

Física:



Produção de conhecimento
relevante e qualificado 3

Glécilla Colombelli de Souza Nunes
(Organizadora)

A Newton's cradle with five silver spheres hanging from thin wires against a dark grey background. One sphere on the left is in motion, having just struck or about to strike the others.

Física:

Produção de conhecimento
relevante e qualificado 3

Glécilla Colombelli de Souza Nunes
(Organizadora)

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Física: produção de conhecimento relevante e qualificado 3

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadora: Glécilla Colombelli de Souza Nunes

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F537 Física: produção de conhecimento relevante e qualificado 3 / Organizadora Glécilla Colombelli de Souza Nunes. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0515-3

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.153220109>

1. Física. I. Nunes, Glécilla Colombelli de Souza (Organizadora). II. Título.

CDD 530

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

A coleção “Produção de conhecimento relevante e qualificado 4” é uma obra composta por cinco capítulos que possuem como foco principal as Ciências Naturais. Os trabalhos aqui reunidos foram realizados em diferentes instituições de ensino do país e tem como linha central o desenvolvimento de novos materiais, técnicas e instrumentos, em especial, nas áreas de Biofísica, Física e Química.

Essa coleção aborda temas atuais e de interesse da comunidade científica que vão desde a aplicação de sistemas magnéticos à medicina até o impacto da COVID-19 no ensino de Física nas escolas públicas de nosso país. Sendo este último, um tema que contribuirá para que os docentes reflitam e pensem em estratégias (e metodologias) de como suprir os déficits de aprendizagem deixados pela pandemia da COVID-19.

Além disso, esta obra traz uma revisão sobre os avanços que a comunidade científica já conseguiu na produção de supercondutores $Nb_3Sn_{(s)}$ e um estudo de caso sobre o comportamento das componentes da radiação solar em um município do Rio Grande do Norte, no qual pesquisou a viabilidade de projetos que envolvem a geração de energia solar na região.

Deste modo, a obra - “Produção de conhecimento relevante e qualificado 4” - apresenta artigos interdisciplinares e que são bem fundamentados nos resultados práticos obtidos. Além do que, as discussões e os dados dos trabalhos desta coleção estão muito bem organizados e os autores conseguiram apresentar seus trabalhos de forma clara e didática.

Por fim, sabe-se o quão importante é a divulgação científica e, por isso, evidenciamos também a estrutura da Atena Editora capaz de oferecer uma plataforma consolidada e confiável para estes pesquisadores exporem e divulgarem seus trabalhos científicos.

Glécilla Colombelli de Souza Nunes

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

BIOSUSCEPTOMETRIA AC PARA A AVALIAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS

Guilherme A. Soares

Gabriel G.A. Biasotti


Leonardo A. Pinto

Erick G. Stoppa

Lais P. Buranello

Gabriele M. Pereira

Jose R.A. Miranda

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1532201091>

CAPÍTULO 2..... 11


CARACTERIZAÇÃO E COMPARAÇÃO DE MÉTODOS MAGNÉTICOS PARA FUTURAS APLICAÇÕES BIOMÉDICAS

Guilherme A. Soares

Erick G. Stoppa

Leonardo A. Pinto

Jose R.A. Miranda


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1532201092>

CAPÍTULO 3..... 26

CHEMICAL INFLUENCES AND CHALLENGES ASSOCIATED WITH ENHANCED NB3SN SUPERCONDUCTOR DEVELOPMENT

Erick Agnolin

Ana P. H. Vaniel


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1532201093>

CAPÍTULO 4..... 35

AVALIAÇÃO DAS COMPONENTES DA RADIAÇÃO SOLAR E DO ÍNDICE DE CLARIDADE PARA CAICÓ/RN

José Augusto Ferreira Neto

Thiago Gonçalves da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1532201094>

CAPÍTULO 5..... 48


A IMPORTÂNCIA DA NOTAÇÃO CIENTÍFICA E DAS UNIDADES DE MEDIDAS PARA UM APRENDIZADO MAIS SIGNIFICATIVO NO ENSINO DE FÍSICA: PROPOSTA DE INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Marilene Aparecida Fernandes Pereira

José Domingos de Oliveira

Zilanda Veríssimo da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1532201095>

SOBRE A ORGANIZADORA.....	61
ÍNDICE REMISSIVO.....	62

BIOSUSCEPTOMETRIA AC PARA A AVALIAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS

Data de aceite: 01/09/2022

Guilherme A. Soares

Instituto de Biociências de Botucatu /
Departamento de Física e Biofísica, UNESP
Botucatu, Brasil

Gabriel G.A. Biasotti

Instituto de Biociências de Botucatu /
Departamento de Física e Biofísica, UNESP
Botucatu, Brasil

Leonardo A. Pinto

Instituto de Biociências de Botucatu /
Departamento de Física e Biofísica, UNESP
Botucatu, Brasil

Erick G. Stoppa

Instituto de Biociências de Botucatu /
Departamento de Física e Biofísica, UNESP
Botucatu, Brasil

Lais P. Buranello

Instituto de Biociências de Botucatu /
Departamento de Física e Biofísica, UNESP
Botucatu, Brasil

Gabriele M. Pereira

Instituto de Biociências de Botucatu /
Departamento de Física e Biofísica, UNESP
Botucatu, Brasil

Jose R.A. Miranda

Instituto de Biociências de Botucatu /
Departamento de Física e Biofísica, UNESP
Botucatu, Brasil

RESUMO: Sistemas magnéticos vêm sendo amplamente utilizados para o estudo de nanopartículas magnéticas (NPMs), e o imageamento em tempo real é uma ferramenta importante para realizar tal estudo, que é acessível pelo método de biosusceptometria de corrente alternada (BAC), que tem como características a ausência de radiações ionizantes, baixíssima invasividade e baixo custo. Com modelos experimentais iniciais no estudo da viabilidade da aplicação do sistema no estudo de detecção, monitoramento e perfil de biodistribuição temporal de NPMs, foi possível avaliar o desempenho do sistema em relação à localização geométrica do arranjo e a imagem dinâmica da biodistribuição. A realização de testes de caracterização para o sistema BAC resultam em um contínuo desenvolvimento para o processo de reconstrução das imagens e também para desenvolvimento de novas instrumentações biomédicas.

PALAVRAS-CHAVE: Biosusceptometria de corrente alternada; nanopartículas magnéticas; instrumentação biomédica.

ABSTRACT: Magnetic systems have been widely used for the study of magnetic nanoparticles (NPMs), and real-time imaging is an essential tool to carry out such a study, which is accessible by the alternating current biosusceptometry (BAC) method, which features the absence of ionizing radiation, very low invasiveness and low cost. With initial experimental models in the study of the feasibility of applying the system in the study detection, monitoring, and temporal biodistribution profile of NPMs, it was possible

to evaluate the system's performance concerning the geometric location of the array and the dynamic image of the biodistribution. The characterization tests for the BAC system are essential to the development of the image reconstruction process and also the development of new biomedical instrumentation.

KEYWORDS: Alternate current biosusceptometry; magnetic nanoparticles; biomedical instrumental.

1 | INTRODUÇÃO

Métodos de aquisição de imagens são ferramentas fundamentais na pesquisa e na rotina clínica permitindo a visualização da anatomia e fisiologia de estruturas internas do organismo em estudo de modo não invasivo ou destrutivo. Nos últimos anos tem-se buscado o desenvolvimento de técnicas que sejam livres de radiação ionizante, como os sistemas magnéticos.

As aplicações de sistemas magnéticos vêm se tornando cada vez mais comuns, especialmente no que diz respeito às pesquisas relacionadas às nanopartículas magnéticas (NPMs) e seu potencial teranóstico onde pode ser um sistema de liberação de drogas altamente específico, utilizado também como agente de intensificação de radiação nos tratamentos por radioterapia, sistema de entrega de calor através de hipertermia magnética ou mesmo todos esses fatores atuando simultaneamente [1].

Em 2007 Sanhai [2] propôs os sete desafios relacionados à nanomedicina, destacando dois desses desafios para a utilização dos sistemas de biosusceptometria de corrente alternada (BAC), onde o primeiro é a detecção e monitoramento dessas nanopartículas *in vivo* após sua administração e o segundo o desenvolvimento de novos sistemas para a avaliação do perfil de biodistribuição temporal. Em trabalhos anteriores [3], nota-se que a BAC possui boa sensibilidade e resolução temporal suficiente para produzir sinais da distribuição dessas nanopartículas e, conseqüentemente, assegurar sua localização. Todavia, apenas a representação desses sinais pode não apresentar todas as informações necessárias, dificultando a interpretação de suas corretas localizações. Além disto, a aquisição em tempo real em diversos pontos de interesse simultaneamente torna-se um importante e promissor protocolo de medida.

Em adição, uma instrumentação capaz de produzir imagens da biodistribuição dessas nanopartículas magnéticas como o mapeamento por BAC permitirá o imageamento do marcador e/ou traçador magnético.

A busca por novas abordagens instrumentais de imagens médicas é de extrema importância para o desenvolvimento científico e tecnológico visando aplicações *in vivo* através de imagens, contribuindo para processos relacionados aos diagnósticos de câncer. Com baixo custo, forma não invasiva, livres de radiação ionizante e alta resolução temporal (tempo real).

Diferentes arranjos instrumentais para a BAC foram desenvolvidos, sendo um

desses arranjos o sistema composto por multissensores [4] utilizando 10 canais, sistema este que foi construído e utilizado no desenvolvimento deste trabalho.

Os sinais magnéticos são obtidos a partir de uma matriz contendo 10 pontos distintos (10 sensores), que são distribuídos no mesmo plano com a finalidade de gerar uma matriz de intensidade para cada tempo (*frame*).

Este trabalho piloto teve como objetivo implementar uma matriz de correção de ganho dos gradiômetros BAC multissensores, testar a correlação entre o posicionamento das NPMs no sistema e a intensidade obtida para tal posição na imagem e produzir imagens *in vivo* da distribuição de nanopartículas magnéticas a partir de BAC.

A necessidade de uma matriz de correção indica que pequenas variações durante a confecção do sistema, como o enrolamento e encaixe das bobinas resultam em alterações no sinal obtido.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Biosusceptometria AC e geração de imagens

O sistema BAC tem seus princípios físicos estabelecidos pelo eletromagnetismo clássico, trabalhando como um transformador duplo de fluxo magnético, composto por pares de bobinas (excitação e detecção) em arranjo gradiométrico de primeira ordem. Este arranjo permite detectar a presença de material ferromagnético ou superparamagnético através da força eletromotriz induzida pelo desbalanceamento de fluxo magnético em uma das extremidades do gradiômetro.

O sistema BAC utilizado neste trabalho possui arranjo multicanal, em que vários pares de bobinas de detecção são posicionados no interior de um par de bobinas de excitação para registro simultâneo de até dez canais. A Figura 1 mostra a disposição dos sensores no arranjo montado, para este trabalho, foram utilizados 10 dos 13 canais.

Os sinais são adquiridos continuamente por amplificadores *lock-in* (*Stanford Research Systems Inc.*), digitalizados (100Hz) por placa A/D de 16 bits (*National Instruments Inc.*) e armazenados (padrão ASCII) para posterior processamento, realizados utilizando LabView® (*National Instruments, Inc.*) Matlab® (*Mathworks, Inc.*).

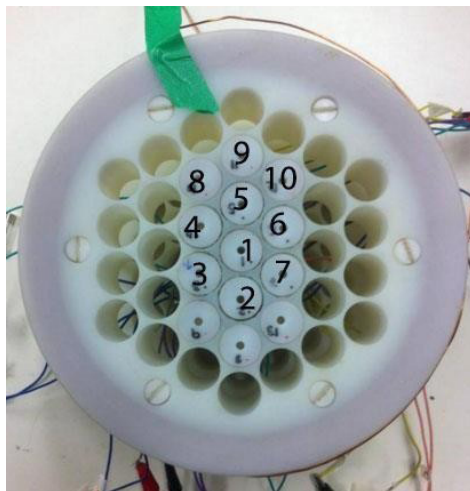


Figura 1 - BAC multisensor composto por 13 sensores.

A intensidade do sinal de cada gradiômetro foi representada em uma matriz, a qual foi interpolada (método *spline* cubica). Ao repetir este processo para cada conjunto de pontos, obteve-se um vídeo representando a movimentação do material traçador ao longo do tempo.

2.2 Nanopartículas Magnéticas

Como elementos traçadores foram selecionadas NPMs de ferrita de manganês ($MnFe_2O_4$) por possuir alta susceptibilidade magnética (superparamagnética) e, portanto, ser facilmente detectada pela BAC. As NPMs foram sintetizadas por co-precipitação [5] e recobertas com citrato. Possuíam diâmetro médio de 13 ± 4 nm e saturação de magnetização de 264 emu/cm^3 (58 emu/g). Na ocasião dos experimentos as nanopartículas se encontravam em solução fisiológica (23 mg/ml) contendo aproximadamente $1,7 \cdot 10^{15}$ partículas/ml [6].

2.3 Procedimentos experimentais

Para a realização das primeiras imagens dinâmicas relacionadas à NPMs utilizando o sistema desenvolvido, foram propostos os seguintes testes para atingir os objetivos definidos:

2.3.1 Calibração da BAC multisensores

Para assegurar resposta planar homogênea da BAC multisensores, um recipiente plástico contendo 0,5ml da solução de NPMs foi posicionado sobre cada sensor e uma aquisição de dez segundos foi feita. A seguir foram calculadas as imagens correspondentes à fonte fixa em frente a cada sensor.

Utilizando o valor máximo de pixel em cada imagem foi montada a matriz de correção e de ganho de cada sensor.

2.3.2 Distribuição *in vivo*

Após aprovação do Comitê de Ética (Protocolo nº 802-CEUA), um rato adulto (*Rattus norvegicus albinus* – linhagem Wistar), macho, 289,4g de massa proveniente do Biotério central da UNESP/Botucatu, foi submetido à cirurgia de canulação de veia femoral para a administração endovenosa das NPMs, sob efeito de anestesia (uretano a 99% - 1,5 mg/kg).

Posteriormente o animal foi posicionado em decúbito ventral sobre o sistema BAC multisensores 20 minutos antes do início da coleta de dados para estabilização do sistema. Em relação à Figura 1, a cabeça do animal foi posicionada sobre o sensor 2 e o local de administração no sensor 9.

A administração do fluido nanoparticulado ocorreu de modo contínuo a 0,05ml/s por 10s.

Finalizada a administração, a coleta de dados se estendeu por duas horas e em seguida o animal, ainda anestesiado, sofreu eutanásia por decapitação.

3 | RESULTADOS

3.1 Calibração

As Figuras 2 e 3 mostram, respectivamente, os histogramas de intensidade obtidos com o posicionamento do recipiente contendo material nanoparticulado frente a cada sensor do sistema, antes e após a implementação da matriz de correção.

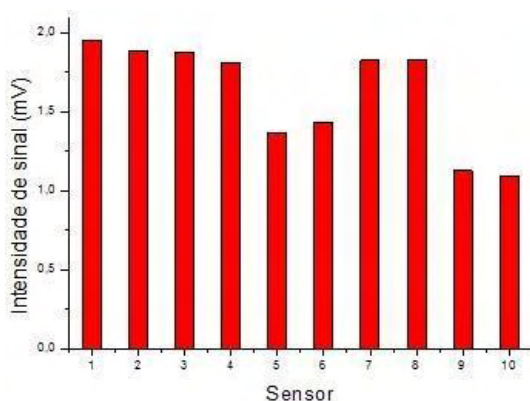


Figura 2 - Histograma para os sensores utilizados.

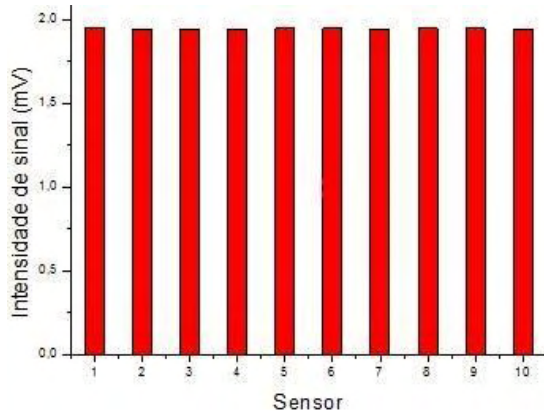


Figura 3 - Histograma utilizando a matriz de correção.

Estas correções refletem nas imagens produzidas pelo sistema, conforme as Figuras 4 e 5, que mostram a resposta de cada sensor antes e depois da matriz de correção, respectivamente.

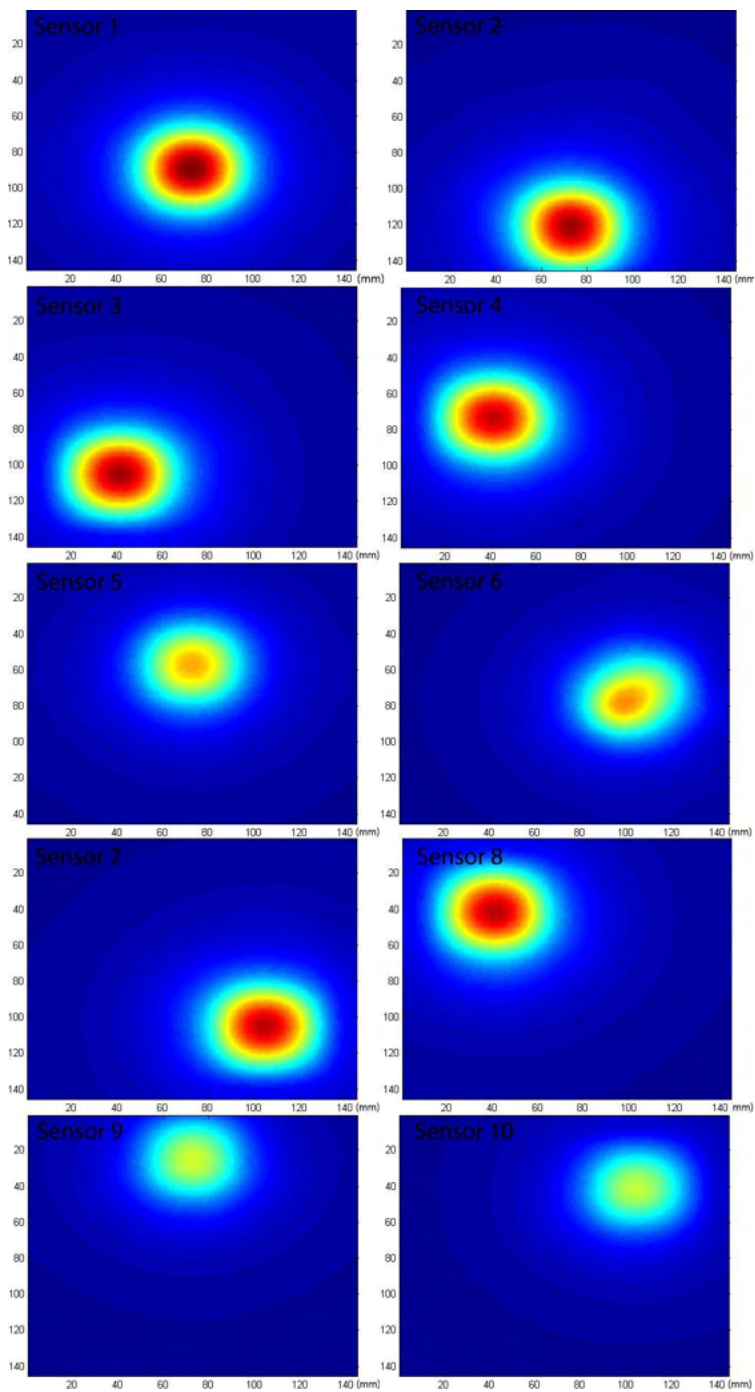


Figura 4 - Imagem para cada sensor sem utilizar a matriz de correção.

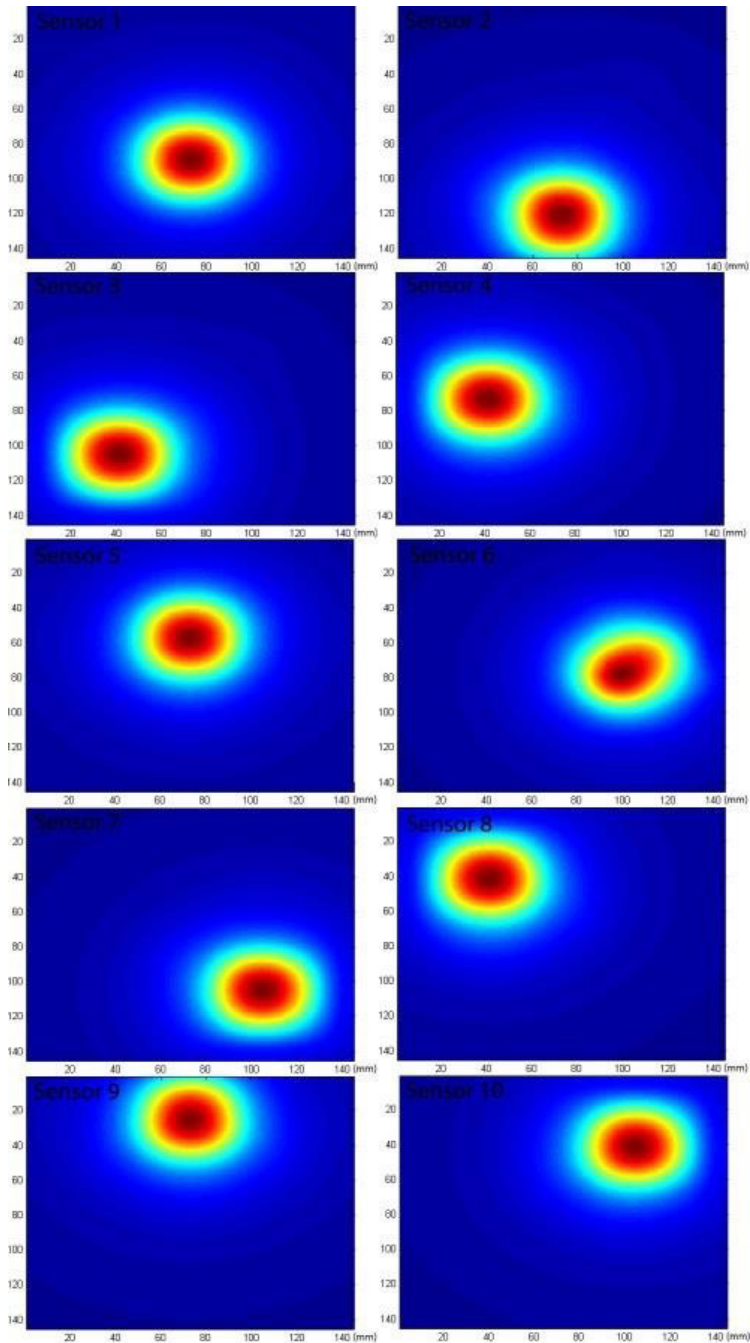


Figura 5 - Imagem para cada sensor utilizando a matriz de correção.

3.2 Distribuição *in vivo*

Na figura 6, quatro quadros das imagens dinâmicas foram selecionados para

determinar se o sistema é capaz de diferenciar órgãos alvo pela intensidade de sinal na imagem.

Em $t_0=0s$, momento anterior à administração das NPMs, a imagem é representada por uma área de ruído, correspondente ao animal em repouso sobre o sistema no qual nenhum sinal significativo é detectado. Já em $t_1=30s$, logo após a administração é verificado um aumento de intensidade entre a parte superior e média do plano, que corresponde a entrada das NPMs no animal e posterior distribuição pelos órgãos.

Nas imagens finais ($t_2=1h$ e $t_3=2h$) as NPMs concentram-se na altura do fígado e outros órgãos adjacentes do animal, distribuindo-se ao longo do plano de medida.

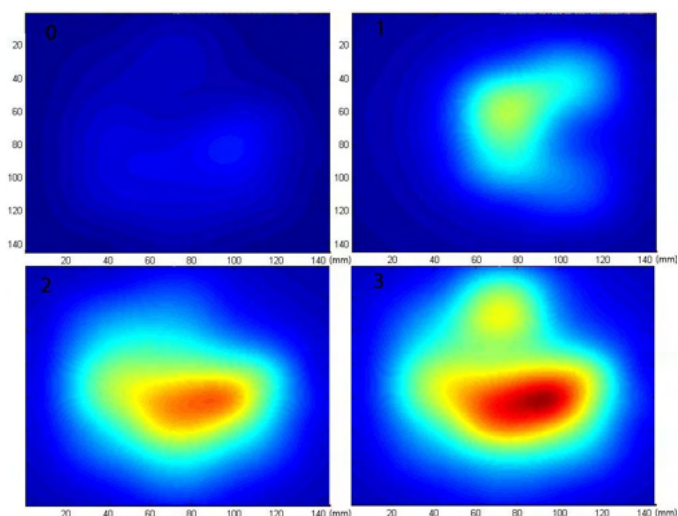


Figura 6 - Biodistribuição dinâmica das NPMs utilizando 10 canais para quatro momentos a partir da administração.

4 | DISCUSSÃO

A utilização do sistema multisensores para o imageamento de NPMs se mostrou eficiente em ambos os testes propostos.

No teste *in vitro*, a matriz de correção foi utilizada para corrigir a intensidade de cada sensor, melhorando assim a qualidade da imagem reconstruída. Além de verificar que a BAC é sensível a pequenas quantidades de NPMs, este teste permitiu identificar a posição dos sensores no plano da imagem, importante para a correlação anatômica na análise *in vivo*.

No estudo sobre o perfil de biodistribuição temporal de NPMs, o sistema detectou a presença de material magnético no plano de medida conforme a administração ocorria e também sua distribuição nos órgãos de interesse, como fígado e rins.

Os quadros selecionados para representar o desempenho do sistema mostram o

momento anterior à administração ($t_0=0s$), em que não há presença de sinal, o aumento inicial de intensidade à partir da chegada das NPMs ($t_1=30s$) no sensor mais próximo ao local da administração (sensor 9) e sua distribuição para os órgãos do animal, principalmente o fígado, que acumula a maior parte do material, que são apresentados uma hora (t_2) e duas horas(t_3) após a administração.

Todavia, a caracterização do sistema em relação à concentração de material magnético, distância fonte sensor, resolução, estabilidade e outros, faz-se necessária para o desenvolvimento do processo de reconstrução das imagens dinâmicas, além do estudo de outros métodos possíveis para um aumento na relação sinal ruído.

5 | CONCLUSÕES

A BAC é sensível para detectar NPMs *in vivo* e *in vitro* em concentrações de 23 mg/ml. Também foi possível produzir imagens planares desta distribuição à taxa de 100 Hz de amostragem, bem como corrigir estas imagens para melhor uniformidade de imagem.

Conhecendo-se a posição dos sensores, foi possível avaliar a distribuição *in vivo* de nanopartículas magnéticas administradas via endovenosa, de modo que o sistema BAC pode ser usado para estudar o perfil de biodistribuição temporal de NPMs.

REFERÊNCIAS

1. Lukianova-Hleb, E.Y.; Ren, X.; Sawant, R.R.; Wu, X.; Torchilin, V.P.; Lapotko, D.O. On-demand intracellular amplification of chemoradiation with cancer-specific plasmonic nanobubbles. *Nature medicine* **2014**, *20*, 778-784.
2. Sanhai, W.R.; Sakamoto, J.H.; Canady, R.; Ferrari, M. Seven challenges for nanomedicine. *Nature nanotechnology* **2008**, *3*, 242-244.
3. Quini, C.C.; Matos, J.F.; Próspero, A.G.; Calabresi, M.F.F.; Zufelato, N.; Bakuzis, A.F.; Baffa, O.; Miranda, J.R.A. Renal perfusion evaluation by alternating current biosusceptometry of magnetic nanoparticles. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* **2015**, *380*, 2-6.
4. Corá, L.; Andreis, U.; Romeiro, F.G.; Américo, M.; Oliveira, R.B.d.; Baffa, O.; Miranda, J. Magnetic images of the disintegration process of tablets in the human stomach by ac biosusceptometry. *Physics in Medicine & Biology* **2005**, *50*, 5523.
5. Branquinho, L.C.; Carrião, M.S.; Costa, A.S.; Zufelato, N.; Sousa, M.H.; Miotto, R.; Ivkov, R.; Bakuzis, A.F. Effect of magnetic dipolar interactions on nanoparticle heating efficiency: Implications for cancer hyperthermia. *Scientific reports* **2013**, *3*, 1-11.
6. Nunes, A.D.; Ramalho, L.S.; Souza, A.P.; Mendes, E.P.; Colugnati, D.B.; Zufelato, N.; Sousa, M.H.; Bakuzis, A.F.; Castro, C.H. Manganese ferrite-based nanoparticles induce ex vivo, but not in vivo, cardiovascular effects. *International journal of nanomedicine* **2014**, *9*, 3299.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Anisotropia 12
Aquisição de imagens 2
Artificial pinning centers 26, 32, 33
Atmosfera terrestre 35
Avaliação diagnóstica 48, 49, 51, 52, 55, 56, 57

B

BAC 1, 2, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24
Biomagnetismo 12, 23
Biosusceptometria de corrente alternada 1, 2, 11, 13, 14, 24
Box-Plot 35, 40, 41, 42, 43

C

Ciências da natureza 49
Comprimido magnético 12, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23
COVID-19 48, 49, 50, 52, 53, 54, 57, 58, 59, 60

E

Electron-phonon interaction 30, 32
Energia solar 35, 36, 45, 46, 47
Energias renováveis 35
Ensino de física 46, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 57, 58, 59
Ensino médio 48, 50, 51, 54, 55, 56, 59
Ensino remoto 48, 58, 59, 60

F

Ferrita de manganês 4, 15

G

Gradiômetro 3, 4, 12

I

Imagens magnéticas 11, 12, 13, 22
Imagens quantitativas 12, 23, 24
Índice de clareza 35, 36, 39, 43, 44, 45
Instrumentação biomédica 1

Irradiância 35, 38, 39, 40, 42, 43, 44

Irradiância difusa horizontal 38

Irradiância direta horizontal 38

Irradiância global horizontal 38

M

Magnetorresistores 11, 12, 13, 15, 24

Marcadores magnéticos 15, 23

Material magnético 9, 10, 14, 19, 22, 23

Metodologias ativas 48, 49, 54

Micropartículas 15

MnFe₂O₄ 4, 15

N

Nanomedicina 2

Nanopartículas magnéticas 1, 2, 3, 4, 10, 13, 24, 25

Nb₃Sn(s) 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33

Notação científica 48, 51, 55

P

PIT process 28

R

Radiação solar 35, 36, 39, 47, 54

S

Sistemas magnéticos 1, 2

Superconducting properties 26, 30, 32

Superconducting wires 28, 34

Superconductive behavior 27

T

Técnicas biomagnéticas 12

U

Unidades de medidas 48, 50, 51, 54


Física:

Produção de conhecimento
relevante e qualificado 3

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Física:

Produção de conhecimento
relevante e qualificado 3

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br