. Jones, K. Vickery, H. Griffiths *et al.* (2019). Endoscope disinfection update: a guide to resource-sensitive reprocessing. *World Gastroenterology Organisation: Melbourne, Australia.*

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho conta com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - Processos no 314167/2021-8 e 310708/2021-4. Os autores agradecem ao Instituto Ânima e ao CITÉ (Centro de Inovação, Tecnologia e Educação) pelo apoio concedido ao projeto de pesquisa.

