

O PAPEL DO PINNING SUPERFICIAL SOBRE O EFEITO MEISSNER PARAMAGNÉTICO DE ALTO CAMPO NO $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ MONOCRISTALINO

MATEUS BIGOLIN LORENZON¹; VALDEMAR DAS NEVES VIEIRA²

¹*Instituto de Física e Matemática - IFM/UFPEL – mateus_pbfl@hotmail.com*

¹*Instituto de Física e Matemática - IFM/UFPEL – vdnvieira@gmail.com*

1. INTRODUÇÃO

O supercondutor $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ é do tipo II e, portanto, apresenta o seu diagrama $H-T$ composto por uma fase mista onde o campo magnético se estabelece na forma de vórtices. A estrutura de um vórtice é constituída por um quantum de fluxo magnético blindado por supercorrentes. Além disso, a dinâmica desses vórtices mostra-se fortemente dependente do tipo de interação que esses mantêm com os centros de aprisionamento (“pinning”) existentes ou introduzidos artificialmente na estrutura cristalina do material [1].

Uma das maneiras de alterar-se, de forma controlada, as características dos mecanismos de “pinning” nos supercondutores de alta temperatura (HTSC) é promovendo a substituição parcial de elementos químicos cativos da estrutura por outros compatíveis para este propósito. Neste estudo a ativação do mecanismo de “pinning” superficial na fase mista do $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ é obtida quando aproximadamente 18% dos átomos do Ba são substituídos por Sr [1].

O efeito Meissner caracteriza-se por uma resposta magnética intrínseca apresentada por algum material o qual quando sobre a aplicação de campo magnético (H) experimenta uma transição do estado normal para o supercondutor. Em particular, este efeito é caracterizado pela expulsão do campo magnético do interior do material, agora supercondutor, quando este encontra-se a uma temperatura igual ou menor que a temperatura crítica de transição para o estado supercondutor ($T \leq T_c$) [1-3].

A expulsão do fluxo magnético é total para $T \leq T_c$ em supercondutores do tipo I. Por outro lado, no que tange aos supercondutores do tipo II a totalidade desta expulsão vai estar ligada a natureza termodinâmica da interação estabelecida entre vórtices e os mecanismos de “pinning” do material [1-3].

O comportamento do efeito Meissner é verificado experimentalmente, principalmente, por meio da realização de medidas de magnetização [$M(T)$], por meio da adoção dos procedimentos experimentais “field cooling cooled” [$M_{\text{FCc}}(T)$] e “field cooling warming” [$M_{\text{FCw}}(T)$]. Em particular, a manifestação experimental do efeito Meissner, em supercondutores do tipo II, é caracterizada por uma resposta diamagnética (negativa), praticamente independente da temperatura por parte das magnetizações $M_{\text{FCc}}(T)$ e $M_{\text{FCw}}(T)$ para $T \ll T_c$, conforme ilustrado na figura 1.

Por outro lado, o efeito Meissner paramagnético de alto campo (EMPAC) está relacionado a admissão e compressão dos vórtices na fase mista de supercondutores do tipo II [2,3]. Este fenômeno, ainda não totalmente compreendido, é caracterizado experimentalmente por uma resposta predominantemente paramagnética (positiva) de $M_{\text{FCc}}(T)$ e $M_{\text{FCw}}(T)$ para $T \ll T_c$. Esta resposta mostra-se fortemente dependente da temperatura e do campo magnético aplicado, conforme ilustra a figura 2.

Desta forma, o presente trabalho prevê a realização de um estudo experimental de magnetização dc em uma amostra monocristalina de $\text{YBa}_{1.63}\text{Sr}_{0.37}\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ onde os procedimentos experimentais ZFC (“zero field cooling”, FCC e FCW são empregados com o objetivo de apurar os efeitos

provenientes do “pinninig” superficial sobre o EMPAC. Os resultados obtidos serão contrastados com os obtidos para um monocrystal de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$, otimamente dopado, cujo mecanismo de “pinning” dominante é o pontual normal [3].

2. METODOLOGIA

Os monocrstais empregados neste trabalho foram crescidos segundo a técnica de auto-fluxo no Laboratório de Materiais Supercondutores (LMS) da UFPel. O monocrystal selecionado teve a sua estrutura e a sua transição supercondutora caracterizadas por meio de medidas de difração de raio x e de magnetização dc, respectivamente, sendo ambas realizadas no Laboratório de Supercondutividade e Magnetismo (LSM) da UFRGS.

A radiação CuKa foi incidida ao longo do plano do monocrystal. Por outro lado, as medidas de magnetização $M_{\text{ZFC}}(T)$, $M_{\text{FCW}}(T)$ e $M_{\text{FC}}(T)$ foram realizadas com a utilização de um magnetômetro SQUID quando $H \leq 50$ kOe foram aplicados paralelamente ao eixo cristalográfico c do monocrystal ($H \parallel c$) enquanto a amostra foi resfriada ou aquecida a uma taxa de 2K/min para um intervalo de temperatura compreendido entre $15\text{K} \leq T \leq 110\text{K}$ [2,3].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A medida de difração de raio x revelou que o monocrystal apresenta uma estrutura planar bem definida e que o valor do seu parâmetro de rede c está de acordo com resultados reportados na literatura [4]. Por outro lado, a figura 1 apresenta o comportamento das magnetizações $M_{\text{ZFC}}(T)$, $M_{\text{FC}}(T)$ e $M_{\text{FCW}}(T)$ para nossa amostra de $\text{YBa}(\text{Sr})\text{CuO}$ quando $H = 0.01\text{kOe} \parallel c$ é aplicado.

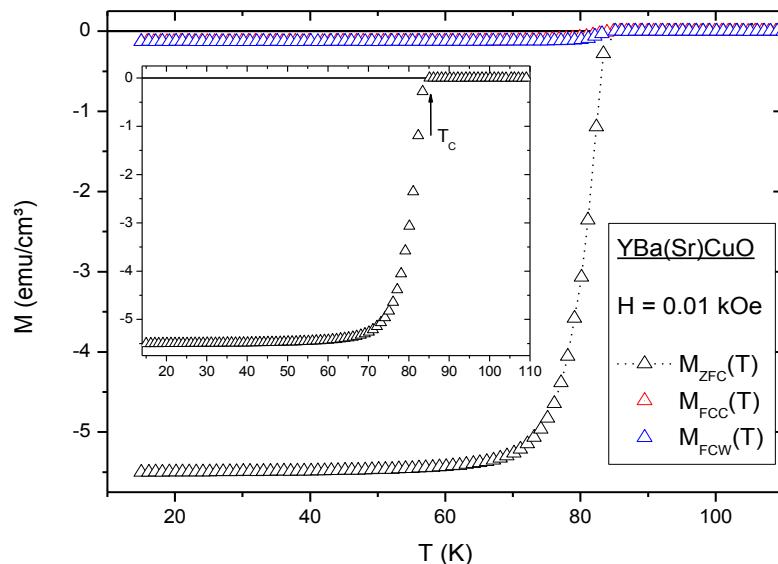


Figura 1: O comportamento das magnetizações $M_{\text{ZFC}}(T)$, $M_{\text{FC}}(T)$ e $M_{\text{FCW}}(T)$ para a amostra $\text{YBa}(\text{Sr})\text{CuO}$ quando submetida a $H = 0.01\text{kOe} \parallel c$.

De acordo com a ilustração do inserto da figura, segundo precisão experimental adotada, é possível verificar que o valor indicado para o T_c da amostra de $\text{YBa}(\text{Sr})\text{CuO}$ é $\sim 86\text{K}$, valor menor que o obtido para uma amostra de

$\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$, porem condizente com o que se encontra listado na literatura para este composto [4].

A figura principal, por sua vez, revela que o comportamento das magnetizações $M_{\text{FCC}}(T)$ e $M_{\text{FCW}}(T)$ é caracterizado pelo efeito Meissner usual. Por outro lado, na figura 2 são contrastados os comportamentos de $M_{\text{FCC}}(T)$ para um monocrystal de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ (YBaCuO) ($T_c \sim 93\text{K}$) e o nosso monocrystal de $\text{YBa}(\text{Sr})\text{CuO}$ quando $1\text{kOe} \leq H \leq 50\text{kOe}$ são aplicados.

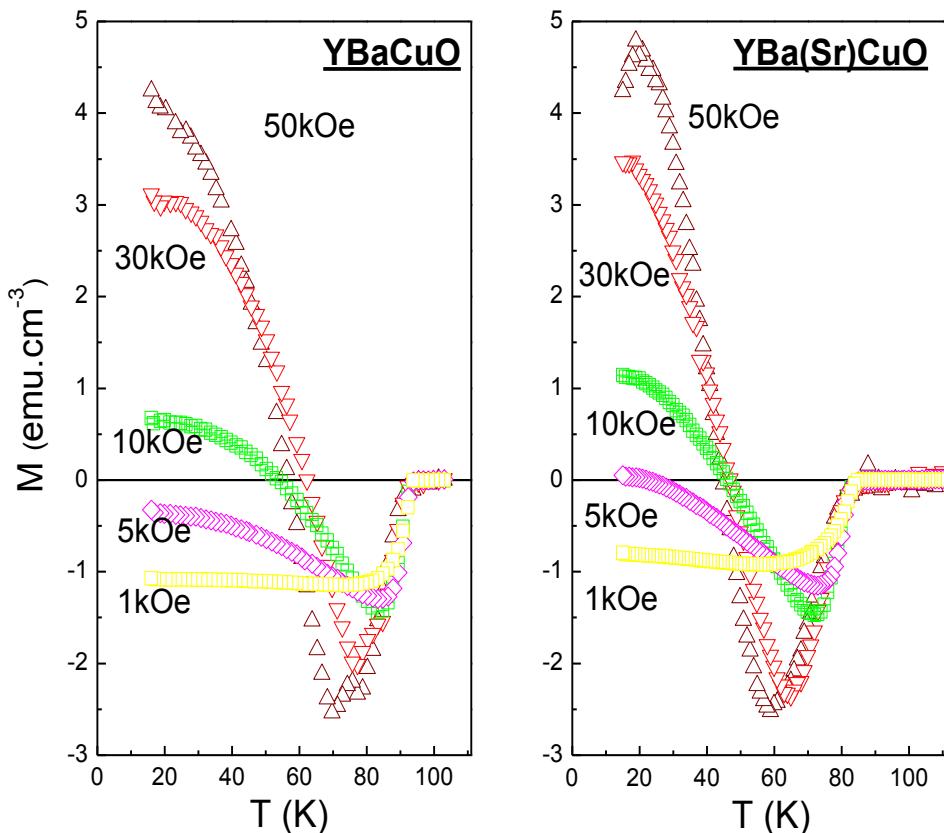


Figura 2: Os comportamentos de $M_{\text{FCC}}(T)$, obtidos para $1\text{kOe} \leq H \leq 50\text{kOe}$, para os monocristais YBCO e $\text{YBa}(\text{Sr})\text{CuO}$.

Fica claro na figura que para $H > 1\text{kOe}$ o EMPAC está presente no comportamento de $M_{\text{FCC}}(T)$ de ambas as amostras. É possível verificar que no caso da amostra $\text{YBa}(\text{Sr})\text{CuO}$ a resposta de $M_{\text{FCC}}(T)$, em baixas temperaturas, torna-se paramagnética para $H > 5\text{kOe}$ sendo que a intensidade desse sinal nesta amostra passa a aumentar em função de H . Entretanto, se comparado ao comportamento do EMPAC analisado em função de H no YBaCuO verifica-se que o aumento do sinal paramagnético exibido pelo monocrystal dopado foi suave além de que o perfil apresentado pelos dados de $M_{\text{FCC}}(T)$ mostrou-se bastante semelhante ao exibido pelos dados de $M_{\text{FCC}}(T)$ no YBaCuO .

4. CONCLUSÕES

Neste trabalho, monocristais de $\text{YBa}_{1.63}\text{Sr}_{0.37}\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ foram crescidos, por meio da técnica de auto-fluxo, com o propósito de investigar, através do comportamento da magnetização $M_{\text{FCC}}(T)$, a contribuição do “pinning” superficial para o EMPAC no $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$.

Os resultados experimentais de $M_{FCC}(T)$ obtidos, quando $1\text{kOe} \leq H \leq 50\text{kOe}$ foram aplicados, para o monocrystal de $\text{YBa}_{1.63}\text{Sr}_{0.37}\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ foram comparados com os obtidos para um monocrystal de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ [RR]. O contraste entre os resultados mostram que o “pinning” superficial aumenta suavemente a intensidade do sinal paramagnético, em função do campo magnético aplicado, embora sem alterar significativamente o perfil do comportamento dos dados de $M_{FCC}(T)$ quando comparado aos resultados obtidos para estes mesmos parâmetros em um monocrystal de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ no qual o mecanismo de “pinning” predominante é o pontual normal [1,2].

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Lopes, R. F. **Efeitos de desordem química na densidade de corrente e na força de “pinning” de monocrystal de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$** . Dissertação (Mestrado em Física) – PPGF. UFPel.
- [2] A. I. Rykov, S. Tajma and F. V. Kusmartsev, “High-fd paramagnetic effect in age crystals f $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$,” Phys. Rev. B, Vol. 55, no 13, pp. 8557-8563, Apr. 1997.
- [3] V.N. Vieira; F. T. Dias; C. P. Gouvêa; P. Pureur; J. Schaf; M. L. Hneda, “High-Field Paramagnetic Meissner Effect in Ga-Implanted $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ Single Crystal,” IEEE Transactions on Applied Superconductivity, v. 26, p. 1-4, Apr. 2016.
- [4] Vieira, V. N. **Efeito das Substituições Químicas na Irreversibilidade Magnética e Magnetocapacidade do Supercondutor $\text{YBa}(2)\text{Cu}(3)\text{O}(7)$** ,. Tese (Doutorado em Física). UFRGS