**ESTUDO SOBRE A CARACTERIZAÇÃO DE PHANTOMS PARA UTILIZAÇÃO EM MICRO-ONDAS**

JOANDERSON DE S. MARINHO (IFPB, Campus João Pessoa), KESIA CRISTIANE S. FARIAS (IFPB, Campus João Pessoa), ERIK FARIAS DA SILVA (IFPB, Campus João Pessoa)

**E-mails:** joanderson.marinho@academico.ifpb.edu.br. kesia.farias@ifpb.edu.br, erik.silva@gmail.com.

**Área de conhecimento:(Tabela CNPq)**: 3.13.01.00-2- Bioengenharia

**Palavras-Chave**: propriedades dielétricas; sonda coaxial; phantom de tecidos biológicos; caracterização dielétrica.

1. **Introdução**

Nos últimos anos, temos visto um crescente interesse na tecnologia de imagens médicas - utilizando frequências na faixa de micro-ondas. (JOACHIMOWICZ et al; 2017). Os avanços alcançados nas pesquisas apresentam resultados promissores, em especial para a detecção precoce do câncer de mama (FEAR; STUCHLY.200), para a detecção mais rápida de AVC (acidente vascular cerebral) e também para análises ósseas de cartilagens (MOHAMMED et al; 2013). A interação das ondas eletromagnéticas com o corpo humano é diretamente dependente das propriedades dielétricas dos tecidos. Dessa forma, antes da técnica poder ser aplicada no corpo humano ou animal são necessários testes para aperfeiçoar o conhecimento, esses testes são desenvolvidos usando *phantoms*. *Phantoms* são modelos criados para simular adequadamente as propriedades dielétricas (permissividade e condutividade) do corpo humano ou animal ( JOACHIMOWICZ et al; 2014), (JOACHIMOWICZ et al; 2017). Atualmente, vários grupos de pesquisa têm desenvolvido *phantoms* nas formas líquidas e gelatinosas, usando modelos 3D impressos para testes em várias aplicações biomédicas (MOBASHSHER; ABBOSH.2015). Na escolha do material deve-se levar em conta: a disponibilidade de materiais, o processo de fabricação, e a conservação das propriedades dielétricas a longo prazo. Neste trabalho, optou-se por usar materiais líquidos para construir o phantom. A receita tem como base o Triton X- 100 (TX-100), água destilada e sal. Uma vez que os materiais para a fabricação são de fácil aquisição e o processo de fabricação é simples, o tempo de conservação das propriedades dielétricas do *phantom* faz-se satisfatório (JOACHIMOWICZ et al; 2017). Para as medições realizadas no laboratório do instituto utilizou-se uma sonda coaxial Keysight 85070E. Por conseguinte, validou-se as propriedades dielétricas a partir de referências existentes na literatura (GABRIEL; GABRIEL, 1996). Estes resultados validados foram publicados em (J.MARINHO, 2021). O objetivo deste trabalho foi fabricar *phantoms* que poderão ser utilizados em estudos futuros de imagiologia por micro-ondas. Para isso, foi fabricado o tecido mamário saudável (adiposo) e o sangue. Para análise, utilizou-se uma faixa de frequência de 2-14 GHz.

1. **Materiais e Métodos**

O *phantom* fabricado consiste na mistura de materiais de baixo custo: TX -100, água destilada e sal (NaCl), na proporção das receitas sugeridas por ( JOACHIMOWICZ et al; 2014) para o tecido adiposo e em (JOACHIMOWICZ et al; 2017) para o sangue, ambas para a faixa de 1-6 GHz. No entanto, nós expandimos a receita para a faixa 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: Receitas dos líquidos para os *phantoms*.

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

Para a amostra de sangue, foi adicionado metade da quantidade do TX - 100 ao recipiente em seguida a porção de água destilada com o sal também foi adicionada por completo. Feito isso, mexeu-se vigorosamente para que os líquidos se misturassem. Depois, a parte restante do TX - 100 foi adicionada. Por fim, voltou-se a mexer para que virassem uma mistura homogênea. Este procedimento de fabricação evita a formação de bolhas de ar na mistura e garante a homogeneidade entre os dois líquidos usados na mistura, conforme ilustrado na Figura 1. Após este procedimento, os líquidos criados foram medidos.



Figura 1 - Procedimento e materiais usados para a fabricação do *phantom*.

**2.1 Procedimento de medição**

Nesta fase, foi conferido se os valores das propriedades dielétricas dos *phantoms* criados correspondem aos valores esperados para os tecidos biológicos. Os resultados esperados estão embasados no trabalho de (GABRIEL; GABRIEL, 1996), onde estipula-se um valor de permissividade real ε’ = 3,75 para a gordura e de ε’=45,51 para o sangue. A sonda coaxial Keysight 85070E foi usada para medir as propriedades dielétricas do *phantom* na faixa de frequência de 2-14 GHz. As amostras foram medidas à temperatura ambiente, o procedimento de calibração da sonda foi realizado: em aberto, em curto e com água destilada, conforme apresentado na Figura 2.

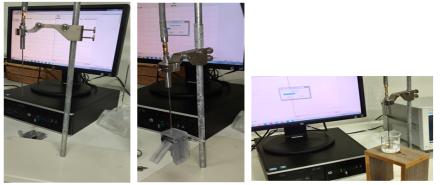


Figura 2 - Procedimento de calibração da sonda coaxial: ar, curto e líquido de referência.

Para as medições de amostras utilizamos um analisador de rede conectado à sonda coaxial para coleta dos dados e a amostra do material (líquido), conforme a Figura 3.



Figura 3- Setup de medição do phantom utilizando a sonda coaxial.

1. **Resultados e Discussão**

A Figura 4 apresenta os resultados das características dielétricas do sangue e do tecido adiposo, medidos diretamente pelo kit da sonda coaxial.

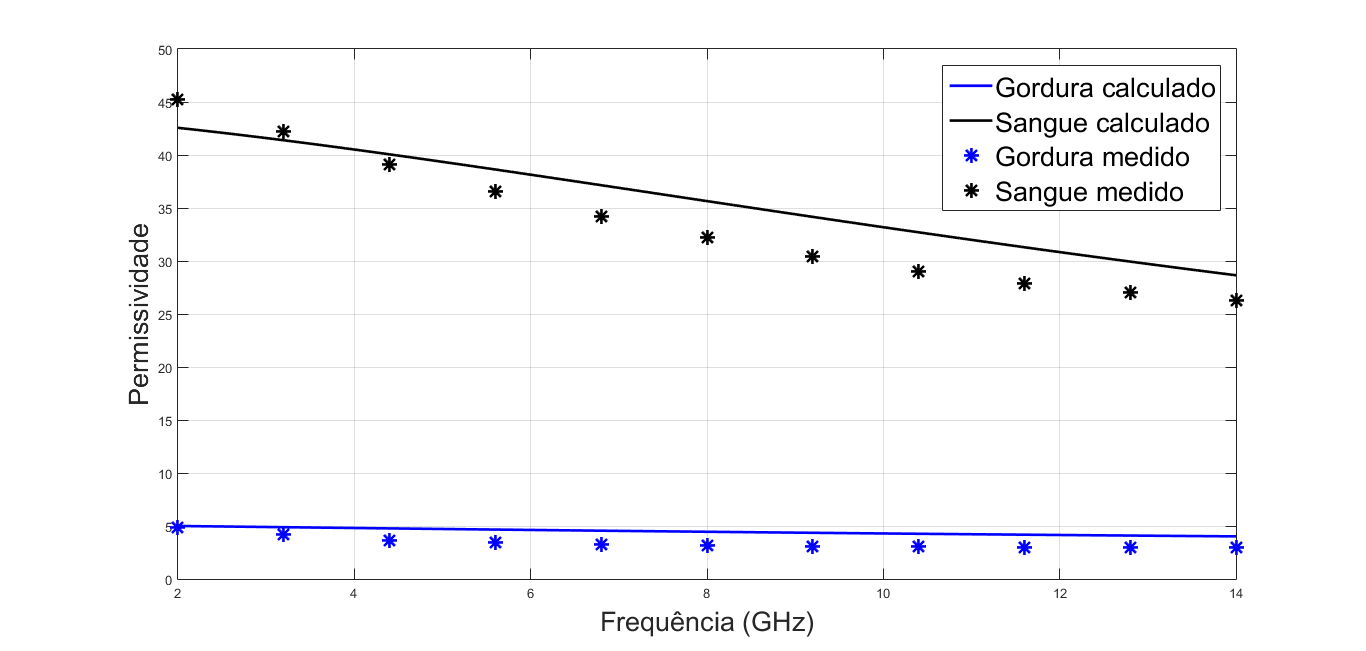


Figura 4 - Valores medidos e calculados de permissividade.

Os valores são medidos diretamente, de forma muito simples, usando o kit de sonda coaxial existente no laboratório do IFPB. O projeto finalizado proporcionou a obtenção de experiência no desenvolvimento de *phantoms* para compor o banco de amostras do IFPB – Instituto Federal da Paraíba. Os valores medidos foram gerados pelo kit da sonda coaxial e os calculados são os demonstrados na pesquisa realizada por (GABRIEL; GABRIEL, 1996).

1. **Considerações Finais**

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 - 14GHz). 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 no laboratório do IFPB. Dessa forma, o objetivo principal foi atendido, pois foi possível fabricar *phantoms* semelhantes aos 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

**Agradecimentos**

Gostaríamos de agradecer ao IFPB pelo apoio financeiro através do Interconecta 01/2020.

**Referências**

FEAR, E. C.; STUCHLY, M. **A. Microwave detection of breast cancer**. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, v. 48, n. 11, p. 1854-1863, 2000.

MOHAMMED, Beadaa J. et al. **Microwave system for head imaging**. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, v. 63, n. 1, p. 117-123, 2013.

JOACHIMOWICZ, Nadine et al. **Breast phantoms for microwave imaging**. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, v. 13, p. 1333-1336, 2014.

JOACHIMOWICZ, Nadine et al. **Reference phantoms for microwave imaging**. In: 2017 11th European Conference on Antennas and Propagation (EUCAP). IEEE, 2017. p. 2719-2722.

**MOBASHSHER, Ahmed T.; ABBOSH, Amin M. Artificial human phantoms: Human proxy in testing microwave apparatuses that have electromagnetic interaction with the human body**. IEEE Microwave Magazine, v. 16, n. 6, p. 42-62, 2015.

GABRIEL, Sami; LAU, R. W.; GABRIEL, Camelia. **The dielectric properties of biological tissues: III. Parametric models for the dielectric spectrum of tissues. Physics in medicine & biology**, v. 41, n. 11, p. 2271, 1996.

J. MARINHO, E. F. S. K. C. S. Caracterização de Phantoms usando Sonda Coaxial para Aplicações Biomédicas, Fortaleza, Setembro 2021.