NOVO MÉTODO DE RECONSTRUÇÃO DE IMAGENS PELO SISTEMA DE TOMOGRAFIA POR BIOSUSCEPTOMETRIA AC (tBAC)

R. V. R. Matos*, P. R. Fonseca*, A. G. Próspero*, D. L. M. Souza* e J. R. A. Miranda*

*Depto. de Física e Biofísica – Instituto de Biociências de Botucatu – UNESP, Botucatu – SP, Brasil.

e-mail: rvrmatos@hotmail.com

Resumo: Novos métodos de imagens livres de radiação ionizante possuem um alto grau de importância tanto pela instrumentação como por suas finalidades. A Biosusceptometria de Corrente Alternada (BAC) se encaixa neste novo conjunto, e já vem sendo implantada na a aquisição de sinais para estudos nas áreas fisiológicas e principalmente na área de gastrenterologia entre outras. Este trabalho tem como objetivo a transformação destes sinais em imagens que possibilitem um possível diagnostico ou conhecimento de uma determinada área do corpo humano. Para tal, primeiramente realizamos caracterização do sistema BAC para a formação de imagens tomográficas, assim surgindo o termo Tomografia por Biosusceptometria de Corrente Alternada (tBAC). A implementação de novos métodos de reconstrução, aplicados nas imagens geradas a partir do sistema tBAC, resultou em melhorias no aspecto qualitativo da imagem.
Palavras-chave: Tomografia; Biomagnetismo; Biosusceptometria AC.

Abstract: *New methods of free ionizing radiation have a degree of importance both for instrumentation as per their purposes. The Biosusceptometria Alternating Current (BAC) fits these new set, and is already being deployed in acquiring signals for physiological studies in areas and especially in the field of gastroenterology and others. This paper aims to transform these signals into images that allow a possible diagnosis or knowledge of a particular area of the human body. To do this, first we performed characterization of BAC system for forming tomographic images, thus giving rise to the term tomography Biosusceptometria Alternating Current (TBAC). With the aid of new methods of reconstruction, applied to images generated from the TBAC system, resulted in improvements in the qualitative aspect of the image.*
Keywords: *Tomography, Biomagnetism, AC Biosusceptometry.*

Introdução

O biomagnetismo, que é o estudo de campos magnéticos oriundos de sistemas biológicos [1], teve suas primeiras pesquisas sobre magnetocardiografia publicadas nas décadas de 1960 e 1970 [2] utilizando primeiro sistemas de indução e depois SQUIDs (*superconducting quantum interference device* – dispositivo supercondutor de interferência quântica). Desde então, com o avanço de dispositivos eletrônicos e de computação, novas instrumentações e aplicações foram propostas.

Atualmente estão disponíveis vários sensores empregados em biomagnetismo, como os SQUIDs, magnetômetros de fluxo saturado (*fluxgate*), bobinas de indução em diferentes configurações gradiométricas (como a Biosusceptometria AC), magnetorresistores e *probe Hall.* De outra forma, porém relacionados à área de biomagnetismo, recentemente surgiram os sistemas de tomógrafos de indução elétrica e magnética [3-5]. Todas estas instrumentações têm trazido importantes contribuições para as áreas de fisiologia, farmacologia, medicina, psicologia e saúde ocupacional [1].

A BAC é uma instrumentação baseada em gradiômetros de primeira ordem que respondem à variação de fluxo magnético em sua vizinhança. Esta técnica foi desenvolvida e aprimorada na década de 1990 por Miranda e colaboradores para avaliar a fisiologia do trato gastrintestinal de humano [6] e [7], mais tarde passou a ser empregada para pesquisa em fisiologia e farmacologia utilizando pequenos animais[8] e farmacotecnia [3] e [9]. E a partir desta ideia surgiu os primeiros experimentos para a formação de uma imagem tomográfica para o sistema BAC, o que chamamos de tomografia por biosusceptometria de corrente alternada (tBAC).

Novos métodos de reconstrução podem vir a melhorar as imagens reconstruídas a partir de sistema biomagnéticos, e como principal objetivo deste trabalho temos a implementação de técnicas para a formação de imagens.

Materiais e métodos

O sistema de biosusceptometria de corrente alternada BAC utiliza um par de bobinas coaxiais arranjadas como um gradiômetro de primeira ordem separadas por um a distância fixa (linha de base), que é posicionado no interior de bobinas de excitação (Figura 1). Nesse arranjo, uma corrente alternada de 10 kHz é amplificada e passa pelas bobinas excitadoras, induzindo corrente na bobina detectora (interna), de modo que cada par de bobinas (excitação/detecção) pode ser considerado como um transformador simples

de fluxo magnético.

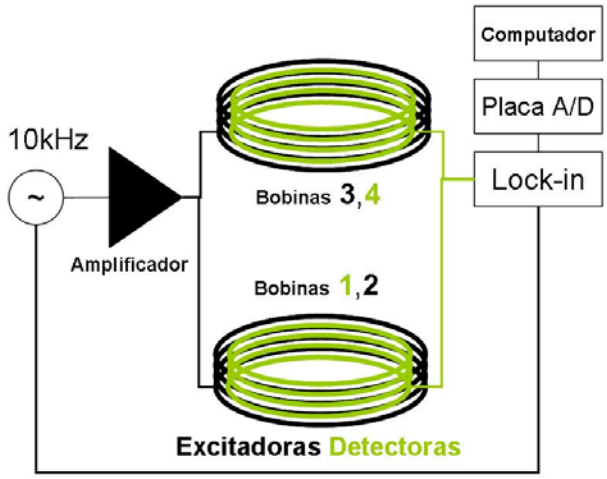

Figura 1: Esquema representativo de um susceptômetro BAC em que as bobinas do gradiômetro (detectoras) são representadas em verde e as bobinas excitadoras são representadas em preto.

Aproximando-se material magnético (ou que possua elevada susceptibilidade magnética) em uma das extremidades do susceptômetro, ocorre desbalanceamento de fluxo magnético do sistema gradiométrico, produzindo uma diferença de potencial que é adquirida continuamente por amplificador tipo *lock-in*, digitalizada em uma placa de conversão analógico/digital (A/D) e armazenada para posterior processamento e análise.

O processamento dos sinais (padrão ASCII) era feito *off-line* em um computador pessoal (Intel i5-3317U 1.70 GHz, 6,0 GB RAM, Windows 8.1 64 bits) em ambiente Matlab R2013a (*Mathworks, Inc*.) utilizando principalmente o *ImageProcessing Toolbox*. As principais tarefas de processamento incluíam:

- Leitura do sinal;
- Filtragem de ruído (média ou mediana móveis);
- Cálculo da matriz de dados para cada sensor em cada posição de medida;
- Ajuste de nível DC do sinal;
- Cálculo do sinograma;
- Armazenamento do sinograma;
- Reconstrução da imagem (retroprojeção utilizando janela Hamming);
- Aplicação do ART para a imagem gerada pela retroprojeção filtrada.
- Armazenamento da imagem.

O fantoma consiste em uma barra com material ferromagnético de raio de 30mm, como segue na Figura 2:

Figura 2: Esquema representativo do objeto simulador utilizado (fantoma).

O sistema tBAC circular pode ser visualizado na Figura 3.

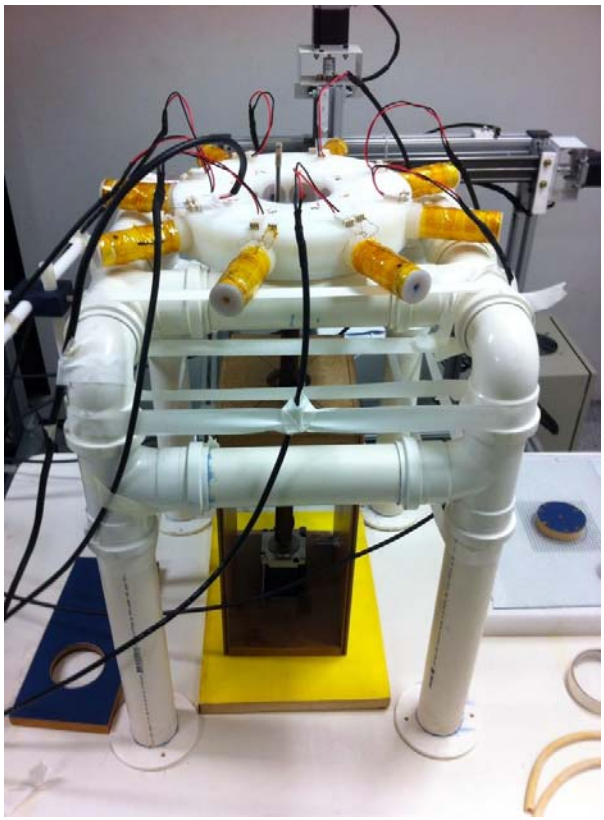

Figura 3: Foto do sistema tBAC circular.

Resultados

Para realizarmos a reconstrução de uma imagem é importante primeiramente gerar uma matriz de dados, assim a partir da mesma será possível a reconstrução da imagem (o que chamarmos de sinograma). O sinograma para a formação da imagem do objeto simulador é representado pela Figura 4:

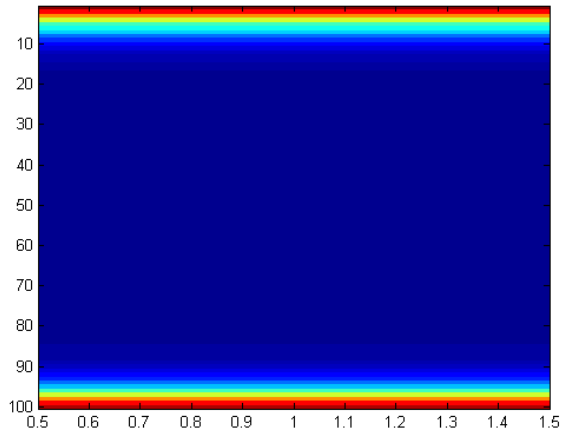

Figura 4: Sinograma para a reconstrução de um objeto circular.

Com o sinograma gerado aplicamos o método de retroprojeção para a formação da imagem, ver Figura 5.

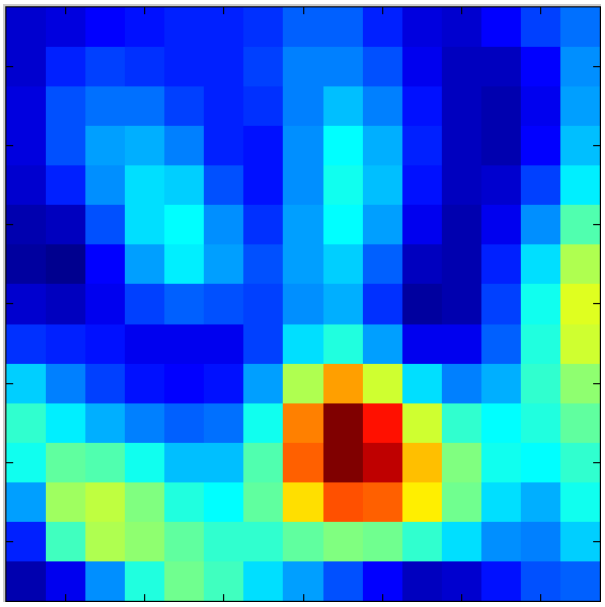

Figura 5: Imagem gerada pelo sistema tBAC para o fantoma de barra por retroprojeção.

A partir da imagem podemos gerar uma nova imagem do objeto aplicando os filtros (interpolação e janelamento) ver Figura 6.

.

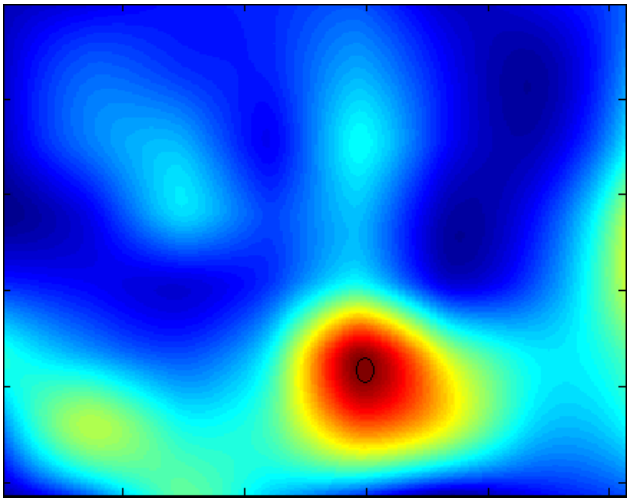

Figura 6: Imagem gerada pelo sistema tBAC para o fantoma por retroprojecão filtrada.

E por fim a imagem reconstruida por retroprojeção filtrada aplicando algoritimo *algebric reconstruction technique* (ART), ver Figura 7:

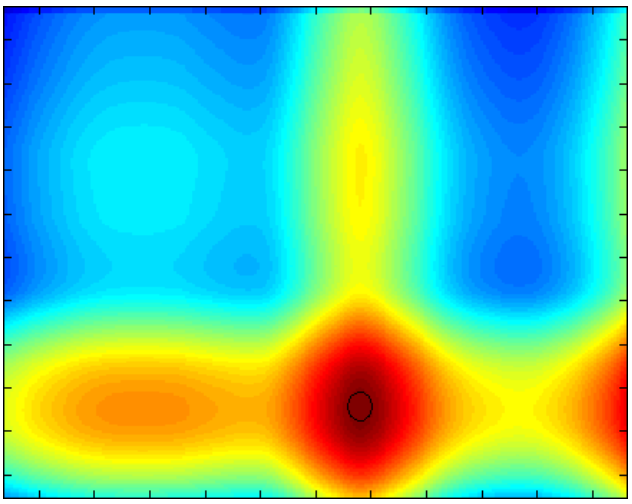

Figura 7: Imagem gerada pelo sistema tBAC aplicando o ART na imagem obtida a partir da retroprojeção filtrada.

Discussão

Analisando as imagens obtidas a partir do fantoma proposto, notamos que a aplicação de filtros nos proporciona uma melhoria na parte qualitativa da imagem a interpolação utilizada nesta reconstrução foi a *cubic* enquanto o janelamento foi do tipo *hamming*, porém ao traçarmos uma segmentação (ver Figura 6) nos pontos de maior intensidade é possível visualizar um perfil elíptico o que não representa de forma correta o objeto simulador e ao aplicarmos ART o perfil apresentado assemelha-se mais a um perfil circular (ver Figura 7).

Conclusão

Novos métodos de reconstruções podem auxiliar na formação de imagens, a implementação dos mesmos em determinadas etapas da reconstrução podem acarretar melhoras significativas, neste trabalho a implementação do ART foi realizada após a geração da imagem pelo método de retroprojeção filtrada, a aplicação deste método poderá nos proporcionar resultados mais significativos se aplicado para a formação da imagem (aplicá-lo no sinograma), o que não ocorreu neste presente trabalho, porém projetos futuros tem como objetivo essa implementação.

Agradecimentos

Agradeço a agencia de fomento FAPESP (processo 2013/03639-2) pelo auxilio neste projeto.

Referências

[1] Williamson, S. J.; Kaufman, L. Biomagnetism. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, v. 22, n. 2, p. 129–201, 1981. Disponível em: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0304885381900780

[2] Cohen, D.; Edelsack, E. A.; Zimmerman, J. E. Magnetocardiograms taken inside a shielded room with a superconducting point contact magnetometer. Appl Phys Lett, v. 16, n. 7, p. 278–280, 1970. AIP.

[3] Corá, L. A; Andreis, U.; Romeiro, F. G.; et al. Magnetic images of the disintegration process of tablets in the human stomach by ac biosusceptometry. Phys Med Biol, v. 50, n. 23, p. 5523–34, 2005. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16306649>. Acesso em: 10/1/2013.

[4] Griffiths, H. Magnetic induction tomography. Meas. Sci. Technol., v. 12, n. 8, p. 1126–1131, 2001. Disponível em: <http://stacks.iop.org/0957-0233/12/i=8/a=319?key=crossref.4a2af786c9f50ec65519fc8dcea5a39e>.

[5] Romani, G. L.; Williamson, S. J.; Kaufman, L. Biomagnetic instrumentation. Rev. Sci. Instrum., v. 53, n. 12, p. 1815–1845, 1982. AIP.

[6] Miranda, J. R. de A.; Baffa, O.; Oliveira, R. B.; Matsuda, N. M. M. An AC biosusceptometer to study gastric emptying. Medical physics, v. 19, n. 2, p. 445 – 448, 1992.

[7] Miranda, J. R.; Oliveira, R. B.; Sousa, P. L.; Braga, F. J.; Baffa, O. A novel biomagnetic method to study gastric antral contractions. Phys Med Biol, v. 42, n. 9, p. 1791–9, 1997. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9308084>..

[8] Andreis, U.; Américo, M. F.; Corá, L. A; et al. Gastric motility evaluated by electrogastrography and alternating current biosusceptometry in dogs. Physiol. Meas., v. 29, n. 9, p. 1023–31, 2008. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18698113>. Acesso em: 15/1/2013.

[9] Miranda, J. R. A.; Corá, L. A.; Américo, M. F.; Romeiro, F. G. AC biosusceptometry technique to evaluate the gastrointestinal transit of pellets under influence of prandial state. Journal of Pharmaceutical Sciences, v. 99, n. 1, p. 317 – 324, 2010. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jps.21794/full>. Acesso em: 21/1/2013.