

Gabriel Paolilo Faria (Bolsista SAE/Unicamp), Luiz Henrique Bonani (Orientador)
CESET/UNICAMP

Introdução

O padrão de exposição para telefones celulares utiliza uma unidade de medida conhecida como Taxa de Absorção Específica, ou SAR (*Specific Absorption Rate*). As agências reguladoras determinam a máxima SAR admitida para a radiação, no entanto não se preocupam em mostrar os dados de distância da fonte de radiação eletromagnética para essas medidas. O presente trabalho estuda a variação da SAR volumétrica em tecidos humanos em função da distância da fonte de radiação eletromagnética com relação ao tecido, via modelagem matemática usando o método das Diferenças Finitas no Domínio do Tempo (FDTD). A fonte de radiação eletromagnética utilizada é uma antena dipolo de meio comprimento de onda trabalhando à frequência de 1.8 GHz, tipicamente a frequência adotada pela maioria dos aparelhos celulares do padrão GSM (*Global System for Mobile Communication*). Os resultados obtidos para as diferentes situações analisadas foram discutidos e comparados com os valores limites estabelecidos pelas normas internacionais.

Metodologia

O método FDTD foi proposto por Yee em 1966. O algoritmo de Yee permite o cálculo dos campos elétricos e magnéticos variáveis no tempo e no espaço. Yee partiu do pressuposto que as componentes dos campos eletromagnéticos estão localizados em pontos específicos de uma célula unitária, onde E e H são intercalados em ambos espaço e tempo, com componentes H posicionados tangencialmente às arestas do cubo e componentes E posicionados perpendicularmente às faces do cubo.

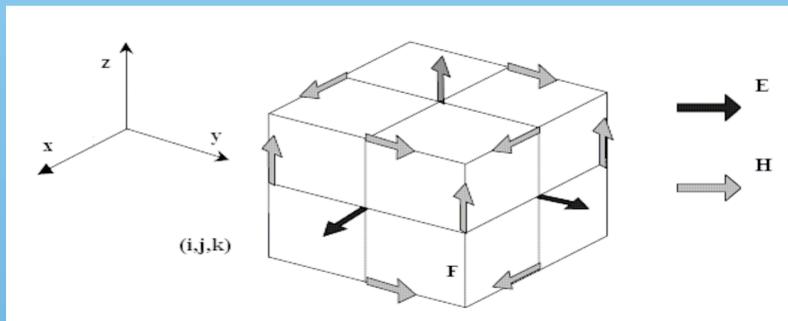


Figura 1: Cubo de Yee

A SAR é definida como a derivada no tempo do aumento de energia ∂W absorvida ou dissipada num elemento de massa ∂m contida num elemento de volume ∂V cuja massa específica é ρ , sendo expressa por (1).

$$SAR = \frac{\partial}{\partial t} \frac{\partial W}{\partial m} = \frac{\partial}{\partial t} \frac{\partial W}{\partial (\partial V)} \quad (1)$$

A SAR é um parâmetro que quantifica a potência absorvida por unidade de massa nos tecidos do corpo humano e depende da densidade de potência da radiação eletromagnética e das características do tecido onde a radiação incide. Desta forma, indicando a energia aplicada e o aumento de temperatura em qualquer parte do corpo, podendo ser calculada também por (2).

$$SAR = \frac{\sigma |E|^2}{\rho} \quad (2)$$

A modelagem é feita considerando dois ambientes: ambiente 1 (ar), com parâmetros $\sigma = 0.0$ S/m e $\epsilon_r = 1$ e ambiente 2 (tecido humano em análise). Neste projeto foram utilizados três tipos de tecidos humanos: *Pele seca*, *Sangue* e *Osso*.

Resultados e Discussão

A amplitude do sinal de entrada foi ajustada a cada distância para garantir uma potência média de 125 mW, potência característica dos aparelhos celulares do padrão GSM atuais. Foram obtidos diferentes valores para os parâmetros de radiação da antena e diferentes valores de SAR para os tecidos analisados.

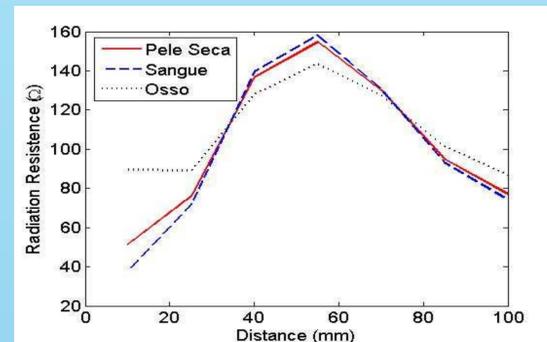


Figura 2: Variação da resistência de radiação da antena com a distância, para os tecidos estudados.

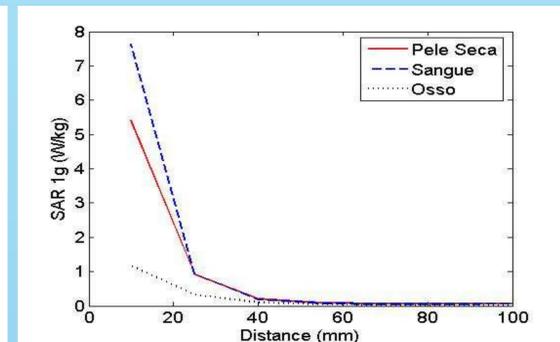


Figura 3: Variação da SAR para 1g de tecido, com a distância, para os tecidos estudados.

Tecido	$SAR_{1g}(W/kg)$	$SAR_{10g}(W/kg)$
<i>Pele Seca</i>	5.4178	2.7961
<i>Sangue</i>	7.6277	3.3474
<i>Osso</i>	1.1908	0.7248

Tabela 1: Valores de SAR_{1g} e SAR_{10g} para a distância de 10mm à antena

Agência	$SAR_{1g}(W/kg)$	$SAR_{10g}(W/kg)$	$SAR_{100g}(W/kg)$
<i>ICNIRP</i>	-	-	2
<i>CENELEC</i>	-	2	-
<i>ANSI/IEEE</i>	1.6	-	-

Tabela 2: Limites máximos dos valores de SAR para as diferentes agências reguladoras

Analisando as normas adotadas pelas principais agências reguladoras, pode-se observar alguma discrepância entre os resultados obtidos e os valores adotados como limite máximo de exposição para segurança do usuário.

Conclusão

Os valores encontrados de SAR para a antena próxima aos tecidos biológicos estudados ultrapassam as limitações impostas pelas agências reguladoras. Estas Agências adotam valores diferentes, para quantidade de massa diferente, na limitação da energia emitida pelos aparelhos e não deixam claro a qual distância estes valores são válidos. Não se pode afirmar com convicção as reais consequências da utilização dos aparelhos celulares, mas é certo que as limitações não estão 100% corretas. Até que haja uma resposta definitiva, para as reais consequências, é de bom senso utilizar os telefones móveis somente para se falar o básico deixando os telefones fixos para os demais tipos de conversa.

Referências Bibliográficas

- [1] Garcez, S. G., "Contribuição ao estudo da iteração de campos eletromagnéticos e tecidos biológicos utilizando o método de diferenças finitas no domínio do tempo", Dissertação de Mestrado, FEEC/UNICAMP, 2005
- [2] Taflove, A. and Hagness, S. C., "Computational Electrodynamics: The finite-difference time-domain method", Artech House, 2000
- [3] Sadiku, Matthew N. O., Elementos de Eletromagnetismo – 3ª Edição
- [4] Radiações eletromagnéticas não ionizantes emitidas pelas antenas fixas de telefonia celular, Prof. José Osvaldo Saldanha Paulino, Departamento de Engenharia Elétrica da UFMG