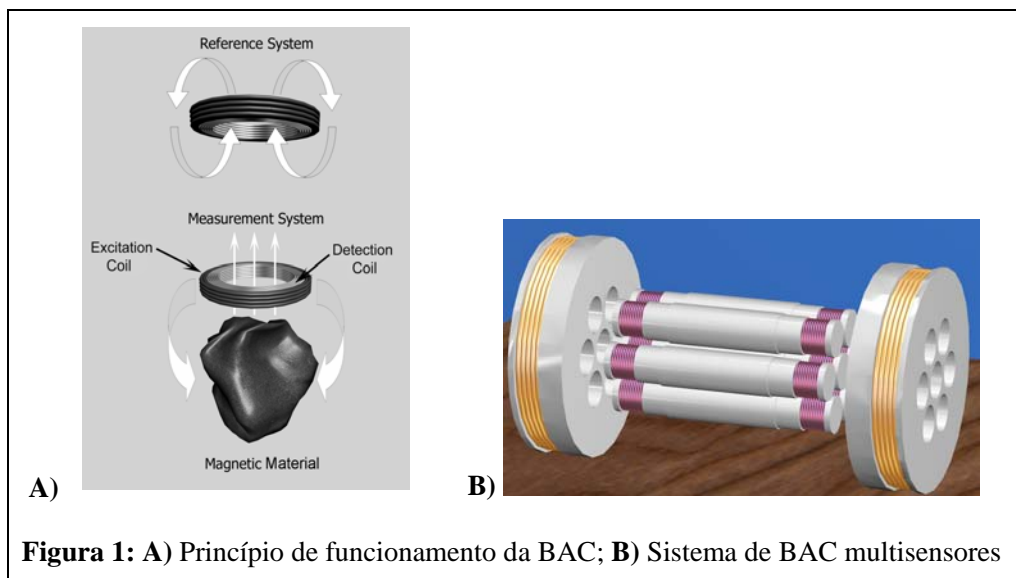


# FILTRO DE WIENER COMO FERRAMENTA DE OTIMIZAÇÃO EM ESTUDOS DE DESINTEGRAÇÃO DE COMPRIMIDOS POR BIOSUSCEPTOMETRIA AC

Paulo Roberto da Fonseca Filho, José Ricardo de Arruda Miranda, Luciana Aparecida Corá, Murilo Stelzer – Área: Física – Física Médica – Departamento de Física e Biofísica – Instituto de Biociências de Botucatu – Campus Rubião Júnior.

Métodos de imagem médica consagraram-se como ferramentas básicas na pesquisa farmacêutica. A Biosusceptometria de Corrente Alternada (BAC), proposta como técnica alternativa aos métodos atuais (alto custo e/ou uso de radiação ionizante), apresentou resultados satisfatórios ao monitorar formas farmacêuticas no trato gastrointestinal humano e na obtenção de imagens biomagnéticas [1, 2]. O objetivo deste trabalho é empregar o filtro de Wiener para restaurar imagens magnéticas de comprimidos.

A BAC usa bobinas de indução para registrar variação de fluxo magnético devida à presença de material ferromagnético de alta susceptibilidade (ferrita –  $\text{MnFe}_2\text{O}_3$ ) exposto a campo magnético alternado (60 Hz). O sistema BAC multisensores possui um par de bobinas de excitação ( $\phi = 11\text{cm}$ ) e sete pares de bobinas de detecção ( $\phi = 3,0\text{cm}$ ) arranjados coaxialmente na configuração gradiométrica de primeira ordem para trabalhar como um transformador duplo de fluxo magnético, no qual o par (excitação/detecção) mais próximo do material magnético atua como medida e o par (excitação/detecção) mais distante atua como referência. Não havendo material magnético próximo ao sistema de medida, o sinal de saída é minimizado; ao aproximar o material magnético, o fluxo magnético do sistema gradiométrico sofre alteração e o material é monitorado (figura 1). Esses sinais magnéticos são adquiridos continuamente por amplificadores lock-in e digitalizados via placa A/D de 16 bits.



**Figura 1:** A) Princípio de funcionamento da BAC; B) Sistema de BAC multisensores

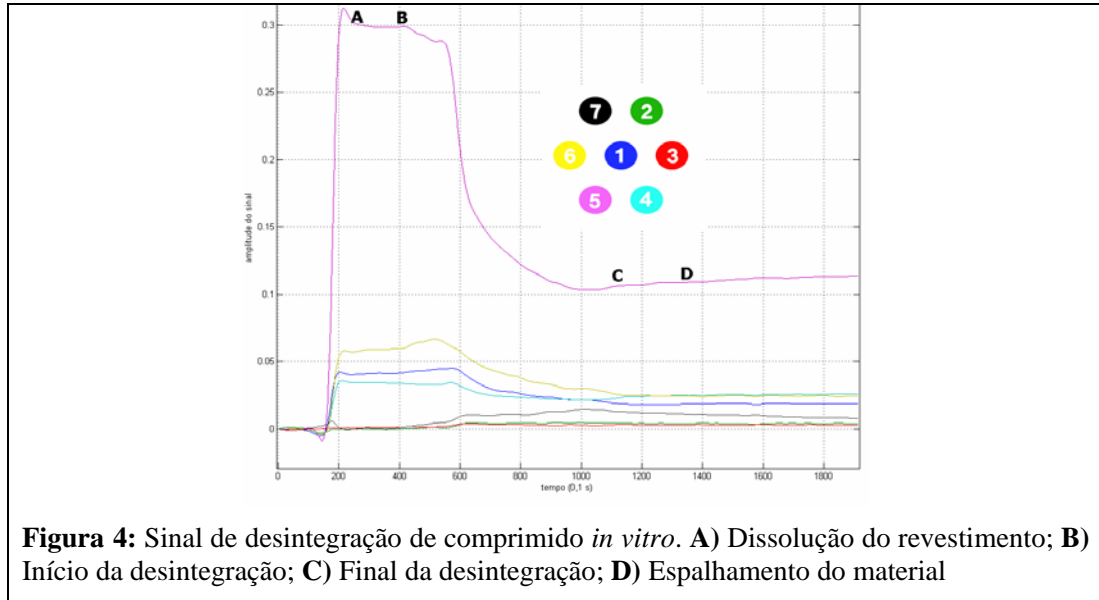
O filtro de Wiener Paramétrico Generalizado minimiza a função estatística erro, operando no domínio da frequência para buscar a melhor estimativa da imagem original e sua solução, no domínio da frequência, é dada pela equação 1. O termo  $\alpha$  permite ao operador do sistema ter controle sobre o grau de atenuação do ruído aditivo da imagem. A “eficiência” da redução de ruído cresce conforme  $\alpha$  aumenta, enquanto que o parâmetro  $\beta$  permite selecionar o decaimento da banda de transição do filtro: conforme  $\beta$  aumenta, a banda de transição torna-se mais abrupta.

$$\hat{F}(u,v) \approx \left[ H_{inv}(u,v) \left( \frac{|H(u,v)|^2}{|H(u,v)|^2 + \alpha \left( \frac{S_n(u,v)}{S_f(u,v)} \right)} \right)^\beta \right] G(u,v) \quad 1$$

em que  $\alpha$  e  $\beta$  são números inteiros,  $S_n(u,v)$  e  $S_f(u,v)$  a potência espectral do ruído e da imagem, respectivamente,  $H_{inv}(u,v)$  é o filtro pseudo-inverso,  $H(u,v)$  a transformada de Fourier da função de espalhamento pontual (PSF),  $G(u,v)$  a transformada de Fourier da imagem degradada e  $\frac{S_n(u,v)}{S_f(u,v)}$  é a razão sinal-ruído.

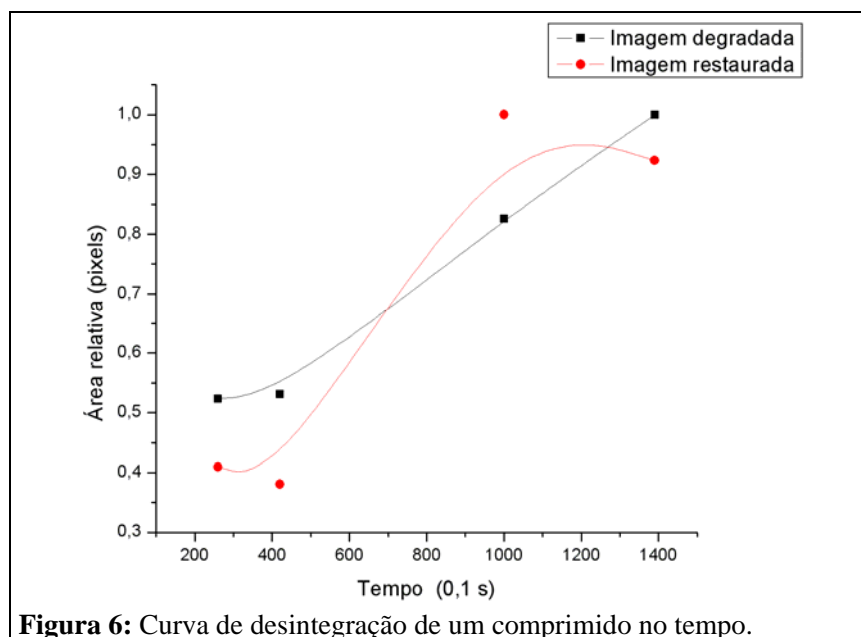
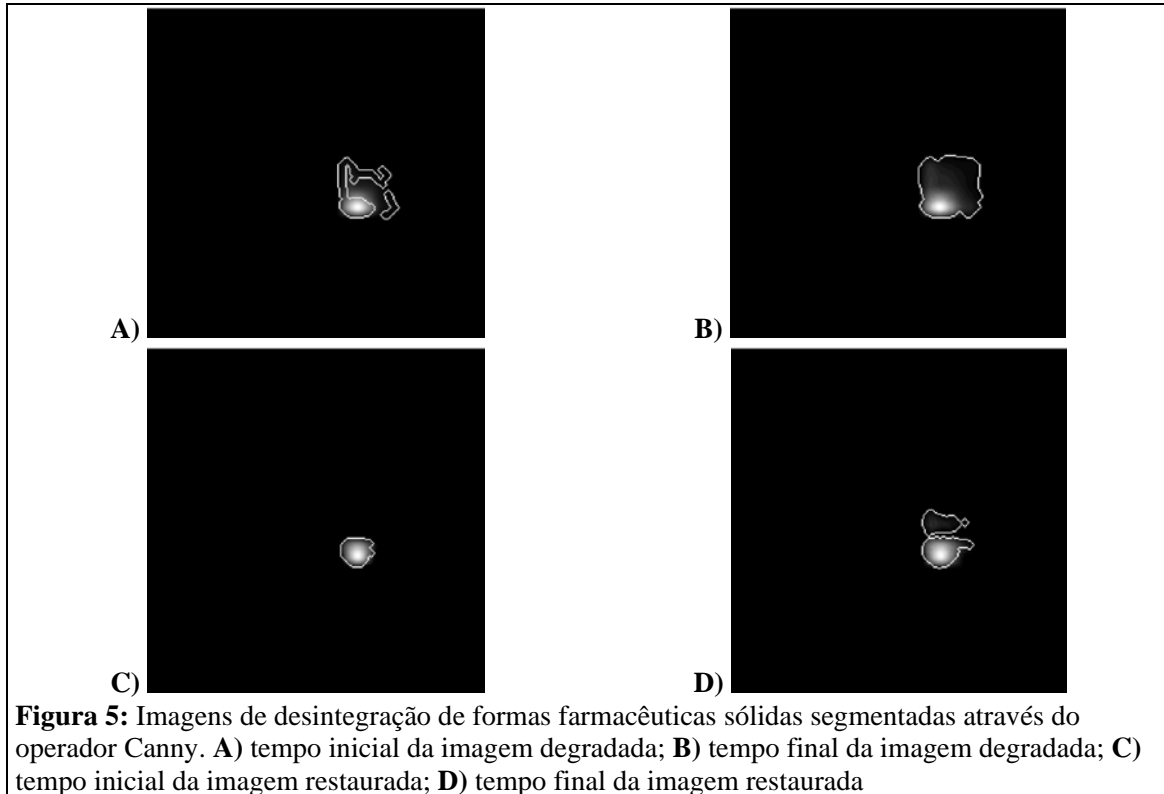
O processo de restauração da imagem pode apresentar melhores resultados quando a imagem a ser restaurada é submetida a processos de pós-processamento, que consistem em ajustes brilho/contraste. Esse processamento ajuda a retirar algumas oscilações provenientes do filtro e evita que o operador de segmentação Canny, considere esses “artefatos” nas medidas de área do processo de desintegração. O desenvolvimento computacional do trabalho deu-se em ambiente Matlab®.

Os testes foram realizados submetendo os comprimidos (obtidos por compressão direta de 1,00g de ferrita mais excipientes e revestidos por solução de Eudragit® E100) a um ambiente com pH próximo ao do estômago humano onde o sistema BAC foi posicionado lateralmente ao recipiente para adquirir os sinais. As imagens dos testes *in vitro* foram tomadas em quatro fases: dissolução de revestimento, início da desintegração, final da desintegração e espalhamento de material, acompanhando a evolução de marcador para traçador magnético, fato que pode ser constatado pelo sinal da figura 4, onde são indicadas as quatro fases em cada canal de acordo com o esquema de cores presente na mesma figura.



O efeito da restauração pode ser notado quando se tomam as imagens iniciais e finais antes e depois da restauração já segmentadas na figura 5. Com os dados da medida de área dessas

imagens, é possível estimar a área em cada uma das imagens da série, exibindo sua evolução na figura 6.



Depois de processadas pelo filtro de Wiener, cujos parâmetros foram otimizados para cada caso, essas imagens apresentaram qualidade superior, tanto qualitativa quanto quantitativamente, revelando características que eram ocultas antes do processamento. A segmentação da imagem degradada apresentou somente a expansão da área em função do tempo enquanto que a segmentação das imagens restauradas revela também um eminente processo de estabilização no final do período, conforme observado no sinal magnético. Com isso, pode-se concluir que as imagens restauradas apresentaram segmentação mais precisa e melhoraram a análise do processo de desintegração dos comprimidos para estudos *in vitro*. Os autores agradecem o fomento de FAPESP, CAPES e CNPq/PIBIC.

[1] MOREIRA, M.; MURTA, L. O.; BAFFA, O.; Imaging ferromagnetic tracers with an AC biosusceptometer, **Rev. Sci. Instrum.**, v. 71, n. 6, p. 2532-2538, 2000.

[2] CORÁ, L. A. *et al*; AC Biosusceptometry in the study of drug delivery, **Adv. Drug Deliv. Rev.**, v. 57 n.º 8, p. 1223-1241, 2005.

Bolsa CNPq/PIBIC.