

ESTUDO DO COMPORTAMENTO MAGNÉTICO E MICROESTRUTURAL EM AMOSTRAS SUPERCONDUTORAS DE YBaCuO COM ADIÇÃO DA FASE Y211

TIAGO AZEVEDO BRAGA¹; FÁBIO TEIXEIRA DIAS²

¹Universidade Federal de Pelotas – tiago.fisico@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – diasft@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

O fenômeno da supercondutividade foi observado pela primeira vez por Heike Kamerling Onnes, em Leiden, na Holanda, em 1911, observando a resistividade de uma amostra de mercúrio em baixíssimas temperaturas, a qual apresentava o desaparecimento súbito da resistividade elétrica. Onnes interpretou o resultado supondo que, ao atingir 4,2 K, o mercúrio passava de um estado resistivo normal para um novo estado, onde a resistividade era nula, denominado então de estado supercondutor. Em 1913 Onnes ganhou o prêmio Nobel de Física, devido a seus estudos sobre baixas temperaturas.

Atualmente muitos processos e técnicas têm sido empregados para fabricação de materiais supercondutores de alta temperatura crítica. Um dos processos mais eficazes na fabricação destes materiais é a texturização, técnica com a qual foi crescida a amostra investigada neste estudo.

O objetivo deste trabalho é a investigação da irreversibilidade magnética no supercondutor YBaCuO texturizado com a adição da fase Y211, com o intuito de potencializar tecnologicamente o uso destes materiais em aplicações práticas como limitadores de correntes, cabos de transmissão de energia elétrica, bobinas supercondutoras, etc.

2. METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho partiu-se da análise de medidas de momento magnético ZFC e FC de uma amostra supercondutora fabricada no Laboratório de Supercondutividade e Magnetismo da UFPEL, com o objetivo de determinar a linha de irreversibilidade magnética com aplicação de campos magnéticos paralelamente ao plano *ab* e ao longo do eixo *c* da referida amostra.

Nas medidas de magnetização do tipo ZFC, parte-se de uma temperatura acima da temperatura crítica (T_c) da amostra e a mesma é resfriada em campo magnético nulo até baixas temperaturas. Em seguida um determinado campo magnético é aplicado e o diamagnetismo observado representa o efeito de blindagem do fluxo magnético.

Já nas medidas de magnetização do tipo FC, o campo é aplicado quando a amostra encontra-se numa temperatura acima da temperatura crítica. Na sequência, a mesma é resfriada até baixas temperaturas. Nestas condições, quando o campo é aplicado, o fluxo magnético distribui-se uniformemente na amostra. Quando o sistema é resfriado abaixo de T_c , um momento diamagnético manifesta-se em razão da expulsão do fluxo magnético do interior da amostra (efeito Meissner).

As medidas de magnetização para o levantamento da linha de irreversibilidade magnética foram realizadas em convênio com o Laboratório de Resistividade do Instituto de Física da UFRGS. As análises foram realizadas em

um amostra supercondutora de YBaCuO texturizado com 30% em peso da fase Y211.

A análise e o consequente levantamento da linha de irreversibilidade foram feitos com o auxílio do software QtiPlot, ambientado na plataforma Linux.

A Figura 1 apresenta um resultado típico dos momentos magnéticos ZFC e FC obtidos com um campo magnético de 50 kOe aplicado paralelamente ao plano *ab* da amostra.

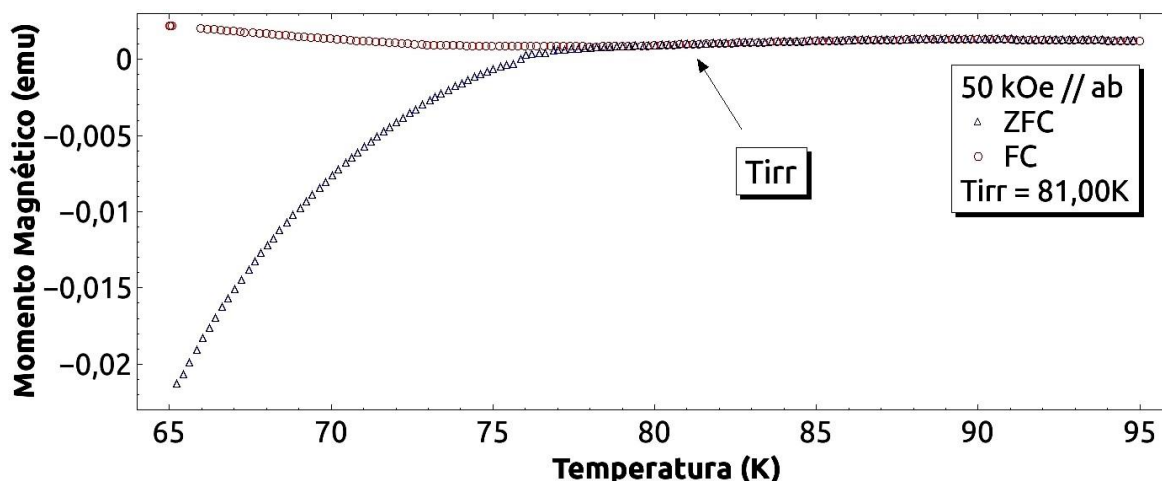


Figura 1: Gráfico representativo do comportamento ZFC e FC para a aplicação de um campo magnético de 50 kOe.

Realizando-se uma experiência ZFC seguida de uma FC pode-se verificar o caráter irreversível da magnetização, ou seja, após completar-se a medida ZFC, se a amostra for resfriada novamente abaixo de T_c com o mesmo campo aplicado (FC), será obtida uma curva diferente da anterior a partir de um determinado ponto, sendo este ponto conhecido como temperatura de irreversibilidade magnética (T_{irr}), a qual está assinalada na Figura 1. A irreversibilidade ocorre devido ao aprisionamento de vórtices no interior da amostra, portanto, as curvas ZFC e FC separam-se abaixo de uma determinada temperatura, a qual depende do campo aplicado.

Para encontrar o valor da temperatura de irreversibilidade magnética para um determinado campo aplicado fazemos à subtração das duas curvas. O trabalho de subtração é feito com o software QtiPlot, sendo este procedimento adotado para permitir uma melhor definição do ponto exato onde começam os efeitos irreversíveis (separação entre ZFC e FC) e, portanto, da localização mais precisa da temperatura de irreversibilidade T_{irr} .

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para cada valor de campo magnético aplicado temos uma temperatura de irreversibilidade distinta, sendo assim foi realizada uma análise semelhante à descrição anterior para cada valor de campo aplicado ao longo do eixo-c ($H//c$) e paralelamente ao plano *ab* ($H//ab$). Alguns valores estão expressos na Tabela 1.

H // ab		H // c	
Campo Magnético (Oe)	Tirr(K)	Campo Magnético (Oe)	Tirr (K)
1000	89,55	1000	88,35
10000	87	10000	82,18
20000	85,39	20000	77,77
30000	84	30000	73,99
50000	81	50000	67,97

Tabela 1: Alguns valores de campo magnético e as respectivas temperaturas de irreversibilidade obtidas.

Após o levantamento dos dados, ou seja, das temperaturas de irreversibilidade para cada valor campo de aplicado e em cada orientação da amostra, foi feita a construção da linha de irreversibilidade magnética, a qual está apresentada na Figura 2.

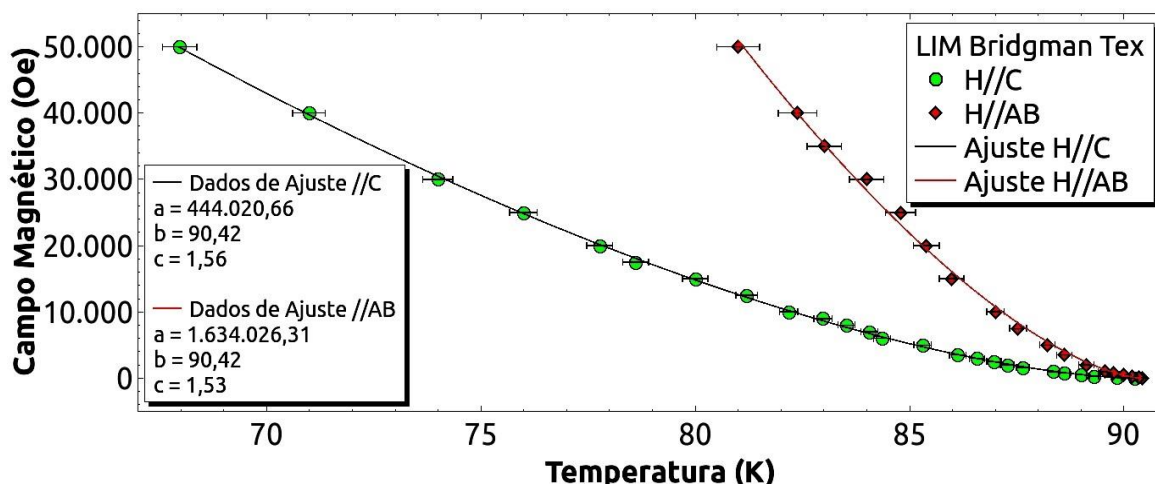


Figura 2: Linha de Irreversibilidade Magnética.

A linha de irreversibilidade magnética (LIM) separa uma fase magneticamente irreversível, situada numa região de baixa temperatura, de uma fase de alta temperatura na qual o comportamento magnético do sistema é inteiramente reversível. Abaixo de T_{irr} os vórtices têm sua mobilidade fortemente diminuída pelos centros de aprisionamentos (*pinning*). Este estado é também chamado de vidro de vórtices. Acima de T_{irr} os vórtices têm sua mobilidade garantida, o que nos leva ao estado denominado líquido de vórtices. Feito o levantamento da LIM, passamos a ajustá-la a um modelo matemático conhecido na literatura, através do software QtiPlot. A função matemática que descreve a linha de irreversibilidade magnética tem a forma dada pela equação a seguir:

$$Y = P_1 \left[1 - \frac{X}{P_2} \right]^{P_3}$$

Onde:

Y - campo magnético;

P₁ - Constante com dimensão de campo magnético;

P₂ - Temperatura de irreversibilidade extrapolada para o campo magnético nulo;

P₃ - Constante adimensional;

X - Temperatura de irreversibilidade.

Após a análise foi constatada uma forte anisotropia no comportamento magnético, fruto da texturização do material, que confere uma boa orientação cristalográfica ao mesmo. Este comportamento foi verificado pela variação de temperatura de 13,03 K na aplicação de um campo magnético de 50 kOe, sendo que o modelo que melhor se adequou aos nossos resultados foi o *Flux Creep Gigante*.

4. CONCLUSÕES

Com base no modelo *Flux Creep Gigante*, podemos concluir que a amostra investigada apresenta uma ausência de granularidade, o que é um comportamento típico de amostras texturizadas de boa qualidade.

Os elevados valores de temperaturas de irreversibilidade magnética obtidos na análise justificam o emprego de supercondutores texturizados em aplicações práticas de alta tecnologia, tais como limitadores de corrente, cabos de transmissão de energia elétrica, bobinas supercondutoras, trens de levitação magnéticas, elevadores magnéticos, etc.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PUREUR, P.; OSTERMMAN, F. **Supercondutividade**. São Paulo: Livraria da Física, 2005.

GOUVÊIA, C.P. **Estudo da Microestrutura e da Relaxação Magnética em Supercondutores de YBa₂Cu₃O_{7-δ} Texturizado**. 2011 (Mestrado em Supercondutividade) - Curso de Pós-Graduação em Física, Universidade Federal de Pelotas.

ALMEIDA, M.L. **PROPRIEDADES MAGNÉTICAS DO SUPERCONDUTOR YBa₂Cu₃O_{7-δ} NA FORMA DE FILMES FINOS E MONODOMÍNIOS TEXTURIZADOS**. 2011 (Mestrado em Supercondutividade) - Curso de Pós-Graduação em Física, Universidade Federal de Pelotas.