

Universidade de São Paulo
Instituto de Física de São Carlos

XIV Semana Integrada do Instituto de
Física de São Carlos

Livro de Resumos da Pós-Graduação

São Carlos
2024

Ficha catalográfica elaborada pelo Serviço de Informação do IFSC

Semana Integrada do Instituto de Física de São Carlos
(13: 21-25 ago.: 2023: São Carlos, SP.)

Livro de resumos da XIII Semana Integrada do Instituto de Física de São Carlos – Universidade de São Paulo / Organizado por Adonai Hilário da Silva [et al.]. São Carlos: IFSC, 2023.
358p.

Texto em português.

1.Física. I. Silva, Adonai Hilário da, org. II. Título.

ISSN: 2965-7679

155

Avaliação das condições de nucleação acústica para a Terapia Sonodinâmica

CRUZ JUNIOR, Luismar Barbosa da¹; PRATAVIEIRA, Sebastião¹; CUMPALLI, Alejandra Ayulo¹; ANTUNES, Camila Aparecida¹

alejandraayulo@usp.br

¹Instituto de Física de São Carlos - USP;

A Terapia Sonodinâmica (TSD) é uma técnica não invasiva para tratar o câncer, combinando ultrassom com um sonossensibilizador. Essa combinação pode induzir efeitos que levam à morte tecidual, principalmente por nucleação acústica e cavitação. (1) A nucleação ocorre pela transformação de fase de líquido para vapor, formando bolhas, ou pela aglomeração de gases dissolvidos no tecido. Segundo Fletcher (1993), o primeiro processo é causado por um desequilíbrio termodinâmico em equilíbrio mecânico, enquanto o segundo é por um desequilíbrio mecânico em equilíbrio termodinâmico. Em ambos os casos, o processo continua até que o raio crítico, o tamanho mínimo necessário para o crescimento instável da bolha, seja alcançado. (2) Estudos mostram que determinados gases têm maior solubilidade na bicamada lipídica do que na água do citosol, favorecendo a nucleação. As bolhas podem se aglomerar até atingirem um tamanho que não se dissolve facilmente. (3) Apesar das evidências de nucleação na TSD, ainda não há um modelo teórico que avalie as condições de nucleação acústica. Foram analisados três modelos teóricos: um para aglomerado de bolhas, outro para a transição de fase da água no citosol, e um novo modelo que considera energia superficial, energias volumétricas, pressões acústicas e o raio inicial da bolha. Para o desenvolvimento dos modelos foram calculados os raios críticos, energias críticas e probabilidades dos núcleos críticos utilizando o software Python, aprofundando a compreensão das condições que influenciam a nucleação acústica na TSD. Os resultados dos modelos revelaram a energia crítica necessária para a formação de núcleos instáveis. No modelo de aglomerado de bolhas, a energia crítica média foi de $0,486 \times 10^{-20}$ J. No modelo de transição de fase da água no citosol, a energia foi estimada em $2,82 \times 10^{-14}$ J para 1 W/cm^2 e $0,20 \text{ MPa}$, sugerindo ajustes na tensão superficial e a inclusão do termo de supersaturação. No modelo proposto para a TSD, células cancerígenas necessitaram de $3,08 \times 10^{-20}$ J para nucleação, enquanto células saudáveis requereram $5,55 \times 10^{-20}$ J, evidenciando a maior facilidade das células cancerígenas em formar núcleos instáveis. A diferença entre células saudáveis e cancerígenas pode ser atribuída às diferenças no teor de colesterol e na fluidez das membranas celulares. O colesterol nas células saudáveis regula a fluidez, conferindo rigidez e impedindo novos aglomerados de bolhas. Portanto, as diferenças na concentração de colesterol e na fluidez da membrana celular contribuem para a maior facilidade de nucleação observada nas células cancerígenas. Esses resultados concordam com estudos que relatam que células cancerosas são mais sensíveis a estímulos físicos, como ondas acústicas, do que células saudáveis, apoiando a resposta preferencial das células cancerosas ao tratamento com TSD.

Palavras-chave: Terapia Sonodinâmica; Nucleação; Bicamadas fosfolipídicas.

Agência de fomento: CNPq (131896/2023-7)

Referências:

- 1 FOGLIETTA, F. *et al.* Sonodynamic treatment induces selective killing of cancer cells in an in vitro co-culture model. **Cancer**, v. 13, n. 15, p. 3852, 2021.
- 2 FLETCHER, N. H. Van der Waals' equation and nucleation theory. **European Journal of Physics**, v. 14, p. 29-35, 1993.
- 3 WRENN, S. P.; SMALL, E.; DAN, N. Bubble nucleation in lipid bilayers: a mechanism for low frequency ultrasound disruption. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1828, n. 4, p. 1192-1197, 2013.