



São Carlos, 29 de outubro de 2020.

Laudo de Estudos Técnicos e Eficácia

Produto testado

Aparelho de desinfecção de ambientes por UVC – Empresa Triunfo

Caracterização espectral de emissão das lâmpadas

O aparelho avaliado é composto por 12 lâmpadas da marca OSRAM Germicidal (Puritec HNS 4P SE RG3 36W). O espectro de emissão das lâmpadas foi medido com o espectrômetro USB 2000 da Ocean Optics e apresentou emissão característica de lâmpadas de vapor de mercúrio, com várias linhas espectrais de emissão, em especial, a linha de emissão em 254 nm, o que indica sua adequação para o propósito de desinfecção das superfícies e aerossol por ela irradiadas.

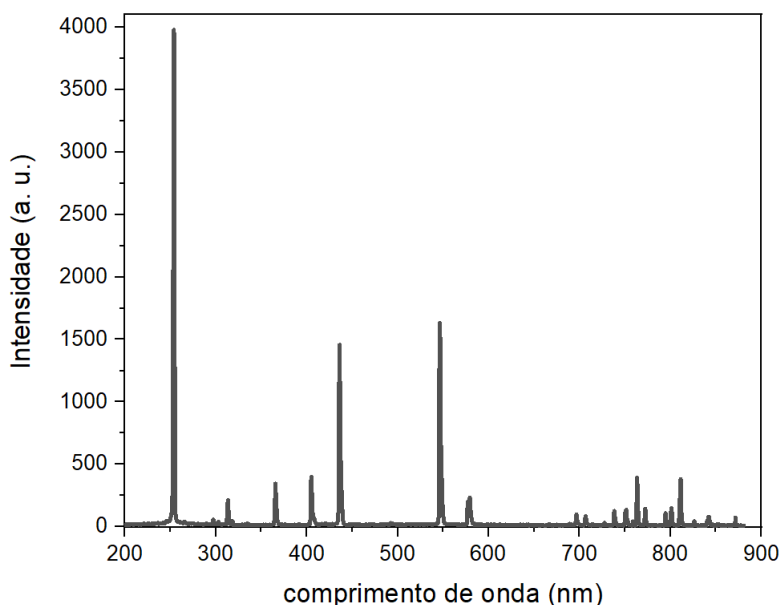


Figura 1. Espectro de emissão das lâmpadas OSRAM Germicidal (Puritec HNS 4P SE RG3 36W).

Medidas de irradiância

A caracterização e medidas da distribuição de irradiância ao redor do aparelho foram realizadas com o medidor VHD-2302.0 da marca Delta Ohm (Itália). Durante os primeiros 10 minutos de funcionamento do aparelho, após a ativação pelo controle remoto, a irradiância apresentou variação da ordem de $\pm 10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ em diferentes distâncias. Após esse tempo, a emissão se tornou mais estável, com variação da ordem de $\pm 2 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ e, por isso, todas as medidas foram realizadas após 10 minutos de funcionamento da lâmpada.



As medidas de irradiância foram realizadas com detector posicionado horizontalmente para simular as condições de irradiação das superfícies em condições reais pretendidas com o aparelho, e verticalmente para efeito de comparação e para avaliação do efeito em paredes. Essa diferenciação se faz necessária, pois a projeção da luz irradiada pelas lâmpadas é modificada de acordo com o ângulo de incidência. Todas as medidas foram realizadas em direção radial a partir do eixo central/vertical do aparelho, com distâncias de 0,5 m entre as posições avaliadas, sendo observados pontos entre 0,5 e 3 m do aparelho.

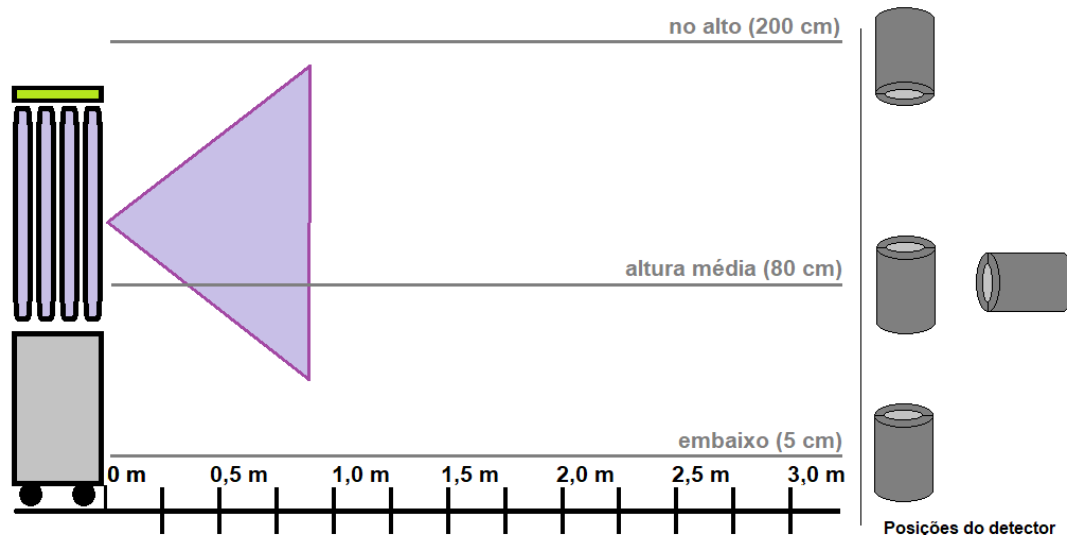


Figura 2. Esquema de posicionamento das medidas radialmente ao eixo central do aparelho de desinfecção de ambientes. À direita, as posições do detector, para medidas horizontais e para a vertical.

Os valores das medidas de irradiância são apresentados na Tabela 1. Como esperado, a variação da irradiância decai de forma acentuada com o aumento da distância e de acordo com o ângulo de incidência da luz sobre o detector. No caso de todas as medidas, os valores de irradiância chegam à escala de dezenas e mesmo unidades de microwatt a uma distância pouco além de 1 m da lâmpada, exceto pela aferição com o sensor na vertical, que detecta a luz que incide diretamente, ou seja, perpendicularmente, sobre uma superfície vertical, como a parede.

Tabela 1. Dados de irradiância (em $\mu\text{W}/\text{cm}^2$) obtidos nas diferentes posições de avaliação.

Distância (m)	Médio (vertical) 80 cm	Médio (horizontal) 80 cm	Baixo (horizontal) 5 cm	Alto (horizontal) 200 cm
0,5	1192	70	122,5	93,4
1	622,6	16	30,2	22,2
1,5	396	6,85	11,3	10
2	265	3,85	6,4	5,5
2,5	188	2,52	3,72	3,3
3	140	1,83	2,63	2,1

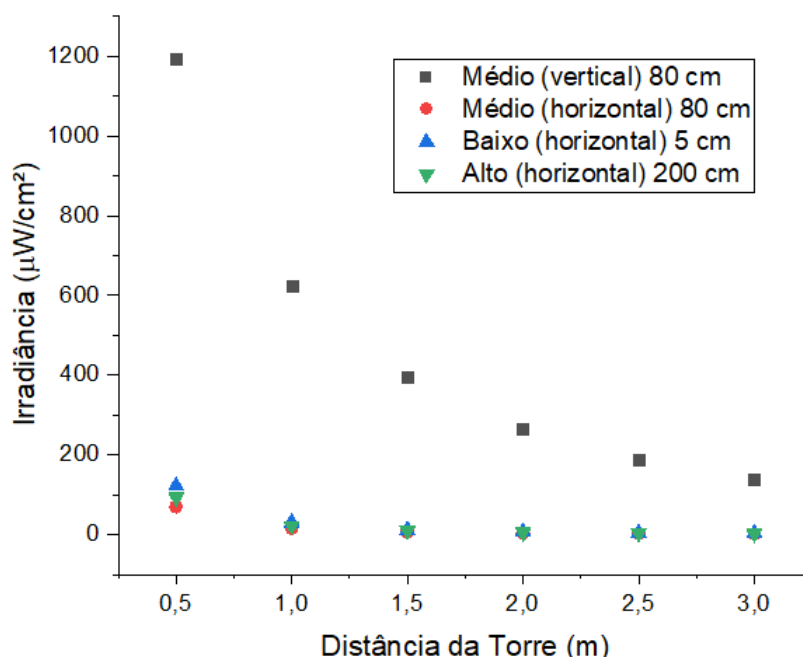


Figura 3. Dados de irradiância como função da distância do aparelho de desinfecção de ambientes para as diferentes posições de medida (referente à Tabela 1).

Medidas de geração de ozônio

Para garantir que as lâmpadas instaladas no aparelho não gerem ozônio em níveis que representem toxicidade para os transeuntes dos ambientes irradiados, medidas foram realizadas com o detector de ozônio - OZONE Detector by FORENSICS | Professional | Dust & Explosion Proof | USB Recharge | USA NIST Calibration | Sound, Light and Vibration Alarms | 0-20ppm O³ (FORENSICS DETECTORS FD). Para a realização das medidas, o aparelho permaneceu ligado por 4 horas em um ambiente fechado (volume aproximado 27 m³) com o detector de ozônio posicionado ao seu lado, monitorando continuamente a produção de ozônio. A sala permaneceu fechada por 4 horas de forma a avaliar o aumento da concentração de ozônio produzido durante o período avaliado. Após as 4 horas de funcionamento ininterrupto do aparelho, **não** foram identificadas evidências de produção de ozônio dentro dos parâmetros mínimos de detecção do detector utilizado, indicando a segurança do aparelho referente ao funcionamento ininterrupto durante o período avaliado.

Ensaio de inativação microbiana

Para avaliar o potencial de desinfecção do aparelho, os ensaios foram realizados com duas cepas de bactérias (*Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*) e uma cepa de fungo (*Candida albicans*). As amostras foram posicionadas a 0,5 m do aparelho e a 5 cm de altura do chão. Nesta posição, a irradiância observada foi de **122,5 μW/cm²**. A fluência (dose de luz) mínima considerada, utilizada como referência para desinfecção dos referidos microrganismos, foi de **100 mJ/cm²**. Com base na irradiância obtida nessa posição, para atingir a fluência de 100 mJ/cm², o tempo necessário de irradiação foi de **817 segundos**, ou aproximadamente **13,6 min**.

Os tempos mínimos para atingir a fluência de 100 mJ/cm² para cada distância aferida, nas condições descritas, estão apresentados na Tabela 2. Esses tempos mostram como a distância da fonte de luz



afeta de forma determinante o tempo de entrega da energia mínima para atingir a desinfecção pretendida pela luz UVC para um dado dispositivo.

Tabela 2. Tempos mínimos para atingir a fluência de 100 mJ/cm^2 nos pontos medidos, nas posições avaliadas.

Distância (m)	Médio (vertical) 80 cm	Médio (horizontal) 80 cm	Baixo (horizontal) 5 cm	Alto (horizontal) 200 cm
0,5	1 min 24 s	23 min 49 s	13 min 36 s	17 min 51 s
1	2 min 41 s	1 h 45 min	55 min 12 s	1 h 16 min
1,5	4 min 13 s	4 h 4 min	2 h 28 min	2 h 47 min
2	6 min 18 s	7 h 13 min	4 h 21 min	5 h 3 min
2,5	8 min 52 s	11 h 2 min	7 h 28 min	8 h 25 min
3	11 min 54 s	15 h 11 min	10 h 34 min	13h 14 min

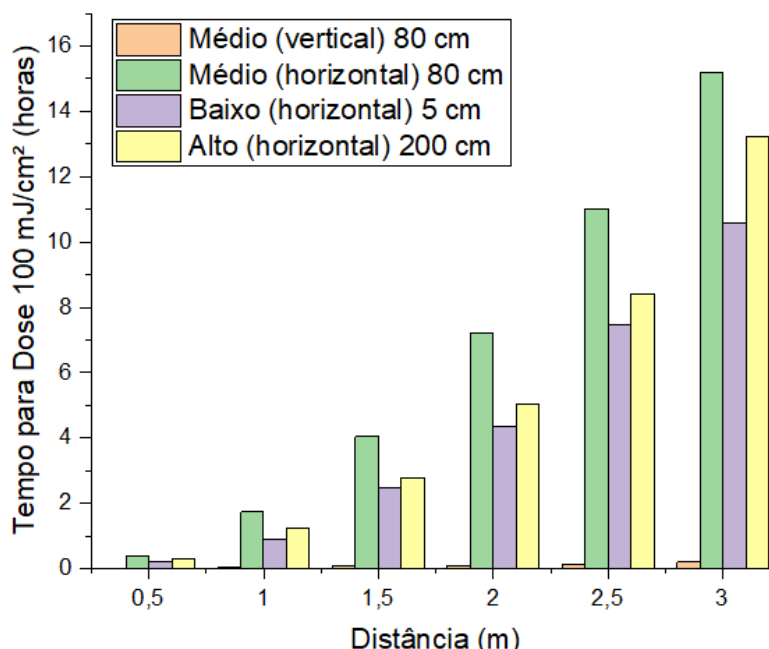


Figura 4. Tempos mínimos para atingir a fluência de 100 mJ/cm^2 em função das irradiâncias obtidas para as distâncias do aparelho de desinfecção de ambientes nas diferentes posições de medida (referente à Tabela 2).

É importante mencionar que o efeito germicida obtido dependerá essencialmente da distância entre a superfície irradiada e o aparelho. O tempo de 13 minutos e 36 segundos usado para promover os efeitos observados nos ensaios de inativação microbiana só garante a fluência de 100 mJ/cm^2 na posição avaliada.

Os ensaios foram realizados em microrganismos diferentes e em superfícies diferentes. As bactérias e o fungo avaliados foram utilizados na concentração 10^7 unidades formadoras de colônia por mililitro (UFC/mL). O aparelho foi posicionado em uma sala isolada, devidamente preparada para os ensaios. Três superfícies diferentes foram avaliadas: superfície do meio de cultura distribuído na placa de Petri, superfície de plástico, e superfície de papel pardo. Para a avaliação da superfície do meio de cultura, os microrganismos foram distribuídos nas placas de Petri. Após a secagem, o ensaio foi



iniciado, colocando-se as placas a uma distância de 0,5 m do aparelho de desinfecção, para a irradiação por 13 minutos e 36 segundos, correspondente à fluência de 100 mJ/cm². Para a avaliação da superfície de plástico e da superfície de papel pardo, as amostras foram cortadas no tamanho 1 cm x 1 cm para serem contaminadas com os microrganismos. A contaminação foi realizada com o auxílio de swab esterilizado, que foi embebido no inóculo e, logo em seguida, passado na superfície do plástico e do papel pardo. Imediatamente após a contaminação, as amostras foram transferidas para uma placa de Petri, para serem irradiadas nas mesmas condições descritas. Para avaliação dos grupos controle, as amostras não foram expostas à luz UVC. Todas as placas foram incubadas a 37 °C e, após 24 horas, a contagem das UFC/mL foi realizada. Os resultados são mostrados na tabela abaixo.

Tabela 3. Valores em Log UFC/mL de *S. aureus*, *E. coli* e *C. albicans* recuperados das superfícies da placa de Petri, plástico e papel pardo, nas condições controle e UVC.

	Placa de Petri		
	Controle	UVC	Redução
<i>S. aureus</i>	6,7 ± 0,1	1,5 ± 1,3	5,2 ± 1,4
<i>E. coli</i>	7,7 ± 0,2	2,1 ± 0,5	5,6 ± 0,7
<i>C. albicans</i>	6,6 ± 0,1	2,1 ± 0,5	4,5 ± 0,6

	Papel pardo		
	Controle	UVC	Redução
<i>S. aureus</i>	4,1 ± 0,1	1,9 ± 1,7	2,2 ± 1,8
<i>E. coli</i>	5,3 ± 0,1	4,6 ± 0,2	0,7 ± 0,3
<i>C. albicans</i>	6,0 ± 0,1	3,7 ± 0,1	2,3 ± 0,2

	Plástico		
	Controle	UVC	Redução
<i>S. aureus</i>	3,9 ± 0,1	0	3,9 ± 0,1
<i>E. coli</i>	5,1 ± 0,1	0,7 ± 1,2	4,4 ± 1,3
<i>C. albicans</i>	5,2 ± 0,1	0,6 ± 1,0	4,6 ± 1,1

Para todos os microrganismos avaliados observou-se melhores reduções nas superfícies lisas do meio de cultura e do plástico. Esse resultado era esperado uma vez que a distribuição da luz nesse tipo de superfície ocorre de maneira mais homogênea. Além disso, o papel apresenta certa porosidade, que facilita a entrada e permanência dos microrganismos em seu interior, dificultando por outro lado a ação da luz UVC nessa superfície.

Conclusões

O aparelho foi eficaz na destruição dos microrganismos estudados, e eliminou até **99,999%** de bactérias e **99,99%** de fungo, na posição avaliada. Com relação à efetividade virucida, não foram realizados ensaios específicos com vírus. Entretanto, o aparelho *é capaz de realizar a inativação de vírus*, desde que permaneça ligado operando por um determinado tempo (necessário para a inativação viral de um ambiente), que pode ser calculado seguindo os valores de fluência disponíveis na literatura científica. Lembrando que é sempre importante considerar a condição em que o vírus se encontra. Por exemplo, para a inativação do vírus SARS-CoV-2 no ar, na forma de aerossol, é necessária uma fluência de aproximadamente 100 mW/cm², segundo a literatura científica. Para



**IFSC UNIVERSIDADE
DE SÃO PAULO**
Instituto de Física de São Carlos

Av. Trabalhador são-carlense, 400 / 13566-590
Caixa Postal 369 / 13560-970
São Carlos - SP, Brasil
Fone: +55 16 3373-9823
www.ifsc.usp.br - <http://cepof.ifsc.usp.br/>

conseguir essa fluência utilizando esse aparelho a uma distância de 1 metro e a 80 cm do chão, é preciso um tempo de 3 minutos. Para outras distancias e posições verifique tabela 2.

Dra. Thaila Quatrini Corrêa
Bióloga
Mestre e Doutora em Biotecnologia
IFSC/USP

Dr. José Dirceu Vollet Filho
Físico
Mestre e Doutor em Física
IFSC/USP

Prof. Dr. Sebastião Prata Vieira
Físico
Mestre e Doutor em Física
IFSC/USP