

# PROPRIEDADES ESTÁTICAS E DINÂMICAS DE VÓRTICES EM FILMES FINOS SUPERCONDUTORES PRÓXIMOS A FIOS CONDUTORES

Wesley Alves de Lima<sup>1</sup>; Cléssio Leão Silva Lima<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudante do Curso de Engenharia Civil - CAA – UFPE; E-mail: wesley448@hotmail.com ,

<sup>2</sup>Docente/pesquisador do Depto de Engenharia Civil – CAA – UFPE. E-mail: clsl@df.ufpe.br .

**Sumário:** Este trabalho teve como objetivo iniciar o estudo da interação entre filmes finos supercondutores preenchidos de vórtices e fios condutores, próximos, conduzindo corrente elétrica  $I$ . Obteve-se o campo magnético e o potencial vetor associado e, a partir deste último, determinou-se a densidade de corrente que permeia o filme supercondutor.

**Palavras-chave:** eletromagnetismo; problemas de valor de contorno; supercondutividade

## INTRODUÇÃO

A nanotecnologia constitui a área do conhecimento responsável por manipular a matéria em escala nanométrica. Sabe-se que embora tenham dimensões diminutas, as possíveis aplicações tecnológicas de dispositivos construídos nesta escala são infinitas. O mercado total destes produtos, por exemplo, passou dos 135 para 693 bilhões de dólares de 2007 a 2012, e estima-se que chegue a perto dos três trilhões em 2015, o que credencia ser esta a tecnologia chave do sec. XXI [1]. Por possuírem dimensões tão pequenas, todos os dispositivos nanoscópicos apresentam na sua essência propriedades de natureza quântica. Os supercondutores nanoestruturados assumem papel de destaque nestes materiais, pois o comportamento supercondutor utilizado nas aplicações práticas (resistência elétrica nula, por exemplo) é controlado pela modelagem de estruturas capazes de guiar o conjunto quântico coerente de elétrons e ou buracos [2]. Sendo assim, a nanociência revela ser a ciência responsável pela criação de materiais com propriedades pré-determinadas, obtidas via aplicação dos princípios da mecânica quântica (conceito atual de design quântico). A possibilidade de aplicação prática dos materiais supercondutores é, porém, limitada por seus parâmetros críticos (temperatura, campo magnético e corrente elétrica). Nos supercondutores nanoestruturados, a presença de fluxos de campo magnético (vórtices) [3] induz a necessidade de confinamento ou, pelo menos, controle do movimento destes, de modo a reduzir ao máximo a dissipação de energia na matriz supercondutora. A ancoragem dos vórtices pode acontecer através de defeitos naturais na amostra e/ou de forma mais eficaz utilizando-se centros artificiais. Com o avanço das técnicas litográficas, hoje se consegue criar centros de confinamento de vórtices na forma de dots, antidots (cavidades), blind holes (buracos transfixando a amostra), modulação do filme supercondutor ou através de fontes de campo magnético. Esta última opção é, em particular, interessante, pois oferece a possibilidade de construção de centros de ancoragem flexíveis, com potenciais de perfil e magnitude reguláveis. Uma das fontes de campo magnético mais simples são os fios condutores. Embora a idéia seja extremamente elementar, pouco foi feito sobre o tema. Baseado nisto, este trabalho pretendeu ser o passo inicial na compreensão da influência que o campo criado por um fio condutor exerce sobre as propriedades de um filme supercondutor próximo a ele, calculando os campos, potenciais e as correntes associadas.



## MATERIAIS E MÉTODOS

Obteve-se por métodos analíticos o campo magnético criado por um fio fino condutor na presença de um filme supercondutor e o potencial vetor associado [4] e por métodos numéricos (solução da equação de Poisson via diferenças finitas) a densidade de corrente supercondutora no filme.

## RESULTADOS

O campo criado por um fio condutor que conduz corrente  $I$  na direção  $y$  a uma altura  $h$  distante de uma fita fina supercondutora presente no plano  $xy$  é dado por

$$\vec{E} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{((z-h)\hat{z} - x\hat{k})}{x^2 + (z-h)^2} \left( \frac{y+L}{\sqrt{(y+L)^2 + x^2 + (z-h)^2}} - \frac{y-L}{\sqrt{(y-L)^2 + x^2 + (z-h)^2}} \right)$$

O potencial vetor associado a este campo é dada por

$$\vec{A} = \frac{\mu_0 I}{8\pi} \ln \left[ \frac{\left( \sqrt{(z-h)^2 + x^2 + (y+L)^2} + (y+L) \right) \left( \sqrt{(z-h)^2 + x^2 + (y-L)^2} - (y-L) \right)}{\left( \sqrt{(z-h)^2 + x^2 + (y+L)^2} - (y+L) \right) \left( \sqrt{(z-h)^2 + x^2 + (y-L)^2} + (y-L) \right)} \right] \hat{j}$$

A densidade de corrente supercondutora  $\vec{J}_s$  é dada por

$$\vec{J}_s = -\frac{d}{\mu_0 \lambda^2} (\vec{A} + \nabla \chi)$$

onde  $\chi$  satisfaz a equação de Poisson com condição de contorno de Neumann. A obtenção de  $\chi$ , infelizmente, demonstrou-se ser não trivial e, então, demandou tempo maior que o estipulado inicialmente no projeto.

## CONCLUSÕES

Com este trabalho, obteve-se o campo magnético  $\mathbf{B}$  e o potencial vetor magnético  $\mathbf{A}$  criado por um fio condutor próximo a uma fita supercondutora distanciada  $h$ . Utilizando o valor do potencial associado, descobriu-se o valor da densidade de corrente supercondutora no filme, resolvendo para isso a equação de Poisson para o Gauge  $\chi$ . Esta informação é de suma importância na descoberta da interação efetiva entre vórtices e fios.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao CNPq (PROPESQ) pela apoio destinado à esta pesquisa em forma de bolsa de Iniciação Científica.

## REFERÊNCIAS

- [1] Ministério da Ciência e da Tecnologia, Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/sobre/ciencia-e-tecnologia/tecnologia-deponta/nanotecnologia>. Acesso em: 14 maro de 2014;
- [2] Moschalkov, V. V. and Fritzsche, J. 2011. Nanostructured Superconductors. Primeira Edição. Singapura. Ed. World Science;
- [3] Abrikosov, A. A., Soviet Physics JETP 5, 1174 (1957);
- [4] Griffiths, David J., Introduction to Electrodynamics, Second Edition, Prentice Hall, 1981.