

Avaliação da eficácia da luz ultravioleta contínua na descontaminação de cédulas do real

Evaluation of the effectiveness of continuous ultraviolet light in decontaminating real banknotes

Pedro Caponi Tavares de Brito¹ , Monalyza Borges de Oliveira Camargo² , Alessandra Marques Cardoso^{3*} 

1 Curso de Biomedicina. Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Goiânia-GO, Brasil.

2 Laboratório Clínico. Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Goiânia-GO, Brasil.

3 Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Faculdade da Polícia Militar. Secretaria de Estado da Saúde de Goiás. Goiânia-GO, Brasil.

* Autora correspondente: alemarques5@yahoo.com.br

RESUMO: As mãos são vias de transmissão de microrganismos uma vez que entram em contato com diferentes objetos no dia a dia, incluindo o dinheiro. Com o desgaste das cédulas, ocorre acúmulo de umidade, impurezas e bactérias, que são favorecidas pelo óleo produzido na polpa dos dedos e depositados em meio às rachaduras no papel-moeda. Embora a luz ultravioleta contínua (UV-C) possa ser empregada na descontaminação de objetos e superfícies, é necessário conhecer o tempo de exposição ideal, para assim, utilizá-la de forma eficiente. Esse estudo objetivou avaliar a eficácia da exposição à UV-C na descontaminação de cédulas do real. Foram analisadas quatro cédulas sendo três de R\$2,00 e uma de R\$5,00, selecionadas aleatoriamente. Os experimentos foram realizados em duplicata no Laboratório Clínico da PUC Goiás, empregando-se os meios de cultura TSB e PCA. As amostras foram coletadas com swabs umedecidos em caldo TSB estéril, antes e após a exposição das cédulas à luz UV-C durante 5, 10 e 20 minutos. Após a coleta, as amostras foram inoculadas em caldo TSB e incubadas à 36°C. Após 24h, 100µl do caldo TSB foram semeados na superfície do ágar PCA, o qual foi incubado à 36°C por 24h. Na sequência realizou-se a leitura dos experimentos. Os resultados evidenciaram a presença de microrganismos mesófilos aeróbios totais (MMAT) em todas as cédulas avaliadas antes e após exposição durante 5 e 10 minutos à luz UV-C. Por outro lado, constatou-se que após 20 minutos de exposição à luz UV-C, houve 100% de descontaminação das cédulas do real.

Palavras-chave: Raios Ultravioleta. Bactérias Aeróbias. Descontaminação.

ABSTRACT: Hands are pathways for the transmission of microorganisms because they come into contact with different objects in everyday life, including money. As the banknotes wear down, moisture, impurities and bacteria accumulate, which are favored by the oil produced on the pulp of the fingers and deposited among the cracks in the paper money. Although continuous ultraviolet light (UV-C) can be used to decontaminate objects and surfaces, it is necessary to know the ideal exposure time in order to use it efficiently. This study aimed to effectiveness of UV-C exposure in the decontamination of banknotes of real. Four banknotes were analyzed, being three of R\$2.00 and one of R\$5.00, randomly selected. The experiments were performed in duplicate in the Clinical Laboratory of PUC Goiás, using TSB and PCA culture media.

Editor Chefe: Dr. Rogério José de Almeida 

Recebido em: janeiro, 2024 | **Aprovado em:** março, 2024 | **Publicado em:** abril, 2024

DOI: 10.18224/evs.v51i1.13956

The samples were collected with swabs moistened in sterile TSB broth before and after exposure of the banknotes to UV-C light for 5, 10, and 20 minutes. After collection, the samples were seeded in TSB broth and incubated at 36°C. After 24h of incubation, 100µl of the broth were seeded onto the PCA agar surface, and these were incubated at 36°C for 24h. Afterwards, the experiments were read. The results evidenced the presence of aerobic mesophilic microorganisms (MMAT) in all the evaluated ballots before and after exposure for 5 and 10 minutes to UV-C light. On the other hand, it was observed that after 20 minutes of exposure to UV-C light there was 100% decontamination of real banknotes.

Keywords: Ultraviolet Rays. Aerobic Bacteria. Decontamination.

INTRODUÇÃO

O dinheiro sempre foi de grande importância para circulação de bens e valores, sendo que de 1515 a 1519 no Brasil, o pau-Brasil, o fumo, o algodão, o açúcar e o zimbo foram os materiais mais utilizados como moeda-mercadoria entre nativos e portugueses. Desde então, esses materiais vêm ganhando diversas variações, entre ouro (dobroses), prata (patacas) e cédulas¹, que desde 1994 são produzidas em polímeros altamente resistentes que prometem suportar a circulação do real de mão em mão².

As cédulas são consideradas carreadoras de microrganismos potencialmente patogênicos aos seres humanos³⁻⁵, esses microrganismos são provenientes de alimentos, móveis, manipulação das notas após utilização do banheiro, contato com mucosas corporais e em ambientes sujos com os quais a nota entra em contato². Esse efeito de arrasto é devido a sua grande veiculação e contato direto com superfícies contaminadas, entretanto também é favorecida pelo desgaste usual da cédula e o aparecimento de fissuras que acumulam umidade e podem servir de depósito para diversos microrganismos, favorecendo a transmissão de doenças entre as pessoas⁶.

A contaminação microbiana das cédulas de real pode ser conhecida por meio da pesquisa de microrganismos mesófilos aeróbios totais (MMAT), um grande grupo composto por diversas bactérias com agrupamento colonial em pares, tétrades, cadeias e cachos⁷ comumente empregados como indicadores para avaliar a higiene e a sanitização de alimentos, como carnes e vegetais, mas principalmente o leite, bem como de superfícies inanimadas, como cédulas do real. Os MMAT apresentam temperatura ótima de crescimento variando entre 20°C e 40°C, sendo a temperatura média ideal entre 36°C e 37°C^{8,9}.

A luz ultravioleta contínua (UV-C) pode ser chamada igualmente de irradiação germicida ultravioleta (UVGI) e é usada como forma de descontaminação de ambientes, sendo vantajosa por não requerer mudanças na ventilação, não deixar resíduos após o tratamento, possuir um amplo espectro de ação, ser eficiente contra diversas formas microbianas e por obter resultados vantajosos em curtos tempos de exposição¹⁰.

A luz tem efeito diretamente sobre o DNA do microrganismo, e através de mutação, induz a uma nova formação de bases de dipirimidinas formando os dímeros de ciclobutano de pirimidina (CPD). Essa ligação se estabelece entre timina, citosina ou o derivado de citosina presentes na mesma fita de DNA. Para que essa ligação ocorra, é necessário que as duas bases de pirimidina (timina e citosina) estejam lado a lado e após a incidência da luz UV-C, uma nova base *by-pass* é incorporada, modificando a timina e citosina, resultando em uma ligação timina-timina na mesma fita do DNA¹¹⁻¹³.

Na leitura da dupla hélice do DNA, essa mutação impede a correta replicação, transcrição, tradução e posteriormente a produção das proteínas, resultando na completa morte bacteriana e inativação viral¹².

Dentro do espectro UV, existe em 3 grandes subdivisões: UV-A (315 - 400nm), UV-B (280 - 315nm) e UV-C (100 - 280nm). A luz UV-C está presente nos raios solares e tem grande parte filtrada pela camada de ozônio antes de chegar ao solo, é energética e capaz de gerar danos às células sendo precursora de queimaduras e carcinomas na pele humana¹⁴. A UV-C utilizada em experimentos é semelhante a emitida pelos raios solares, porém é produzida artificialmente, principalmente por mercúrio de baixa pressão e gases inertes¹⁵.

O uso da luz UV-C é eficiente na eliminação de microrganismos na superfície dos materiais, juntamente com bioaerossóis¹⁶, entretanto, a eficácia da luz pode apresentar alguns obstáculos como: o posicionamento da luz frente a superfície a ser descontaminada, o tempo de exposição à luz e a presença de impurezas que possam bloquear o contato da luz a superfície^{11,17,18}. Esses interferentes influenciam diretamente nos danos causados no DNA dos vírus ou bactéria, podendo ter o efeito descontaminante reduzido se a luz for mal inspecionada e utilizada¹¹.

Nesse contexto, o presente estudo objetivou avaliar a eficácia da exposição à luz ultravioleta contínua na descontaminação de cédulas do real.

MÉTODOS

Foram utilizadas cédulas de dois reais (R\$2,00) e cinco reais (R\$5,00), selecionadas aleatoriamente, para

isolamento de MMAT e avaliação da eficácia da luz UV-C na descontaminação destas cédulas. Os experimentos foram realizados no Laboratório Clínico da PUC Goiás, de setembro de 2022 a novembro de 2022, obedecendo os critérios de biossegurança e as boas práticas de laboratório. Os experimentos foram realizados em duplicata, e os meios de cultura empregados foram *Plate Count Agar* (PCA) para isolamento de colônias de MMAT oriundos das cédulas de real e o caldo *Trypticase Soy Broth* (TSB *Broth*), para o crescimento e enriquecimento prévio das amostras, antecedendo a semeadura em superfície do PCA.

Os materiais utilizados foram previamente esterilizados em autoclave à temperatura de 121°C por 15 minutos. Para cada lote de experimentos foram incluídos tubos de caldo TSB e placas de PCA não inoculados como controle negativo. A lâmpada de luz UV-C da marca PANAM tem as especificações de 600 volts e 660 watts de potência, e foi utilizada dentro da cabine de segurança biológica (CSB) modelo VLFS 12 com série FL 8640. Essa luz é contínua, e possui um comprimento de onda de 254nm, sendo esse, o comprimento mais eficiente contra microrganismos¹⁹. Todos os experimentos foram realizados a uma distância fixa de 60 centímetros entre o bulbo de luz e as cédulas.

Para a coleta das amostras, as cédulas do real foram fixadas com fita adesiva no interior da cabine de segurança biológica classe 2, sendo identificados em fita adesiva os tempos a serem analisados e divididos em três partes, a saber: antes da exposição a luz UV-C, durante a exposição a luz UV-C e após a exposição a luz UV-C.

Para a coleta das amostras antes da exposição à luz UV-C, foi empregado um *swab* estéril umedecido no caldo TSB antes da rolagem do mesmo no espaço identificado como “minuto 0” na superfície das cédulas de 2 e 5 reais. Após, o *swab* foi inserido no interior do tubo de ensaio contendo caldo TSB e identificado como 0'. Esse meio passou pelo processo de incubação na estufa bacteriológica à temperatura de 36°C por um período de 24h e decorrido esse tempo, foram pipetados e semeados 100µl do caldo TSB na superfície do ágar PCA, em duplicata, identificadas como 2R0' para cédulas de R\$2,00 e 5R0' para cédulas de R\$5,00. As placas de PCA inoculadas foram incubadas em estufa bacteriológica à temperatura de 36°C por 24h, conforme ilustra a Figura 1.

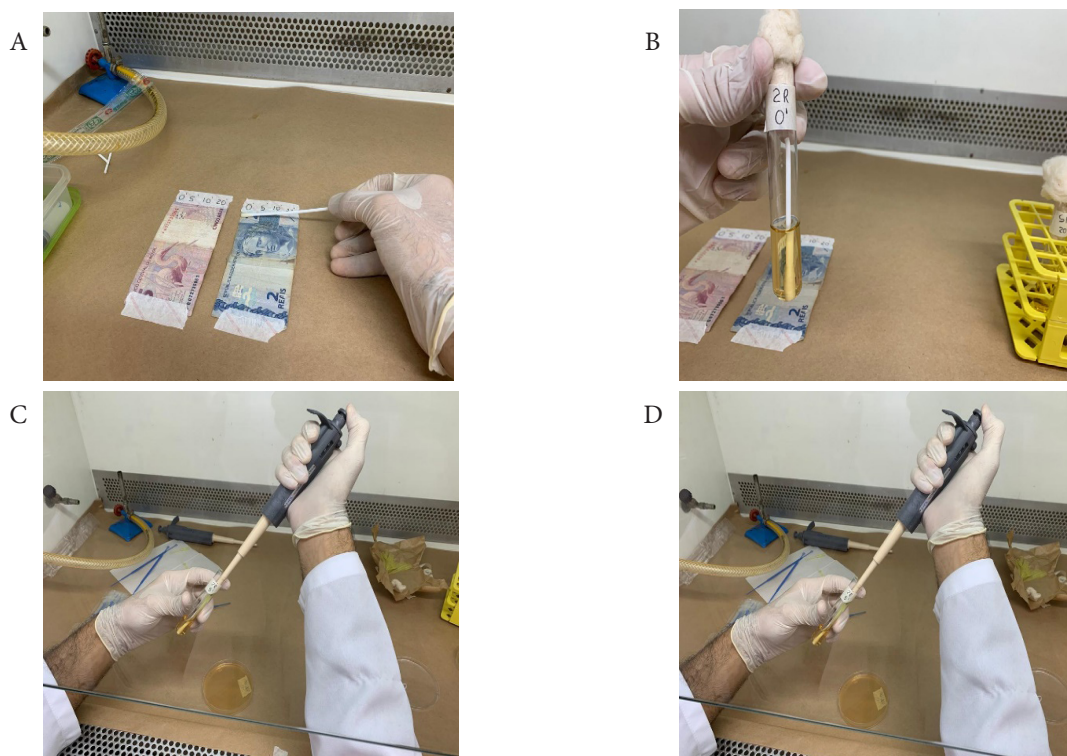


Figura 1. Procedimento de coleta das amostras, inoculação em caldo TSB e semeadura em meio PCA.

Legenda: A) Cédula fixada com fita adesiva e identificada com os respectivos tempos de R0', R5', R10', R20'. Rolagem de *swab* umedecido em caldo TSB; B) Incubação da amostra em caldo TSB a 36°C por 24h. C) Pipetagem de 100µl em caldo TSB; D) Semeadura em superfície do ágar PCA.

Fonte: Próprios autores.

Para a coleta das amostras após exposição à luz UV-C, as cédulas foram expostas à luz UV-C em três intervalos de tempo diferentes, para testar a eficácia da luz UV-C em cada tempo nas notas de R\$2,00 e R\$5,00. Como primeiro passo, foi umedecido um *swab* no caldo TSB e feita a rolagem no espaço de 5' da cédula após 5 minutos de UV-C, no espaço de 10' após 10 minutos de UV-C e no espaço 20' após 20 minutos de UV-C, introduzidos nos respectivos tubos contendo caldo TSB (marcados como 2R5', 2R10', 2R20' para as cédulas de R\$2,00 e 5R5', 5R10', 5R20' para cédulas de R\$5,00), incubados em estufa bacteriológica à temperatura de 36°C por 24 horas. Decorrido esse tempo, foram pipetados 100µl do caldo TSB em placas de PCA, em duplicata.

A Figura 2 ilustra os procedimentos de coleta e cultura de MMAT em amostras de cédulas de real antes e após a exposição à luz UV-C.

RESULTADOS

Foram realizados três grupos de experimentos para avaliar a eficácia da luz UV-C na inibição do crescimento de MMAT em cédulas de real, conforme apresentado nos Quadro 1 e 2 e na Figura 3.

DISCUSSÃO

No primeiro experimento, apresentado na figura 3, as cédulas analisadas estavam danificadas e continham

Quadro 1. Resultados das culturas de MMAT do primeiro experimento realizado com cédula de R\$2,00 rasgada e cédula de R\$5,00 intacta.

Tempo de exposição à luz UV-C (minutos)	Cédula R\$2,00	Duplicata cédula R\$2,00	Cédula R\$5,00	Duplicata cédula R\$5,00
0'	P	P	P	P
5'	N	N	P	P
10'	N	P	P	P
20'	N	P	N	N

Legenda: P = positivo (houve crescimento de incontáveis colônias de MMAT); N = negativo (não houve crescimento de MMAT).

Fonte: Próprios autores.

Quadro 2. Resultados das culturas de microrganismos mesófilos aeróbios totais do terceiro experimento realizado com cédula de R\$2,00 gasta, bastante veiculada no comércio.

Tempo de exposição à luz UV-C (minutos)	Cédula R\$2,00	Duplicata cédula R\$2,00
0'	P	P
5'	P	P
10'	P	P
20'	N	N

Legenda: P = positivo (houve crescimento de incontáveis colônias de MMAT); N = negativo (não houve crescimento de MMAT).

Fonte: Próprios autores.

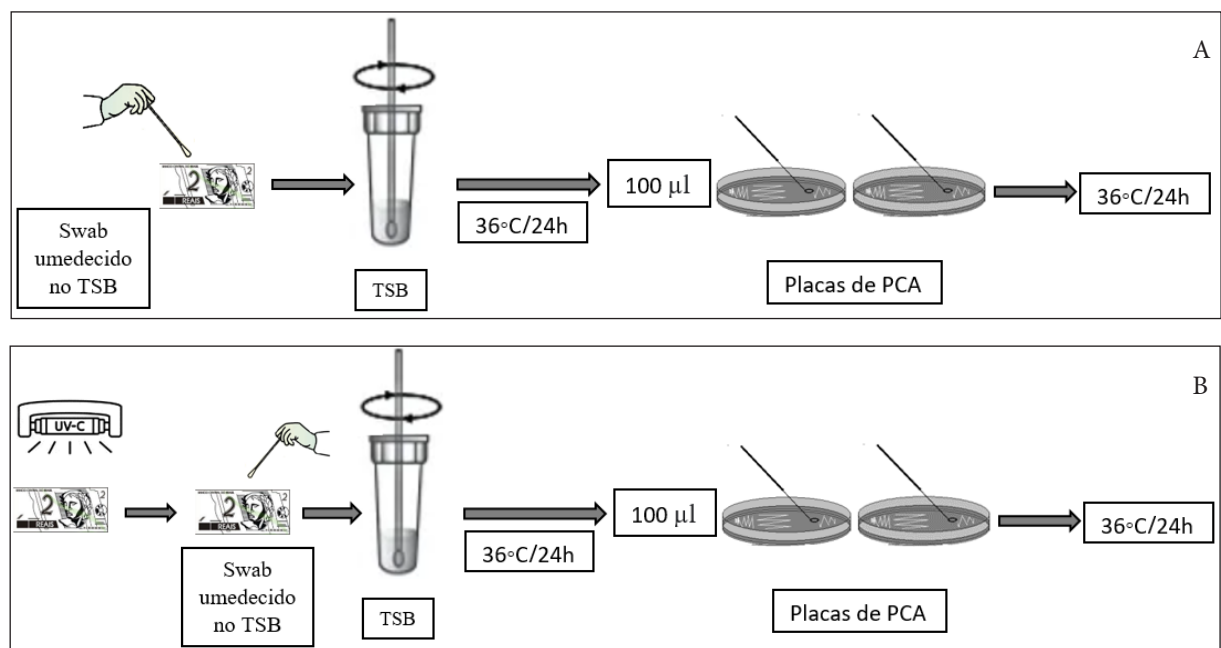


Figura 2. Fluxograma dos procedimentos de coleta e cultura de MMAT em amostras de cédulas de real antes (A) e após (B) exposição à luz UV-C.

Fonte: Próprios autores.

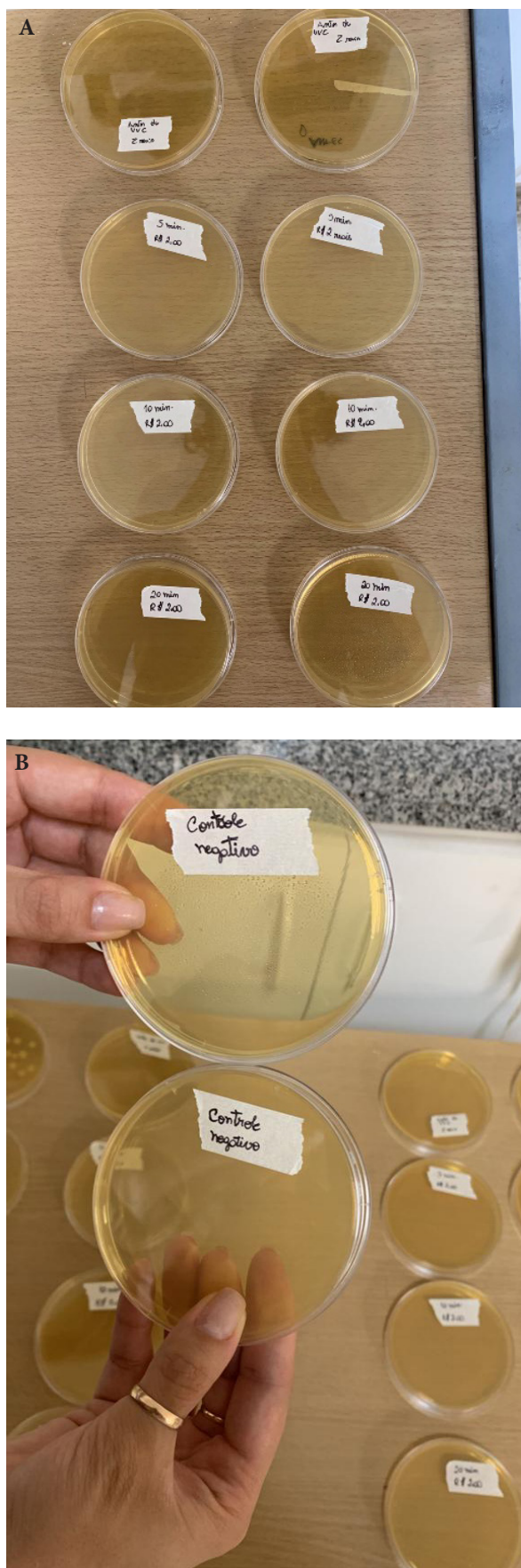


Figura 3. Cultura com cédula de real intacta, recém-fabricada.

Legenda: A) Validação do controle negativo com ausência de crescimento de MMAT. B) Experimento da cédula de R\$2,00 com ausência de crescimento de MMAT.

Fonte: Próprios autores.

ranhuras, inclusive a cédula de R\$2,00 obtida para o estudo estava restaurada com uma fita adesiva transparente, colando as duas partes da nota ao meio. A cédula de R\$2,00 utilizada no primeiro experimento gerou resultado divergente do esperado, levando à hipótese de que a fita adesiva transparente estivesse atuando como uma barreira, impedindo a ação da luz UV-C, o que indicou a necessidade da realização de um segundo experimento com outra cédula de R\$2,00.

Quanto ao segundo experimento, foi utilizada uma cédula de R\$2,00 sem fita adesiva transparente, recém-fabricada no banco central, ou seja, nova e sem fissuras, pouco veiculada no mercado, adquirida no momento do abastecimento do caixa eletrônico. Obteve-se como resultado ausência de crescimento de MMAT, tanto nos tubos quanto nas placas, em todos os intervalos de tempo de exposição à luz UV-C, conforme evidenciado na figura 4. Assim, repetiu-se o experimento com outra cédula de R\$2,00 veiculada no comércio e mais desgastada.

Já no terceiro experimento, apresentado na figura 5, foi utilizada uma cédula de R\$2,00 bastante veiculada no mercado, sem fita adesiva transparente e com fissuras capazes de fornecer, hipoteticamente, um excelente ambiente para o desenvolvimento de microrganismos.

Os resultados dessa pesquisa evidenciaram a eficácia da luz UV-C em eliminar os MMAT após 20 minutos de exposição das cédulas de real, aplicando-se uma distância de 60 cm. Entretanto, no estudo de Hummel *et al.*²⁰ foi observado resultado na descontaminação de máscaras em uma sala fechada usando três bulbos de luz a uma distância de 2,5 m a 3,5 m entre a luz e as máscaras, sendo necessários 10 minutos de exposição à luz UV-C para garantir a reutilização adequada das máscaras²⁰.

Os autores Groot *et al.*²¹ testaram a eliminação de *Candida auris*, um super patógeno, por meio de luz UV-C e observaram que a maior eficiência obtida foi com a aplicação do tempo de 30 minutos de exposição, a uma distância de 2 metros¹⁹. Em outro estudo, Song *et al.*²² testaram a eficácia da luz UV-C na inibição do crescimento de colônias microbianas inoculadas em ágar Luria-Bertani e ágar batata a uma distância de 5 milímetros, obtendo um resultado satisfatório com quase 100% de inativação dos microrganismos aplicando 60 segundos de exposição à luz UV-C.

A eficiência da luz UV-C está diretamente ligada ao tempo de exposição frente à mesma. No presente estudo foi avaliado o funcionamento da luz UV-C no interior da cabine de segurança biológica classe 2 em diferentes tempos de exposição das cédulas de real, que forneceram superfícies altamente contaminadas e capazes de veicular patógenos. Ficou evidente que o tempo de

exposição mais eficaz para a descontaminação completa das amostras foram 20 minutos de exposição.

No caso de cédulas novas e recém-fabricadas, verificou-se ausência de crescimento microbiano nos experimentos realizados. Segundo a pesquisa de Akter *et al.*²³, as cédulas novas são mais resistentes à presença de microrganismos uma vez que possuem um formato côncavo e sem nutrientes para as possíveis colônias, evidenciado pelo autor através da microscopia. Entretanto, o trabalho de Awakeel *et al.*²⁴ demonstrou por meio culturas de cédulas em ágar batata e ágar sangue que os microrganismos podem ser isolados tanto a partir de cédulas antigas quanto novas.

Em relação ao primeiro experimento com a cédula rasgada e reparada com fita adesiva transparente, foi possível observar que a mesma interferiu diretamente na eficácia da luz UV-C quanto à eliminação dos MMAT. Segundo Ploydaeng *et al.*¹¹, a eficácia da luz UV-C depende do posicionamento da lâmpada e do padrão de movimento do ar, sendo ineficiente em ambientes onde existe sujeira e resíduos. No caso da cédula testada, a fita adesiva transparente representou uma barreira física que impediu a eficácia da luz UV-C, mantendo os microrganismos intactos, de forma que as culturas apresentaram resultado positivo para crescimento de MMAT¹¹.

Em um estudo conduzido por Barolia *et al.*²⁵, ficou evidente a importância de se atentar quanto ao uso de cédulas desgastadas pelo tempo de uso, uma vez que estas são mais favoráveis ao desenvolvimento de diferentes microrganismos, alertando para o fato de que além de uma barreira física, a cédula unida com fita adesiva transparente é mais contaminada e mais propensa a veicular patógenos.

Sobre cédulas bastante veiculadas no comércio e com fissuras, porém sem evidências de restauração por meio de fita adesiva transparente, foi possível observar nesse estudo uma grande carga microbiana em sua superfície, sendo necessário um tempo de exposição à luz UV-C de 20 minutos para descontaminá-las. Em uma pesquisa realizada por Górný *et al.*²⁶, foram coletadas amostras das mãos dos trabalhadores que manuseiam dinheiro diariamente para realização de culturas microbianas, e o resultado apresentou elevada contaminação. Assim, é notória a eficácia da exposição à UV-C na descontaminação das cédulas de real, pois mesmo com elevada carga microbiana, os resultados obtidos nesse estudo revelaram a ausência de crescimento de MMAT no ágar PCA após 20 minutos de exposição à luz UV-C.

Gedik *et al.*⁵ analisaram os diferentes tipos de polímeros nas cédulas e revelaram que em cédulas com maior número de impurezas, há presença de grande número de bactérias, uma vez que não conseguem extrair

nutrientes das cédulas, e, por necessidade de sobrevivência, se alimentam dos resíduos depositados no material, formando pequenas colônias em meio às fissuras no papel-moeda. Os autores Angelakis *et al.*²⁷ evidenciaram a sobrevivência de cepas de *Staphylococcus aureus* inoculadas em papel-moeda por até 8 dias à temperatura ambiente. Esse achado justifica a elevada contaminação microbiana de cédulas com fissuras, já que elas apresentam maior quantidade de colônias bacterianas e maior capacidade de manter a viabilidade dos microrganismos presentes.

CONCLUSÃO

Os achados dessa pesquisa evidenciaram a presença de incontáveis colônias de MMAT em todas as cédulas avaliadas, antes e após a exposição durante 5 e 10 minutos à luz UV-C, evidenciando a contaminação das notas, amplamente manipuladas pela população. Por outro lado, observou-se que após 20 minutos de exposição à luz UV-C, houve 100% de descontaminação das cédulas com ausência de crescimento bacteriano nos meios de cultura empregados. Assim, concluiu-se que a luz UV-C é eficiente na descontaminação de superfícies como o papel-moeda, sendo influenciada pelo tempo de exposição à superfície alvo.

O presente estudo permitiu a observação de que a existência de barreiras físicas entre a fonte de luz UV-C e a cédula do real, como uma fita adesiva transparente para restauração da nota, conseguiu anular a eficácia da luz UV-C, mantendo a viabilidade e permitindo o crescimento *in vitro* de MMAT.

Enfim, destaca-se a importância da realização de outros estudos sobre a eficácia da luz UV-C na descontaminação de diferentes materiais e superfícies, tema pertinente à saúde pública, uma vez que o emprego da luz UV-C pode contribuir com o bloqueio da circulação de microrganismos causadores de doenças infectocontagiosas na população, veiculados por objetos inanimados que frequentemente entram em contato com alimentos, móveis, mãos que não foram adequadamente higienizadas após o uso do banheiro, mucosas corporais e ambientes sujos, dentre outros.

CONFLITO DE INTERESSES

Declaramos não haver conflito de interesses.

FINANCIAMENTO

Declaramos não haver financiamento.

REFERÊNCIAS

1. Secretaria de Relações Institucionais do Banco Central do Brasil, Museu de Valores do Banco Central do Brasil. Dinheiro no Brasil. Ficha catalográfica do Banco do Brasil. 2004; 2ªEd.:6-34.
2. Salvador FC, Silva JB, Pereira JKG. Avaliação do dinheiro como uma possível fonte de contaminação por bactérias patogênicas. V EPCC CESUMAR – Centro Universitário de Maringá 2007;5(1):1-5.
3. Souza DA, Santo ER, Borges TR, Vieira MR. Estudo da contaminação de cédulas de dinheiro e moedas por parasitos nas cantinas de uma instituição superior. *Vita et Sanitas* 2018;12(2):10-16.
4. Fonseca TAP, Pessôa R, Sanabani SS. Molecular analysis of bacterial microbiota on brazilian currency note surfaces. *Int J Environ Res Public Health* 2015;12(10):13276-88.
5. Gedik H, Voss TA, Voss A. Money and transmission of bacteria. *Antimicrobial Resistance and Infection Control* 2013;2(22):1-3.
6. Lindsley WG, McClelland TL, Neu DT, Martin SBJr., Mead KR, Thewlis RE, Noti JD. Ambulance disinfection using Ultraviolet Germicidal Irradiation (UVGI): Effects of fixture location and surface reflectivity. *J Occup Environ Hyg* 2018;15(1):1-12.
7. Sant'ana AS, Caetano C, Azeredo DRP. Comparação entre os métodos rápidos Simplate® TPC- CI e Petrifilm® AC e os métodos convencionais de contagem em placas para a enumeração de aeróbios mesófilos em sorvetes. *Ciênc. Tecnol. Aliment* 2002;22(1):60-64.
8. Pens CJS, Both FL, Silva LC, Dias MA. Avaliação da contagem de microrganismos aeróbios mesófilos em sushis de buffets de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. *Brazilian Journal of Food Research* 2020;11(1):45-57.
9. Freitas R, Nero LA, Carvalho AF. Technical note: enumeration of mesophilic aerobes in milk: Evaluation of standard official protocols and Petrifilm aerobic count plates. *Journal of Dairy Science* 2010;92(7):3069-3073.
10. Casini B, Tuvo B, Cristina ML, Spagnolo AM, Totaro M, Baggiani A, Privitera GP. Evaluation of an Ultraviolet C (UVC) Light-Emitting device for disinfection of high touch surfaces in hospital critical areas. *Int J Environ Res Public Health* 2019;16(19):3572.
11. Ploydaeng M, Rajatanavin N, Rattanakaemakom P. UV-C light: A powerful technique for inactivating microorganisms and the related side effects to the skin. *Photodermatol Photoimmunol Photomed* 2021;37(1):12-19.
12. Pfeifer GP. Mechanisms of UV-induced mutations and skin cancer. *Genome Instability & Disease* 2020;1(3):99-113.
13. Markovitsi D. UV-induced DNA Damage: The Role of Electronic Excited States. *Photochemistry and Photobiology* 2016;92(1):45-51.
14. Svobodova A, Walterova D, Volstalova J. Ultraviolet light induces attraction to the skin. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub.* 2006;150(1):25-38.
15. Mackenzie D. Ultraviolet Light Fights New Virus. *Engineering* 2020;6(8):851-853.
16. Nunayon SS, Wang M, Zhang H H, Lai ACK. Evaluating the efficacy of a rotating upper-room UVC-LED irradiation device in inactivating aerosolized *Escherichia coli* under different disinfection ranges, air mixing, and irradiation conditions. *Journal of Hazardous Materials* 2022;440:129791.
17. Ueki SYM, Chimarra E, Yamauchi JU, Latrilha FO, Simeão FCS, Moniz LL, et al. Monitoramento em cabine de segurança biológica: manipulação de cepas e descontaminação em um laboratório de micobactérias. *J. Bras. Patol. Med. Lab* 2008;44(4):263-269.
18. Yang JH, Wu UI, Tai HM, Sheng WH. Effectiveness of an ultraviolet-C disinfection system for reduction of healthcare-associated pathogens. *J Microbiol Immunol Infect* 2019;52(3):487-493.
19. World Health Organization & International Programme On Chemical Safety. Ultraviolet radiation; an authoritative scientific review of environmental and health effects of UV, with reference to global ozone layer depletion / published under the joint sponsorship of the United Nations Environment Programme, the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection and the World Health Organization, 1994.
20. Hummel A, Ergai A, Spiva LA, Toney S, Crawford A. Rapid design and implementation of a UVC decontamination room. *Sci Rep* 2022;12(1):835.
21. Groot T, Chowdhary A, Meis JF, Voss A. Killing of *Candida auris* by UV-C: Importance of exposure time and distance. *Mycoses* 2019;62(5):408-412.
22. Song C, Wen R, Zhou J, Zeng X, Kou Z, Li Y, et al. UV C light from a Light-Emitting Diode at 275 Nanometers Shortens Wound Healing Time in Bacterium- and Fungus-Infected Skin in Mice. *Microbiol Spectr* 2022;10(6):e0342422.
23. Akter S, Roy PC, Ferdous A, Ibnat H, Alam ASMRU, Nigar S, et al. Prevalence and stability of SARS-CoV-2 RNA on Bangladeshi banknotes. *Sci Total Environ* 2021;779:146133.
24. Alwakeel SS, Nasser LA. Bacterial and fungal contamination of Saudi Arabian paper currency

- and cell phones. *Asian Journal of Biological Sciences* 2011;4(7):556-562.
25. Barolia SK, Verma S, Verma BK. Coliform contamination on different paper currency in Ajmer, Rajasthan, India. *Universal Journal of Environmental Research and Technology* 2011;1(4):552-556.
 26. Górny RL, Golofit-Szymczak M, Wójcik-Fatla A, Cyprowski M, Stobnicka-Kupiec A, Lawniczek-Walczuk A. Microbial contamination of money sorting facilities. *Ann Agric Environ Med* 2021;28(1):61-71.
 27. Angelakis E, Bibi EAF, Yasir M, Al-Ghamdi AK, Ashshi AM, Elshemi AG, Raoult D. Paper money and coins as potential vectors of transmissible disease. *Future Microbiol* 2014;9(2):249-61.