

RELAXAÇÃO MAGNÉTICA ANÔMALA EM SUPERCONDUTORES DE $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ QUE EXIBEM O EFEITO MEISSNER PARAMAGNÉTICO

EVELIN DA LUZ GARCIA¹; VALDEMAR DAS NEVES VIEIRA²; JOAN JOSEP ROA ROVIRA³; FÁBIO TEIXEIRA DIAS⁴

¹Universidade Federal de Pelotas – evelin.luzg@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – vdnvieira@gmail.com

³Universidad de Barcelona – joanjosep_roa@ub.edu

⁴Universidade Federal de Pelotas – diasft@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

O efeito Meissner se caracteriza pela resposta diamagnética do supercondutor frente à aplicação de um campo magnético. A expulsão do fluxo magnético do interior de um supercondutor pode ser observada em experimentos do tipo FC (*field-cooling*). Porém, em certos casos, a resposta do supercondutor frente à aplicação de um campo magnético em experiências do tipo FC (resfriamento com campo aplicado) pode ser paramagnética, contrariando o efeito Meissner convencional. A esta resposta chamamos de efeito Meissner paramagnético (PME).

O PME tem sido observado em diversas amostras de supercondutores de alta temperatura crítica e um aspecto notável e intrigante deste efeito é a sua forte dependência temporal observada em alguns casos durante a realização de experimentos de relaxação da magnetização FC. Nestes casos as amostras exibem uma relaxação paramagnética cujo momento tende a aumentar com o tempo. Um dos exemplos deste comportamento está reportado no trabalho de TERENCEV et al. (1999) para filmes finos de Nb, no qual a relaxação da magnetização FC observada experimentalmente não segue uma lei logarítmica. A princípio não existe um modelo definitivo para explicar o efeito, já que ele se manifesta em diferentes intervalos de campo magnético, o qual pode tanto reforçá-lo quanto atenuá-lo. Algumas explicações para o PME se baseiam em ideias de compressão de fluxo magnético no interior do supercondutor, de acordo com o proposto inicialmente por KOSHELEV; LARKIN (1995).

Utilizando amostras texturizadas de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ crescidas pela técnica *top seeding* caracterizamos o PME por meio de medidas de magnetização e relaxação magnética, com o intuito de obter novas informações acerca de suas características e interpretação da sua evolução temporal. As amostras texturizadas foram cedidas pelo Departamento de Ciencia de los Materials e Ingeniería Metalúrgica da Universidad de Barcelona, Espanha.

2. METODOLOGIA

Neste trabalho foram utilizadas duas amostras texturizadas (A e B) de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ nas quais foram realizadas medidas magnéticas em parceria com o Laboratório de Magnetismo e Supercondutividade do Instituto de Física da UFRGS. Através do magnetômetro de SQUID foram efetuadas medidas de relaxação da magnetização FC com campo aplicado ao longo do plano *ab* e eixo-*c*. Para a análise e o tratamento dos dados experimentais do comportamento funcional da relaxação magnética FC, foi utilizado o software *QtiPlot*, com o uso de uma função tipo exponencial associada, já que esta foi a que melhor se ajustou aos dados experimentais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a realização das medidas de relaxação magnética resfriou-se a amostra até uma temperatura desejada com a presença de campo magnético aplicado. Depois de atingida a temperatura mediu-se a evolução do momento magnético ao longo do tempo. Para cada medida experimental os parâmetros controlados foram a taxa de resfriamento, a direção do campo magnético (H//ab ou H//c) e a temperatura. A figura 1 é representativa do comportamento típico da relaxação magnética para amostra B.

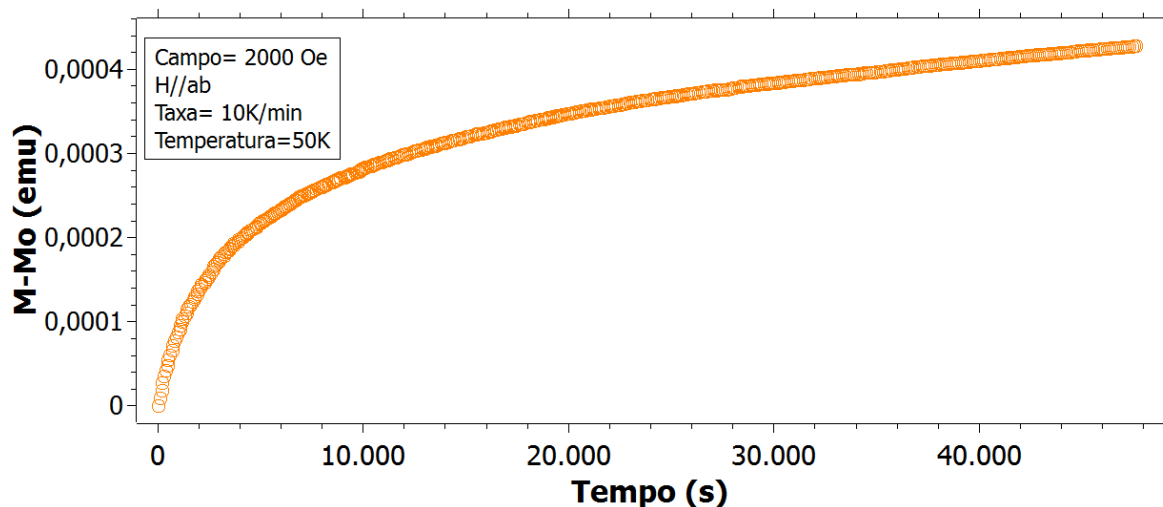


Figura 1 – Comportamento da relaxação magnética da amostra B, para H = 2000 Oe // ab, com uma taxa de resfriamento de 10 K/min e na temperatura de 50 K.

Dos resultados obtidos para a magnetização da relaxação, constatou-se que o momento magnético do sistema se predispõe a aumentar no decorrer do tempo (ver figura 1), manifestando um comportamento paramagnético, diferente do comportamento diamagnético usual da relaxação magnética observada nos supercondutores. Em todas as medidas analisadas das duas amostras, nenhum dado de relaxação magnética apresentou a tendência de evoluir para uma saturação e/ou inversão do momento magnético para um comportamento diamagnético, mesmo para intervalos de tempos elevados (160.000 s). É notório que a magnetização relaxa muito rapidamente nos instantes iniciais da medida e depois se mantém crescente, porém muito lentamente.

Posteriormente as curvas foram parametrizadas através de uma função exponencial associada, como mostra a figura 2, referente ao resultado da figura 1.

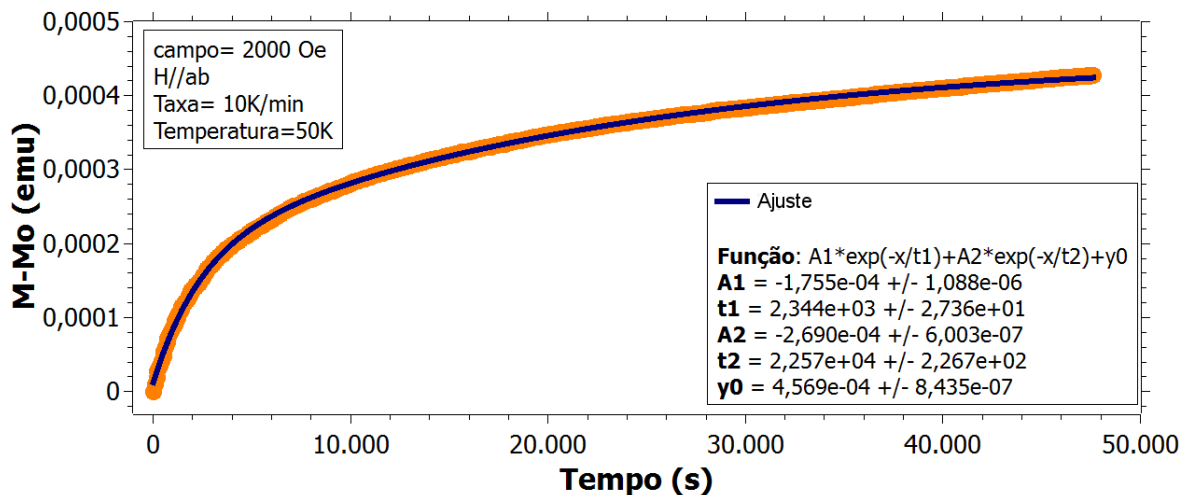


Figura 2 – Parametrização do comportamento da relaxação magnética (linha sólida contínua) apresentada na figura 1.

Após o ajuste das curvas, foram obtidos valores de tempo para cada dado experimental das duas amostras. Estes valores, que para cada curva experimental de relaxação magnética são distintos entre si e dados por t_1 e t_2 (ver figura 2), indicam que há diferentes mecanismos atuando ao longo do processo de *pinning* (aprisionamento) de vórtices na amostra.

Em paralelo com as medidas de relaxação magnética foram efetuadas medidas de magnetização FC nas duas amostras. As medidas foram realizadas aplicando-se um campo magnético fixo e partindo de uma determinada temperatura, abaixo da temperatura crítica da amostra. O momento magnético é registrado à medida que a temperatura é elevada. Atingida esta temperatura, registra-se novamente o momento magnético durante o resfriamento da amostra até que a mesma atinja uma temperatura menor que a temperatura crítica.

O comportamento da magnetização FC em função da temperatura está representado na figura 3.

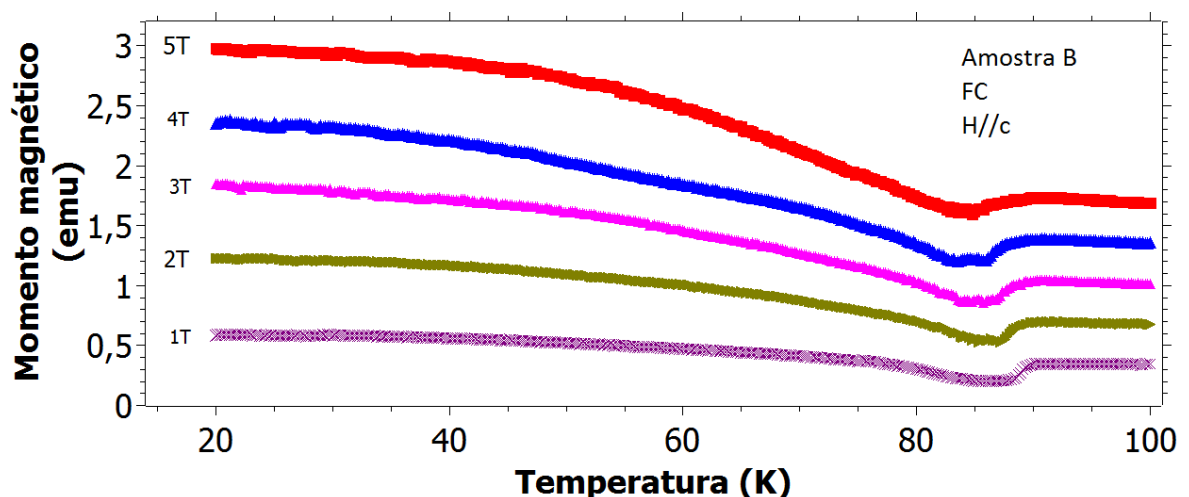


Figura 3 – Comportamento paramagnético da magnetização FC da amostra B para diferentes valores de campo magnético paralelo ao eixo-c.

As medidas de momento magnético em função da temperatura exibem uma acentuada resposta paramagnética à medida que o campo magnético é aumentado, mostrando que o efeito se torna mais intenso com o aumento do

campo. Este resultado pode estar relacionado com a entrada de fluxo magnético na amostra e, conseqüentemente a compreensão do mesmo no interior da amostra.

4. CONCLUSÕES

Deste trabalho podemos concluir que a parametrização dos resultados experimentais com uma função tipo exponencial associada apresentou um comportamento satisfatório aos resultados experimentais da relaxação magnética.

Ao realizar a parametrização das curvas foram obtidos tempos médios, que nos indicam que existem possivelmente dois diferentes mecanismos atuando no comportamento da relaxação magnética. Um mecanismo atua nos instantes iniciais da medida, enquanto que o outro atua nos instantes finais, para grandes intervalos de tempo.

Nota-se também que o PME está presente nas duas amostras analisadas e que o momento magnético vai se tornando paramagnético conforme o campo magnético é aumentado.

É importante salientar que o trabalho não está finalizado, necessitando ainda a análise da caracterização microestrutural das amostras, além de um estudo mais detalhado sobre o comportamento funcional da relaxação magnética.

Por fim, o uso de supercondutores texturizados torna-se potencialmente interessante para aplicações tecnológicas, como por exemplo, o emprego destes materiais em dispositivos de levitação magnética, motores, magnetos supercondutores, fios e fitas para transporte de energia elétrica.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

KOSHELEV, A. E.; LARKIN, A. I. Paramagnetic moment in field-cooled superconducting plates: paramagnetic Meissner effect. **Physical Review B**, Woodbury, v.52, n.18, p. 13559-13562, 1995.

TERENTIEV, A. et al. Paramagnetic relaxation and Wohleben effect in field cooled Nb thin films. **Physical Review B**, Woodbury, v.60, n.2, p. R761-R764, 1999.

DIAS, F. T. et al. Paramagnetic Meissner effect in melt-textured YBa₂Cu₃O_{7-δ}. **Physica C**, Amsterdam, v. 341/348, p. 1377-1378, 2000.