



# Ultrassom em biomedicina

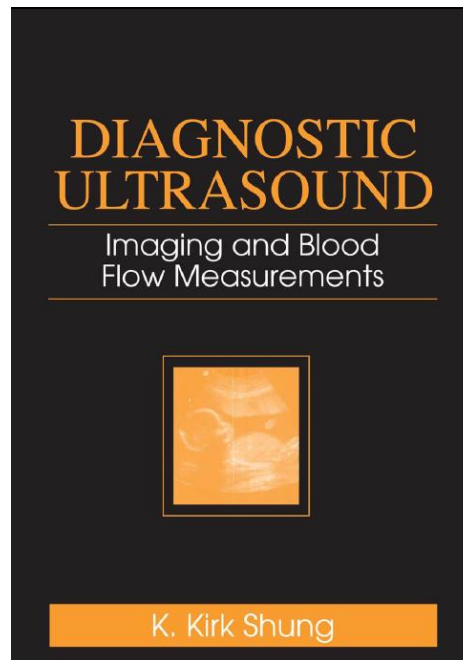
---

## Efeitos Biológicos do Ultrassom

**Adilton Carneiro**

**Universidade de São Paulo, FFCLRP, Departamento de Física**

🌀 K. Kirk Shung, Diagnostic Ultrasound: Imaging and Blood Flow Measurements, 2006. Cap. 10.



Para melhor examinar os efeitos biológicos induzidos pelo US vamos examinar seu uso médico em 5 categorias:


- Diagnóstico por imagem
- Terapia
- Hipertermia
- Litotripsia
- Cirurgia

# Intensidades típica de ultrassom diagnóstico


**TABLE 10.1**  
**Typical Acoustic Outputs of Diagnostic Ultrasonic Instruments**

Operating Mode	Peak Pressure (MPa)	$I_{SPTA}$ (mW/cm <sup>2</sup> )	$I_{SPPA}$ (W/cm <sup>2</sup> )	Power (mW)
B-mode	1.68	18.7	174	18
M-mode	1.68	73	174	3.9
Pulsed Doppler	2.48	1140	288	30.7
Color flow	2.59	234	325	80.5

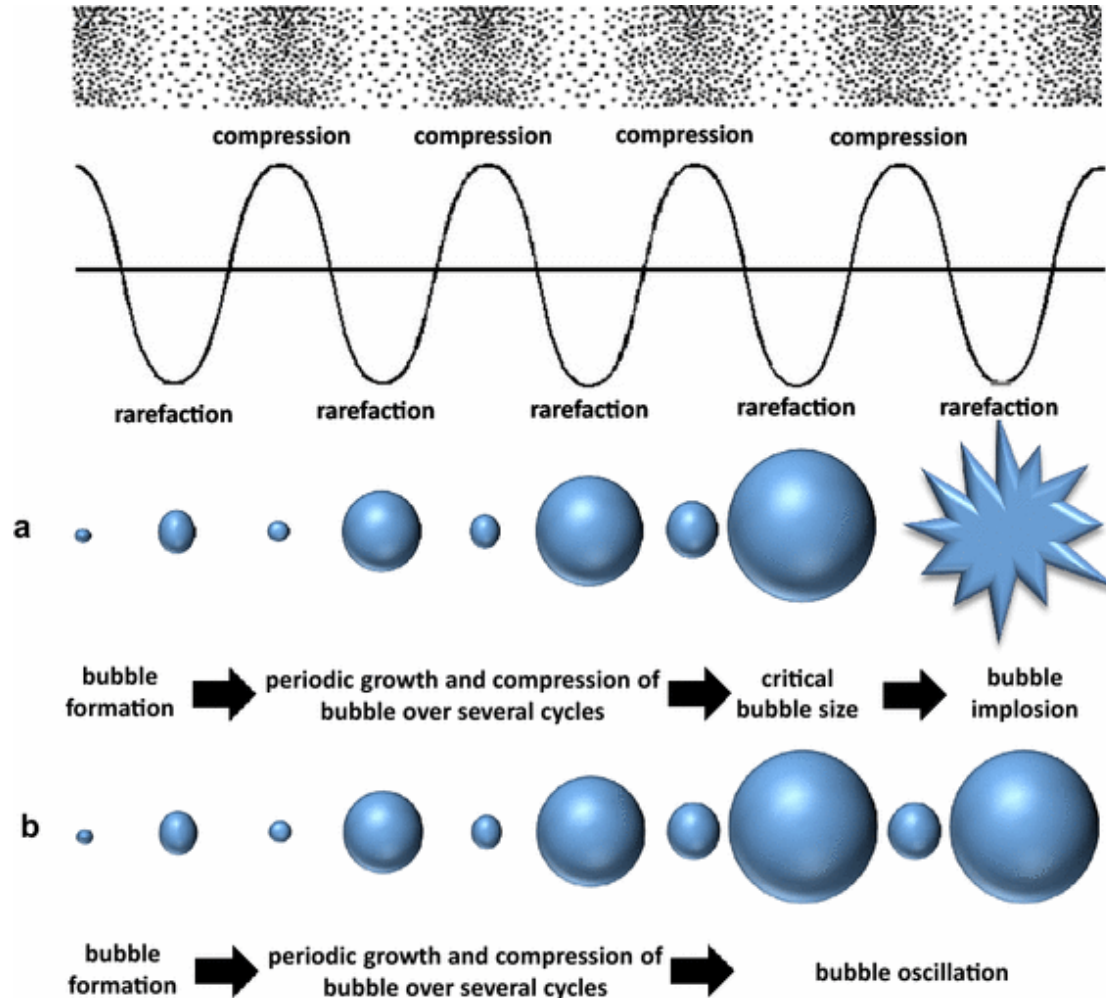
# Aquecimento por US

 A pressão interna da bolha pode se tornar muito alta, até 80.000 ATM, com uma temperatura próxima de 10.000K. Essa alta temperatura pode causar decomposição da água em componentes ácidos quimicamente ativos, causando sérios efeitos biológicos. Um fenômeno chamado sonoluminescência, no qual são gerados flashes de luz com duração inferior a alguns picossegundos, pode acompanhar o colapso das bolhas (Leighton, 1994).

# Cavitação

 A cavitação transitória descreve o fenômeno no qual as microbolhas crescem e colapsam repentinamente em um meio líquido. O processo físico pode ser descrito da seguinte forma: as bolhas em um meio são bastante expandidas quando a pressão diminui rapidamente. A pressão aumenta meio ciclo mais tarde, fazendo com que as bolhas entrem em colapso e desapareçam. Para uma variação de pressão muito grande, o raio da microbolha aumenta acentuadamente, atingindo um pico bem acima do mínimo de pressão; quando a pressão atinge um pico, a bolha entra em colapso.

# Cavitação



# Bioefeitos do US

☰ São normalmente classificados como

- Efeitos térmicos
- Efeitos não térmicos
  - Por exemplo, cavitação



# Efeitos térmicos

Os resultados que delineiam a relação entre elevação da temperatura e duração da exposição necessária para causar a morte celular são semelhantes aos encontrados para anormalidades fetais induzidas por hipertermia. Eles podem ser generalizados para a seguinte equação

$$t_{43} = tR_a^{43-T}$$

$t_{43}$  is the exposure duration needed to produce bioeffects at 43°C

$T$  is temperature

$t$  is duration of exposure at  $T$

$R_a$  is 0.25 for  $T < 43^\circ\text{C}$  and 0.5 for  $T > 43^\circ\text{C}$

# Efeitos térmicos

---

Uma revisão da literatura mostra que não foram observados efeitos letais para temperaturas abaixo de  $41^{\circ}\text{C}$ . Pode-se supor que exposições que elevam a temperatura até  $1,5^{\circ}\text{C}$  não causem defeitos no desenvolvimento embrionário


# Índice térmico

Para a propagação de ultrassom em tecidos moles durante a varredura, o índice térmico (TI) é dado por

$$TI = \frac{W_0}{W_{deg}}$$

Sendo  $W_0$  e  $W_{deg}$  a potencia média medido em água e a potencia que atinge o alvo respectivamente.

# Índice mecânico

 Foi demonstrado que a cavitação e outros efeitos não térmicos induzidos pelo ultrassom causam lise celular, alteração na permeabilidade celular e danos nos pulmões. Levando em consideração esses parâmetros, o índice mecânico (MI) é definido como

$$MI = \frac{P_{r0.3}(z_{sp})}{\sqrt{f_c}}$$

$P_{r0.3}$  is the derated peak rarefactional pressure in megapascals by 0.3 dB/cmz-MHz

$Z_{sp}$  is the axial distance where the derated pulse intensity integral  $(PII_{0.3}) = \int I_{0.3}(z)$

$dz$  is maximal