

# Caracterização de Phantoms usando Sonda Coaxial para Aplicações Biomédicas

Joanderson Marinho, Erik F. Silva, Kesia C. Santos

**Resumo**— A utilização da técnica de imagens médicas usando as faixas de frequências de micro-ondas para diagnóstico de algumas anormalidades no corpo é tópico de grande interesse, diversos grupos de pesquisa ao redor do mundo têm concentrado esforços nesta linha de pesquisa. Uma parte preliminar e essencial à realização dos testes clínicos é a experimentação em *phantoms* ou tecidos animais *ex-vivo*. Este trabalho apresenta um material fabricado com características dielétricas semelhantes àquelas do tecido adiposo e sangue humanos. Os materiais usados e o processo de fabricação são simples. Os resultados foram obtidos usando uma sonda coaxial e apresentam boa concordância com os valores esperados.

**Palavras-Chave**— *Propriedades dielétricas, sonda coaxial, phantom de tecidos biológicos, medidas bioeletromagnéticas.*

## I. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos foi crescente o interesse no desenvolvimento de tecnologias de imagens médicas usando frequências na faixa de micro-ondas. Os avanços alcançados nas pesquisas apresentam resultados promissores, especificamente para a detecção precoce de câncer de mama [1], [2]. Na detecção mais rápida de AVC (Acidente Vascular Cerebral) [3]. Em análises ósseas e de cartilagens [4].

A interação das ondas eletromagnéticas com o corpo humano é diretamente dependente das propriedades dielétricas dos tecidos. Antes da técnica poder ser aplicada no corpo humano ou animal são necessários testes para aperfeiçoar o conhecimento. Estes testes são desenvolvidos usando *phantoms*, que são materiais criados para simular adequadamente as propriedades dielétricas (permissividade e condutividade) do corpo humano ou animal, ou seja, modelos equivalentes aos tecidos biológicos [5], [6].

Atualmente, vários grupos de pesquisa têm desenvolvido *phantoms* nas formas líquidas, gelatinosas e semi-sólidas, usando modelos 3D impressos [7] para testes em várias aplicações biomédicas. A escolha do tipo de material que será utilizado deve levar em consideração algumas questões, tais como, disponibilidade de materiais, processo de fabricação, e conservação das propriedades dielétricas a longo prazo.

Neste trabalho optou-se por usar matérias líquidas para construir o *phantom*. A receita usa Triton X-100 (TX-100), água destilada e sal. Uma vez que os materiais para a fabricação são de fácil aquisição, o processo de fabricação é simples e o tempo de conservação das propriedades dielétricas do *phantom* é satisfatório [6]. A principal questão observada é evitar a desidratação da mistura criada.

Joanderson Marinho, IFPB, Erik F. Silva, IFPB, Kesia C. Santos, IFPB, João Pessoa-PB, e-mail: kesia.farias@ifpb.edu.br. Este trabalho foi parcialmente financiado por Interconnecta do IFPB).

Após a fabricação dos *phantoms* foi utilizada uma sonda coaxial Keysight 85070E disponível no laboratório do grupo [8]. A validação das propriedades dielétricas medidas nos *phantoms* fabricados é feita comparando os resultados provenientes da medição com os dados de referência existentes e amplamente aceitos [9].

O trabalho tem como objetivo obter experiência na fabricação dos *phantoms* que podem ser usados numa etapa futura para estudo de anomalias no corpo humano. Assim, com base em receitas já existentes, o tecido mamário saudável (tecido adiposo) e o sangue foram fabricados. As propriedades dielétricas foram analisadas para uma faixa ampla de frequências de 2-14 GHz.

## II. MATERIAIS E MÉTODOS EXPERIMENTAIS

Em laboratório foi fabricado um *phantom* que consiste na mistura de materiais de baixo custo e fácil aquisição: TX-100, água destilada e sal (NaCl), na proporção das receitas sugeridas em [5] para o tecido adiposo e em [6] para o sangue, ambas para a faixa de 1-6 GHz. Os resultados da receita foram validados para uma faixa mais ampla de 2-14 GHz. A adição de sal à mistura tem por objetivo controlar a condutividade. A Tabela I apresenta a receita usada.

TABELA I. RECEITA DOS LÍQUIDOS PARA OS PHANTOMS.

Tecido	TX-100 (vol %)	Água destilada (vol %)	NaCl
Tecido adiposo	100	0	0
Sangue	20	80	9 g/L

Para a amostra de sangue foi adicionada metade da quantidade do TX-100 ao recipiente, em seguida o volume completo da solução água destilada-sal, o composto precisa ser vigorosamente misturado até obter aparência homogênea. O último passo é adicionar a parte restante do TX-100 e novamente realizar a mistura dos líquidos. Este procedimento de fabricação evita a formação de bolhas de ar na mistura e garante a homogeneidade entre os dois líquidos misturados.

Após este procedimento, os líquidos fabricados estão prontos para a etapa da medição. Nesta etapa, conferimos se os valores das propriedades dielétricas dos *phantoms* criados correspondem aos valores esperados para os tecidos biológicos demonstrados pelo modelo de Cole-Cole [9].

A sonda coaxial Keysight 85070E foi usada para medir as propriedades dielétricas do *phantom* na faixa de frequências de 2-14 GHz. As amostras foram medidas à temperatura ambiente, o procedimento de calibração da sonda foi realizado

adequadamente: em aberto, em curto e com o líquido padrão que no nosso caso foi água destilada [10].

Para as medições das amostras foi utilizado um analisador vetorial de rede conectado à sonda coaxial para coleta dos dados, conforme ilustrado na Figura 1.

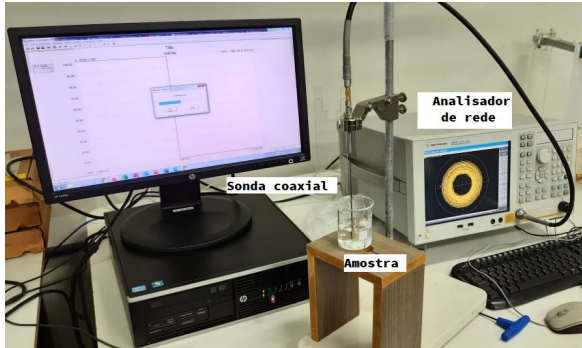


Fig. 1 Setup de medição do phantom utilizando a sonda coaxial.

As características dielétricas (permissividade relativa e condutividade) para os phantoms fabricados são comparadas com o modelo de Cole-Cole para propriedades dielétricas.

$$\epsilon^* = \epsilon_\infty + \sum_n \frac{\Delta\epsilon_n}{1 + (j\omega\tau_n)^{1-\alpha_n}} + \frac{\sigma}{j\omega\epsilon_0} \quad (1)$$

em que  $\omega$  é a frequência angular,  $\sigma$  é a condutividade,  $\tau$  is the tempo de relaxação,  $n$  é o número de termos,  $\epsilon_0$  é a permissividade do espaço livre,  $\Delta\epsilon_n = \epsilon_{s,n} - \epsilon_\infty$ , em que  $\epsilon_{s,n}$ , e  $\epsilon_\infty$  são as constantes dielétricas estática e infinita, respectivamente. A Tabela II apresenta os valores usados no modelo de Cole-Cole. Os resultados são apresentados na Figura 2.

TABELA II. PARÂMETROS DO MODELO DE COLE-COLE DO PHANTOM.

Tecido	$\epsilon_\infty$	$\Delta\epsilon_1$	$\tau_1$ (ps)	$\alpha_1$	$\sigma$ (S/m)
Tecido adiposo	2.2	3	7.96	0.2	0.01
Sangue	4	40	8.38	0.1	0.7

Observa-se uma boa concordância entre os valores medidos e os esperados pelo modelo de Cole-Cole para os phantoms fabricados em nosso laboratório. Esta concordância não é observada em toda a faixa de frequência, o que nos aponta que a receita usada pode ser alterada buscando esta concordância para estas faixas. No entanto, é válido assumir que o tecido mamário saudável e o sangue podem ser representados por estes líquidos fabricados, na faixa de 2-14 GHz.

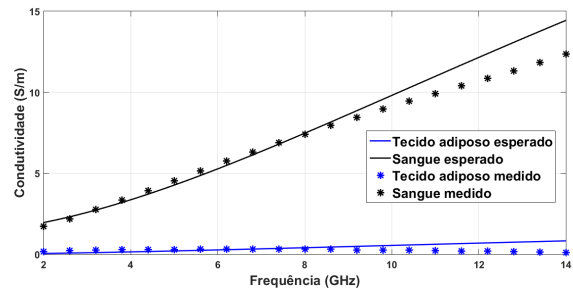
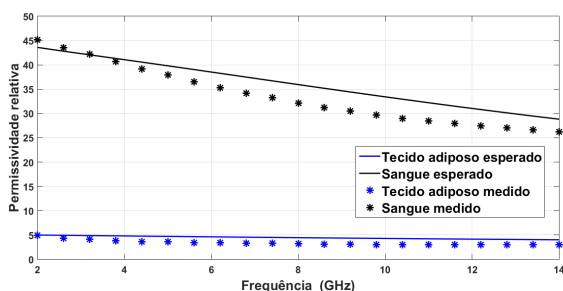


Fig. 2 Propriedades dielétricas dos phantoms: (a) permissividade relativa, (b) condutividade.

### III. CONCLUSÕES

A caracterização dielétrica de um phantom foi realizada com boa concordância entre os valores medidos e os valores esperados. As receitas testadas com base em receitas existentes apresentaram resultados que indicam que elas podem ser estendidas para uma faixa mais ampla de frequências (2 - 14 GHz). O processo de fabricação e medição foi executado de forma adequada em laboratório pelos membros da equipe.

Estes phantoms líquidos farão parte do banco de materiais desenvolvidos em nosso laboratório, o nosso objetivo principal foi a fabricação e caracterização dielétrica de materiais que simulam as propriedades dielétricas de tecidos biológicos.

Em estudos futuros, os resultados obtidos neste trabalho podem contribuir para a análise das características dielétricas em tecidos animais *ex-vivo*. Além de proporcionar experiência para a caracterização dos tecidos biológicos com a sonda coaxial.

### REFERÊNCIAS

- [1] E. C. Fear e a. M. A. Stuchly, "Microwave detection of breast cancer," IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 48, n° 11, pp. 1854-1863, 2000.
- [2] E. Fear, S. Hagness, P. Meaney, M. Okoniewski e M. Stuchly, "Enhancing breast tumor detection with near-field imaging," IEEE Microwave Magazine, vol. 3, pp. 48 - 56, August 2002.
- [3] B. J. Mohammed, A. M. Abbosh, S. Mustafa e D. Ireland, "Microwave System for Head Imaging," IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 63, pp. 117 - 123, August 2013.
- [4] R. Chandra, H. Zhou, I. Balasingham e R. M. Narayanan, "On the Opportunities and Challenges in Microwave Medical Sensing and Imaging," IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol. 62, pp. 1667-1681, 2015.
- [5] N. Joachimowicz, C. Conessa, T. Henriksson e B. Duchêne, "Breast Phantoms for Microwave Imaging," IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol. 13, 2014.
- [6] N. Joachimowicz, B. D. C. Conessa e O. Meyer, "Reference Phantoms for Microwave Imaging," em 2017 11th European Conference on Antennas and Propagation (EUCAP), 2017.
- [7] A. T. Mobashsher e A. M. Abbosh, "Artificial Human Phantoms," IEEE Microwave Magazine, pp. 42-62, July 2015.
- [8] Keysight, "85070E Dielectric Probe Kit 200 MHz to 50 GHz: Technical Overview," 2017.
- [9] S. Gabriely, R. W. Lau e a. C. Gabriel, "The dielectric properties of biological tissues III. Parametric models for the dielectric spectrum of tissues," Phys. Med. Biol., vol. 41, 1996.
- [10] A. L. Gioia, E. Porter, I. Merunka, A. Shahzad, S. Salahuddin, M. Jones e a. M. O'Halloran, "Open-Ended Coaxial Probe Technique for Dielectric Measurement of Biological Tissues: Challenges and Common Practices," Diagnostics, vol. 8, pp. 1-38, 2018.