

CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO DE RADIAÇÃO UV-C NA DESINFECÇÃO COMPLEMENTAR DE AMBIENTES DE SAÚDE

KÁTIA CRISTIANE HALL¹; EVERTON GRANEMANN SOUZA²; MÁRIO LÚCIO MOREIRA³; CARLA LUCÍA DAVID PENA⁴; RAFAEL GUERRA LUND⁵; EVANDRO PIVA⁶

¹Universidade Federal de Pelotas – katiachall11@gmail.com

²Universidade Católica de Pelotas – everton.granemann@ucpel.edu.br

³Universidade Federal de Pelotas – mlucio3001@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – cldp58@gmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – rafael.lund@gmail.com

⁶Universidade Federal de Pelotas – evpiva@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o uso da radiação ultravioleta tipo C (UV-C) tem se destacado no combate a microrganismos multirresistentes em ambientes hospitalares e ambulatoriais. A radiação UV-C, caracterizada pela emissão de luz não visível com alta energia de penetração, entre comprimentos de onda de 100 a 280 nm, age inativando microrganismos ao causar danos ao material genético e estruturas biológicas de bactérias, fungos e vírus.

Infecções hospitalares (HAIs) são responsáveis por cerca de 7% de todas as infecções em países desenvolvidos e 10% em países em desenvolvimento, afetando aproximadamente 15% dos pacientes hospitalizados. Estas infecções estão associadas a um aumento do tempo de internação, incapacidades significativas e uma carga econômica expressiva. Esses microrganismos podem sobreviver por longos períodos no ambiente hospitalar, o que torna a desinfecção ambiental uma parte crucial dos programas de prevenção de infecções (Sun et al., 2023).

A eficiência da desinfecção por UV-C depende de vários parâmetros, como as características da fonte emissora, distância da superfície a ser irradiada e a presença de zonas de sombra. Esses fatores precisam ser cuidadosamente avaliados e otimizados para garantir a eficácia da irradiação. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo caracterizar o espectro de emissão e a intensidade de emissão UV-C de um equipamento desenvolvido para aplicação complementar (tecnologia no-touch) em ambientes de saúde e avaliar sua eficácia na redução de bactérias multirresistentes em um consultório odontológico.

2. METODOLOGIA

2.1 Especificações Técnicas do Equipamento de Desinfecção: O sistema de desinfecção utilizado foi composto por lâmpadas germicidas UV-C, modelo SCT T8 30GER, com potência nominal de 30 W por lâmpada desenvolvido para uso em ambientes de saúde.

2.2 Determinação do Espectro de Emissão: A caracterização do espectro de emissão da torre com quatro lâmpadas UV-C foi realizada com um espectrômetro UV/Vis Flex+ (Sarspec). A medição foi feita a 25 cm de distância da fonte, utilizando uma fibra óptica de 200 micrômetros de diâmetro, com foco na faixa UV-C (200-280 nm), responsável pela ação germicida. Os principais parâmetros de caracterização foram obtidos com base na ISO 15727:2020.

2.3 Estudo da Relação Dose-Distância e tempo: A relação entre a dose de radiação UV-C e a distância foi determinada com um espectrorradiômetro Lisun (LMS-6000UV), com medições realizadas a 25 cm, 50 cm, 75 cm, 100 cm e 200 cm, mantendo 1 minuto de exposição para cada distância.

2.4 Seleção das Superfícies Avaliadas: Foram avaliadas sete superfícies comumente encontradas em consultórios odontológicos, variando entre materiais porosos e não porosos; Ponto 1: Mesa do canto (laminado de madeira); Ponto 2: Prateleira superior (aço inoxidável); Ponto 3: Prateleira inferior (aço inoxidável); Ponto 4: Mesa auxiliar (aço inoxidável); Ponto 5: Assento da cadeira odontológica (vinil); Ponto 6: Braço da cadeira odontológica (vinil); Ponto 7: Mesa do fundo (laminado de madeira).

2.5 Coleta das Amostras e Cultivo de Microrganismos: Coleta das Amostras e Cultivo de Microrganismos: A coleta bacteriana foi realizada antes e depois da exposição à radiação UV-C. Swabs estéreis foram usados para coletar amostras que foram inoculadas em Ágar Manitol (MSA), específico para identificar *Staphylococcus aureus*. As amostras foram incubadas a 37°C por 48 horas e as unidades formadoras de colônias (UFCs) foram comparadas antes e após a irradiação para avaliar a eficácia da desinfecção.

2.6 Distribuição dos Dosímetros e Monitoramento da Radiação: Os dosímetros foram distribuídos nos mesmos sete pontos de coleta de amostras, além de pontos adicionais ao longo do ambiente, como paredes e teto. Isso permitiu monitorar a uniformidade e a precisão da radiação UV-C em todo o consultório odontológico, avaliando a dose de radiação que chega em cada local do consultório.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nos testes com radiação UV-C indicam que a eficácia germicida se concentra predominantemente no comprimento de onda de 254 nm, conforme identificado pelo software *Light Scan*. Este valor, que representa o pico de maior amplitude, é amplamente reconhecido na literatura como o mais eficiente para a inativação de microrganismos (Figura 1). Em contrapartida, outros comprimentos de onda, situados na faixa UV-B, apresentaram ação germicida praticamente nula. Adicionalmente, foram detectadas emissões no espectro de luz visível, as quais não possuem relevância significativa em termos de atividade germicida.

No teste que avaliou a dose de radiação UV-C em função da distância, observou-se uma redução exponencial na dose à medida que a distância da fonte de luz aumentava, comportamento previsto pela Lei do Inverso do Quadrado da Distância (Figura 2). A uma distância de 20 cm da fonte, a dose registrada foi de 70 mJ/cm², diminuindo drasticamente para menos de 10 mJ/cm² a 200 cm, o que ressalta a importância da proximidade da fonte para garantir a eficácia germicida. Ademais, o tempo necessário para uma desinfecção eficaz aumentou exponencialmente com a distância, passando de 43 segundos a 20 cm para mais de 41 minutos a 200 cm.

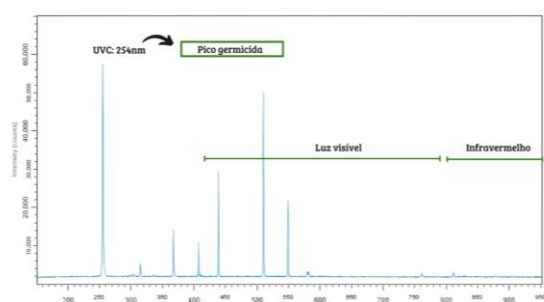


Figura 1- Pico dos comprimentos de onda predominantes emitidos pelas lâmpadas UV-C da torre de desinfecção.

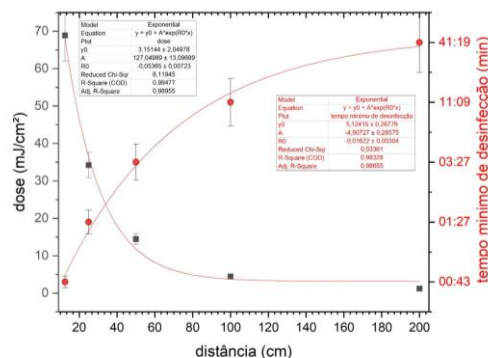


Figura 2 -Dose x distância e o tempo necessário para chegar a dose de 50 mJ/cm² (dose identificada como letal para bactérias multirresistentes patogênicas).

Nos testes que simulam um ambiente clínico, a radiação UV-C demonstrou elevada eficácia na redução da carga microbiana em superfícies, resultando em uma diminuição expressiva no número de Unidades Formadoras de Colônias (UFC) em todos os pontos avaliados (Figura 3). Embora tenham sido observadas variações iniciais nas contagens de colônias entre os diferentes locais, a aplicação da radiação UV-C promoveu uma redução consistente, confirmando sua robustez como método de desinfecção.

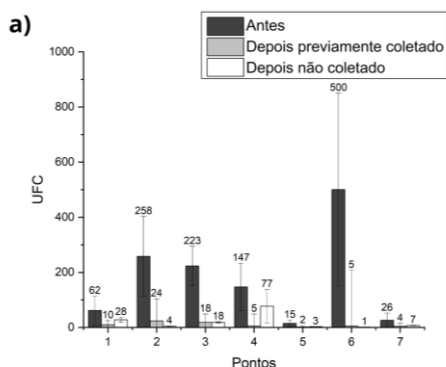


Figura 3 - Unidades formadoras de colônias antes e após a ativação da lâmpada UV-C.

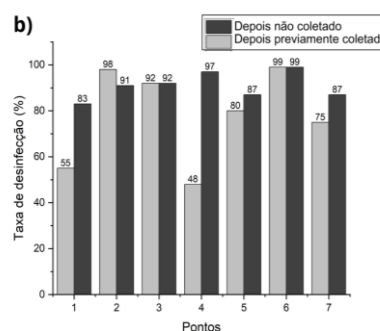


Figura 4 - Comparação da taxa de redução dos pontos após acionamento da luz UV-C.

As taxas de desinfecção alcançaram níveis superiores a 90% na maioria dos pontos analisados (Figura 4), independentemente das condições de coleta, reforçando a eficácia desse método para controle de contaminações em ambientes clínicos. Esses resultados corroboram com a literatura, que destaca a capacidade da radiação UV-C de superar flutuações microbiológicas e garantir a desinfecção, mesmo em superfícies com diferentes níveis de contaminação inicial (Kowalski, 2009; Nerandzic et al., 2015). Além disso, os testes de comparação das unidades formadoras de colônias (UFCs) entre os lados expostos e não expostos à radiação UV-C não revelaram diferença significativa, corroborando a eficácia da desinfecção em ambos os lados das superfícies analisadas.

Os resultados obtidos nas superfícies horizontais demonstraram uma eficácia significativa da radiação UV-C na desinfecção. Pontos como o Ponto 2, Ponto 3, Ponto 4 e Ponto 5 registraram doses de radiação em torno de 27 mJ/cm², indicando uma exposição direta e homogênea à radiação germicida. Esse nível elevado de irradiação reflete a proximidade da fonte de luz e um posicionamento estratégico dos dosímetros, assegurando uma avaliação precisa do processo. Esses achados confirmam que as superfícies horizontais são desinfetadas de maneira eficaz quando há uma exposição adequada à radiação UV-C, conforme também observado em estudos prévios (Rutala et al., 2018).

As superfícies verticais, como as paredes e o teto, apresentaram variações consideráveis nas doses de radiação UV-C recebidas. Áreas mais próximas à fonte de radiação exibiram doses mais altas, em torno de 27 mJ/cm², sugerindo uma exposição eficaz e consistente. Entretanto, à medida que a distância da fonte aumentava, como em zonas mais distantes ou em regiões de sombra, as doses caíram significativamente, variando entre 8,5 mJ/cm² e 12 mJ/cm². Esses resultados indicam que a eficácia da desinfecção é diretamente proporcional à proximidade da fonte de radiação. Esse comportamento já foi discutido em estudos anteriores, como os de Rutala et al. (2018) e Narita et al. (2020), que enfatizam o impacto da geometria do ambiente na distribuição da radiação, limitando sua ação em áreas afastadas ou obstruídas.

4. CONCLUSÕES

A torre de desinfecção UV-C desenvolvida, quando utilizada dentro dos parâmetros corretos de tempo e distância da superfície alvo, mostrou-se um recurso eficaz para a desinfecção de ambientes odontológicos. Esse aspecto torna a UV-C uma alternativa potencialmente viável *no-touch* podendo ser aplicada em complemento a medidas de limpeza e desinfecção convencionais com produtos químicos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- KOWALSKI, W. J. Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook: UVGI for Air and Surface Disinfection. New York: Springer, 2009.
- MA, B.; GANG, W.; YI, Z. Study on UV-C irradiation for surface disinfection in dental settings: effectiveness and safety concerns. **Journal of Clinical Microbiology**, v. 59, n. 4, p. 1-12, 2021.
- NARITA, T.; TANAKA, H.; WATANABE, S. Impact of UV-C disinfection in healthcare settings: analysis of efficacy and limitations. **Infection Control & Hospital Epidemiology**, v. 41, n. 6, p. 681-687, 2020.
- NERANDZIC, M. M.; CADNUM, J. L.; JIBRIL, N. Evaluation of a UV-C room decontamination device for reduction of healthcare-associated pathogens in hospital rooms. **Journal of Hospital Infection**, v. 89, n. 3, p. 203-207, 2015.
- RUTALA, W. A.; WEBER, D. J.; KOWALSKI, W. J. Disinfection of hospital rooms using a mobile UV-C light unit. **American Journal of Infection Control**, v. 46, n. 1, p. 15-19, 2018.
- International Organization for Standardization**. (2020). UV-C devices — Measurement of the output of a UV-C lamp (ISO 15727:2020). ISO.