

## DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE ESTERILIZAÇÃO UTILIZANDO RADIAÇÃO UVC PARA APLICAÇÕES HOSPITALARES

*Kátia C. Rost Xavier<sup>1</sup>, Erik M. Marroni Schmidt<sup>1</sup>, Carlos José de Lima<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Universidade do Vale do Paraíba, Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo - FEAU  
Av. Shishima Hifumi, 2911 São José dos Campos/SP  
katiarost@gmail.com ; schmidt.erik@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade do Vale do Paraíba, Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento – IP&D  
Av. Shishima Hifumi, 2911 São José dos Campos/SP  
lima@univap.br

**Resumo:** Instrumentais termossensíveis são tradicionalmente esterilizados através de métodos químicos, que são razoavelmente caros e comumente não reaproveitáveis. Para uma esterilização mais eficaz e barata, foi desenvolvido um sistema utilizando radiação UVC (com pico em 253,7nm), que bloqueia o ciclo reprodutivo de microorganismos por meio de danos fotoquímicos causados ao DNA de suas células ativas quando irradiadas. A dosimetria empregada garante a eliminação de grupos significativos de bactérias, contudo melhorias são necessárias no sistema para abranger mais agentes patógenos e melhorar sua eficiência óptica.

**Palavras-Chave:** Esterilização, Radiação Ultravioleta  
**Área do Conhecimento:** Engenharia Biomédica

### Introdução

Possari e Almeida (2001) definiram esterilização como processo pelo qual os microorganismos vivos são removidos ou mortos a tal ponto que não seja mais possível detectá-los no meio de cultura padrão no qual previamente haviam proliferado, para um aceitável nível de segurança, reduzindo, assim, o potencial de transmissão de doenças para os profissionais e pacientes.

Os agentes empregados nesse controle são físicos, químicos e físico-químicos, e a escolha do agente esterilizador depende do resultado que se deseja e do material ou local em que o processo vai ser aplicado. (PRADO, M. E. M, SANTOS, S. S. F: 2002)

Atualmente, instrumentais termossensíveis normalmente são esterilizados através de métodos físicos como raio gama, peróxido de hidrogênio e ácido peracético, os quais podem apresentar um custo considerável, e os esterilizadores líquidos não podem ser reutilizados.

A radiação do sol inclui em sua radiação ondas de rádio, infravermelho, luz visível, raios-x, raios gama, raios cósmicos e radiação ultravioleta. A luz ultravioleta faz parte do espectro eletromagnético não visível, com comprimentos de onda entre 100 e 400nm. É semelhante à luz visível, e abrange as faixas: UVA, UVB e UVC. A faixa UVC (100 a 280nm, com pico em 253,7nm) é usada para desinfecção de ar, água ou superfícies e esterilização de certos materiais. Porém a camada de ozônio da Terra filtra cerca de 100% da

radiação UVC, assim só podem ser utilizadas através de lâmpadas especiais.

Lâmpadas germicidas são lâmpadas ultravioletas de baixa pressão e de ondas curtas, projetadas para um alto rendimento de raios UV de 253,7nm. Esta onda tem habilidade de destruir microorganismos como vírus, bactérias, fungos, levedos e mofos além de algas e protozoários. (SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS, 2007).

Assim, este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um sistema de esterilização utilizando radiação UVC para aplicações hospitalares.

### Materiais e Métodos

Para a montagem do sistema foram utilizados os materiais descritos na Tabela 1.

Para a montagem do sistema, um tubo de PVC de 6 polegadas com 50cm de comprimento foi revestido internamente com uma chapa refletora de alumínio, a fim de permitir a reflexão da radiação ultravioleta por todo o volume interno do tubo. Com o propósito de evitar o contato entre o material a ser esterilizado e a lâmpada (UVC) foi fixado uma chapa de vidro na linha medial do tubo. Para o fechamento do sistema, foram utilizadas 2 (duas) tampas usinadas em PVC e recobertas internamente com a chapa refletora metálica. Na parte externa de cada tampa foi adicionado um puxador em acrílico com 7 cm de comprimento, para facilitar a abertura do sistema. Depois de pronto, o sistema foi pintado de branco para um melhor acabamento.

Tabela 1 – Materiais Utilizados

| Quantidade | Material                       |
|------------|--------------------------------|
| 1          | Tubo de PVC (50 cm)            |
| 1          | Chapa metálica                 |
| 1          | Lâmpada germicida 15W          |
| 2          | Soquete                        |
| 2          | Tampa em PVC                   |
| 4          | Suporte em PVC para o vidro    |
| 2          | Alça em acrílico               |
| 1          | Reator 220V                    |
| 1          | Vidro 14,3 x 44,7cm            |
| 1          | Suporte em madeira para o tubo |

Para que o tubo permanecesse fixo sobre a superfície pretendida, foi confeccionado um suporte em madeira.

## Resultados

O sistema de esterilização utilizando radiação UVC para aplicações hospitalares é apresentado na Figura 1.



Figura 1 - Sistema esterilizador finalizado

A Figura 2 apresenta a imagem interna do sistema de esterilização com a lâmpada (UVC) ativa. Observa-se a reflexão da luz por todo o volume interno do cilindro em função da presença da chapa refletora de alumínio que reveste o tubo e parte interna das tampas. Observa-se, também, a presença da chapa de vidro impedindo que o material a ser esterilizado tenha contato com a fonte luminosa.

No sistema desenvolvido a dosagem da radiação ultravioleta se deu idealmente pela equação:

$$\frac{15W}{2\pi.r.h} = 6584 \mu W / cm^2$$



Figura 2 – Sistema esterilizador ativo

## Discussão

O efeito germicida da radiação UVC está relacionado com o bloqueio do ciclo reprodutivo de microorganismos por meio de danos fotoquímicos causados ao DNA de suas células ativas quando irradiadas. Há a formação de dímeros da pirimidina que inibe a função reprodutora das células, inativando-as. (SILVA, A.B.; SILVA, M.A.C.; PALHA, M.A.F.; SARMENTO, S.M, 2007).

Silva, C.A.S. *et al.* (2003) testaram a eficiência da radiação UV na redução do número de células *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 e *Escherichia coli* K-12 aderidas ao filme de polietileno. *Staphylococcus aureus* foi menor resistente à radiação UV do que *E. coli*, bem como a eficiência aumentou com o aumento da concentração microbiana de suspensão. O número de aeróbios na superfície de filmes PEBD foi reduzido em 90% após a irradiação com 137  $\mu W.cm^{-2}$  por 2 segundos.

Aguiar, A.M.S. *et al.* (2002) avaliaram a desinfecção de águas com cor e turbidez moderadas, contaminadas com *Escherichia* e submetidas à exposição UV por tempos de contato de 1, 3 ou 5 minutos. Os ensaios realizados demonstraram que obteve-se inativação completa dos microorganismos nos ensaios com tempos de contato iguais a 3 e 5 min.

Apesar de ser comercialmente comum equipamentos utilizando UVC para esterilização de água, ar, alimentos, salas, entre outros, a literatura ainda é muito escassa, principalmente na aplicação sugerida neste trabalho (esterilização de materiais termossensíveis).

A inativação dos microorganismos por radiação UVC se dá pelas doses apresentadas nas Tabelas 2, 3, 4, 5, 6 e 7.

Tabela 2 – Dose de Inativação de Fungos por UVC

| <b>NOME</b><br><b>FUNGOS</b>  | <b>DOSE</b><br>$\mu\text{watt/s.cm}^2$ |
|-------------------------------|--|
| <i>Mucor ramosissimus</i>     | 35 200                                 |
| <i>Penicillium expansum</i>   | 22 000                                 |
| <i>Penicillium roqueforti</i> | 26 400                                 |
| <i>Stachybothys chartarum</i> | 25 000                                 |

Fonte: Manual Radiação Ultravioleta (UVC), Naturaltec. Disponível em: [http://www.tratamentoaguaefluentes.com.br/literaturapdfdownloads/Manual\\_Ultravioleta.pdf](http://www.tratamentoaguaefluentes.com.br/literaturapdfdownloads/Manual_Ultravioleta.pdf)

Tabela 3 – Dose de Inativação de Levedos por UVC

| <b>NOME</b><br><b>LEVEDOS</b> | <b>DOSE</b><br>$\mu\text{watt/s.cm}^2$ |
|-------------------------------|--|
| <i>Trichosporon</i>           | 8 800                                  |
| <i>Sacaromices spp.</i>       | 6 600                                  |

Fonte: Manual Radiação Ultravioleta (UVC), Naturaltec. Disponível em: [http://www.tratamentoaguaefluentes.com.br/literaturapdfdownloads/Manual\\_Ultravioleta.pdf](http://www.tratamentoaguaefluentes.com.br/literaturapdfdownloads/Manual_Ultravioleta.pdf)

Tabela 4 – Dose de Inativação de Vírus por UVC

| <b>NOME</b><br><b>VÍRUS</b> | <b>DOSE</b><br>$\mu\text{watt/s.cm}^2$ |
|-----------------------------|--|
| <i>Bacteriophage</i>        | 6 600                                  |
| <i>Hepatitis virus</i>      | 8 000                                  |
| <i>H5N1 virus</i>           | 3 400                                  |
| <i>Influenza Virus</i>      | 6 600                                  |
| <i>Polio virus</i>          | 21 000                                 |
| <i>Rota virus</i>           | 24 000                                 |

Fonte: NATURALTEC: Manual Radiação Ultravioleta (UVC). Disponível em: [http://www.tratamentoaguaefluentes.com.br/literaturapdfdownloads/Manual\\_Ultravioleta.pdf](http://www.tratamentoaguaefluentes.com.br/literaturapdfdownloads/Manual_Ultravioleta.pdf)

Tabela 5 – Dose de Inativação de Cistos por UVC

| <b>NOME</b><br><b>CISTOS</b> | <b>DOSE</b><br>$\mu\text{watt/s.cm}^2$ |
|------------------------------|--|
| <i>Giardia Lamblia</i>       | 5 000 - 10 000                         |
| <i>Chrytosporidium</i>       | 5 000 - 10 000                         |

Fonte: NATURALTEC: Manual Radiação Ultravioleta (UVC). Disponível em: [http://www.tratamentoaguaefluentes.com.br/literaturapdfdownloads/Manual\\_Ultravioleta.pdf](http://www.tratamentoaguaefluentes.com.br/literaturapdfdownloads/Manual_Ultravioleta.pdf)

Tabela 6 – Dose de Inativação de Bactérias por UVC

| <b>NOME</b><br><b>BACTERIA</b>      | <b>DOSE</b><br>$\mu\text{watt /s cm}^2$ |
|-------------------------------------|---|
| <i>Bacillus anthracis</i>           | 8 700                                   |
| <i>Bacillus anthracis (esporos)</i> | 40 000                                  |
| <i>Agrobacterium tumefaciens</i>    | 8 500                                   |
| <i>Bacillus megaterium</i>          | 5 200                                   |
| <i>Bacillus subtilis</i>            | 11 000                                  |
| <i>Clostridium tetani</i>           | 23 000                                  |
| <i>Corynebacterium diphtheria</i>   | 6 500                                   |
| <i>Escherichia coli</i>             | 7 000                                   |
| <i>Legionela bozemanii</i>          | 3 500                                   |
| <i>Legionela dumoffii</i>           | 5 500                                   |
| <i>Legionela gormanii</i>           | 4 900                                   |
| <i>Legionela micdadeii</i>          | 3 100                                   |
| <i>Legionela longbeachae</i>        | 2 900                                   |
| <i>Legionela pneumophila</i>        | 3 800                                   |
| <i>Legionela interrogans</i>        | 6 000                                   |
| <i>Mycobacterium tuberculosis</i>   | 10 000                                  |
| <i>Moraxella catarrhalis</i>        | 8 500                                   |
| <i>Proteus vulgaris</i>             | 6 600                                   |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i>       | 3 900                                   |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i>       | 10 500                                  |
| <i>Rhodospirillum rub run</i>       | 6 200                                   |
| <i>Salmonella enteritidis</i>       | 7 200                                   |
| <i>Salmonella paratyphi</i>         | 6 100                                   |
| <i>Salmonella typhimurium</i>       | 15 200                                  |
| <i>Salmonella typhose</i>           | 6 000                                   |
| <i>Sacina lutea</i>                 | 26 400                                  |
| <i>Serratia mascescent</i>          | 6 200                                   |
| <i>Shigella dysenteriae</i>         | 4 200                                   |
| <i>Shigella flexneri</i>            | 3 400                                   |
| <i>Shigella sonnei</i>              | 7 000                                   |
| <i>Staphylococcus opidermidis</i>   | 5 800                                   |
| <i>Staphylococcus aureus</i>        | 7 000                                   |
| <i>Enterococcus faecalis</i>        | 10 000                                  |
| <i>Streptococcus hemolyticus</i>    | 5 500                                   |
| <i>Streptococcus lactic</i>         | 8 000                                   |

Fonte: NATURALTEC: Manual Radiação Ultravioleta (UVC). Disponível em: [http://www.tratamentoaguaefluentes.com.br/literaturapdfdownloads/Manual\\_Ultravioleta.pdf](http://www.tratamentoaguaefluentes.com.br/literaturapdfdownloads/Manual_Ultravioleta.pdf)

Tabela 7 – Dose de Inativação de Algas por UVC

| NOME               | DOSE                     |
|--------------------|--------------------------|
| ALGAS              | $\mu\text{watt /s cm}^2$ |
| Chlorella vulgaris | 22 000                   |

Fonte: NATURALTEC: *Manual Radiação Ultravioleta (UVC)*. Disponível em: [http://www.tratamentoaguaefluentes.com.br/literaturaPDFdownloads/Manual\\_Ultravioleta.pdf](http://www.tratamentoaguaefluentes.com.br/literaturaPDFdownloads/Manual_Ultravioleta.pdf)

### Conclusão

O sistema de esterilização por UV foi facilmente montado com a utilização de peças adquiridas no comércio local por um baixo custo. Contudo o sistema precisa ser otimizado para garantir uma esterilização mais abrangente, para tanto é necessário o uso de uma fonte luminosa de 90W.

### Agradecimentos

Kátia C. Rost Xavier e Erik M. Marroni Schmidt agradecem a oficina mecânica (Sr. Celso e Sr. Laércio), a marcenaria (Sr. José Nilson) e o setor de pintura (Sr. Milton) da Universidade do Vale do Paraíba - Univap, pela colaboração e ajuda no desenvolvimento do projeto.

### Referências Bibliográficas

- AGUIAR, A.M.S. *et al.*: *Avaliação do emprego da radiação ultravioleta na desinfecção de águas com turbidez e cor moderadas*. Engenharia Sanitária e Ambiental, Vol. 7 - Nº 1 - jan/mar 2002 e Nº 2 - abr/jun 2002.

- NATURALTEC: *Manual Radiação Ultravioleta (UVC)*. Disponível em: [http://www.tratamentoaguaefluentes.com.br/literaturaPDFdownloads/Manual\\_Ultravioleta.pdf](http://www.tratamentoaguaefluentes.com.br/literaturaPDFdownloads/Manual_Ultravioleta.pdf) - Acesso em 01/06/08

- POSSARI, J.F.; ALMEIDA, E.C.: *Validação do processo de esterilização com vapor a baixa temperatura e formaldeído (VBTF)*. Revista SOBECC; 5(5): 16-19, Janeiro-Março, 2001.

- PRADO, M. E. M, SANTOS, S. S. F: *Avaliação das condições de esterilização de materiais odontológicos em consultórios na cidade de Taubaté*. Revista Biociência. Taubaté, v.8, nº1, pág.61-70, Janeiro-Junho 2002.

- SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS. Disponível em: <http://sbtrv1.ibict.br/upload/sbtr4988.pdf?PHPSES>

SID=07df666d65470518a2129e1dc47567c2 -  
Acesso em 10/05/08

- SILVA, A.B.; SILVA, M.A.C.; PALHA, M.A.F.; SARMENTO, S.M.: *Desinfecção de água por radiação UVC: energia radiante incidente na entrada ótica de um fotoreator anular*. Disponível em: [www.emc2007.iprj.uerj.br/down.php?fid=285](http://www.emc2007.iprj.uerj.br/down.php?fid=285) - Acesso em 05/06/08

- SILVA, C.A.S.; ANDRADE, N.J.; SOARES, N.F.F.; SUKARNO, O.F.: *Evaluation of ultraviolet radiation to control microorganisms adhering to low-density polyethylene films*. Brazilian Journal of Microbiology (2003) 34:175-178