

ANÁLISE DA TRANSIÇÃO RESISTIVA E DA IRREVERSIBILIDADE MAGNÉTICA NO SUPERCONDUTOR YBACUO TEXTURIZADO

SABRINA ESPERANÇA NUNES¹; VALDEMAR DAS NEVES VIEIRA¹; JACOB SCHAF²; JOAN JOSEP ROA ROVIRA³; FREDERIK WOLFF-FABRIS⁴; FÁBIO TEIXEIRA DIAS⁵

¹Universidade Federal de Pelotas – sabrina_nunes19@hotmail.com

²Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre

³Universite de Poitiers, Poitiers, França

⁴Dresden High Magnetic Field Laboratory, Dresden, Alemanha

⁵Universidade Federal de Pelotas – diasft@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Os supercondutores de alta temperatura crítica, em especial os granulares, apresentam uma transição resistiva que ocorre em duas etapas: a uma temperatura acima da temperatura crítica de transição T_{c0} , chamada de supercondutividade intragranular e a uma temperatura mais baixa onde ocorre a supercondutividade em toda a amostra, chamada de supercondutividade intergranular. Em T_{c0} ocorre à ativação das ligações fracas e uma ordem de longo alcance é obtida, neste momento, a resistência elétrica é nula em toda amostra.

Nos supercondutores de alta temperatura crítica, a linha de irreversibilidade magnética divide o estado misto do plano H-T em duas regiões: reversível e irreversível. Na região reversível todo o transporte elétrico sofre dissipação devido aos efeitos da dinâmica de fluxo magnético no supercondutor. Na região irreversível todo transporte de corrente elétrica é permitido.

Em supercondutores granulares, as medidas de irreversibilidade magnética e resistividade nula não dependem das mesmas partes da amostra. Enquanto, a resistência elétrica depende de um arranjo de grãos que atravessam toda a amostra a irreversibilidade depende de *clusters* de grãos bem acoplados. Devido a isso, as medidas de resistência nula devem estar em pontos abaixo da linha de irreversibilidade magnética.

O objetivo deste trabalho é analisar as medidas de transporte elétrico e magnetização e correlacionar às linhas de resistência nula e as linhas de irreversibilidade magnética, em diferentes orientações de campo-corrente, para uma amostra com a adição de 30% da fase Y211 (Y_2BaCuO_5) e comparar os dados obtidos com uma amostra na qual foram adicionados 17% desta mesma fase.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A amostra de $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ (Y123), Figura 1(DIAS, 2012), com adição de 30%, em peso da fase Y211, foi fabricada pela técnica da texturização, sendo utilizado o método da semente. Para produzir um crescimento orientado no Y123 utilizou-se um monocristal supercondutor de $NdBa_2Cu_3O_{7-\delta}$, conforme ilustra a Figura 2 (DIAS, 2003). Esta amostra foi cedida em caráter de colaboração com o *Departamento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica da Universidad de Barcelona*.

A fase Y211 é não supercondutora, porém com os mesmos elementos químicos da fase Y123, servindo como centro artificial de aprisionamento do fluxo magnético no interior da amostra.

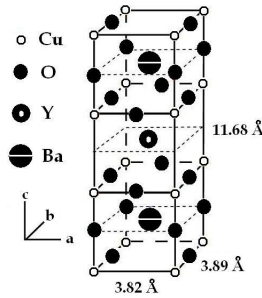


Figura 1: Estrutura cristalina do $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$.

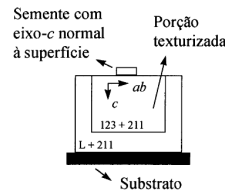


Figura 2: Técnica de crescimento pelo método da semente.

As medidas de condutividade elétrica foram feitas num equipamento do tipo PPMS (*physical property measurement System*), fabricado pela Quantum Design, com diferentes orientações de corrente elétrica e para campos magnéticos aplicados tanto no eixo c quanto no plano ab .

As medidas de magnetização dc foram feitas com um magnetômetro de SQUID (*Magnetic Properties Measurement System*), segundo as prescrições ZFC e FC e com campos magnéticos entre 0 e 5T ao longo do eixo c e do plano ab . Ambas as medidas são feitas em colaboração com o Instituto de Física na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As medidas de transporte da amostra investigada apresentaram uma transição em duas etapas. No *inset* da Figura 3(a), é possível observar o comportamento da curva durante a transição, e no gráfico principal o ponto onde a resistência elétrica é nula em toda amostra com a respectiva temperatura T_{C0} .

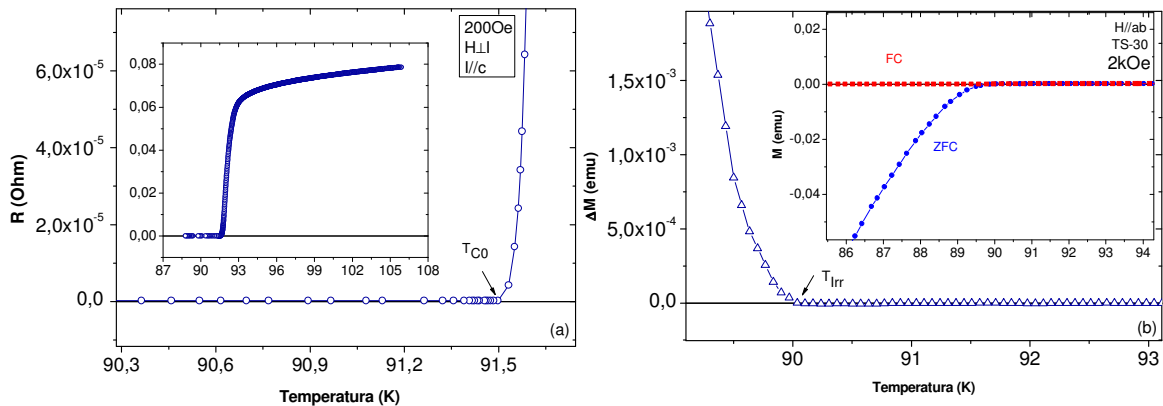


Figura 3: (a) Comportamento da transição resistiva e (b) medidas de magnetização ZFC e FC (*inset*) com a respectiva determinação de T_{irr} , para uma amostra de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ com 30% da fase Y211.

A Figura 3(b) mostra o comportamento magnético da amostra para um campo magnético aplicado de 2kOe e H//ab. O *inset* da Figura 3(b), mostra as curvas de magnetização ZFC e FC, e no gráfico principal a subtração entre as duas curvas, onde é extraído o valor da temperatura de irreversibilidade magnética (T_{irr}).

Após coletar os dados de T_{c0} e T_{irr} é possível traçar um gráfico com as duas linhas para diferentes orientações de campo magnético e corrente elétrica. A Figura 4 apresenta os dados obtidos para a amostra com 30% da fase Y211. Este gráfico tem um comportamento anisotrópico fraco, como se pode ver pela pouca diferença entre as linhas de irreversibilidade magnética (SCHAF et al., 2008). Este comportamento pode ser devido a uma desorientação cristalográfica, no qual o eixo c pode estar parcialmente orientado.

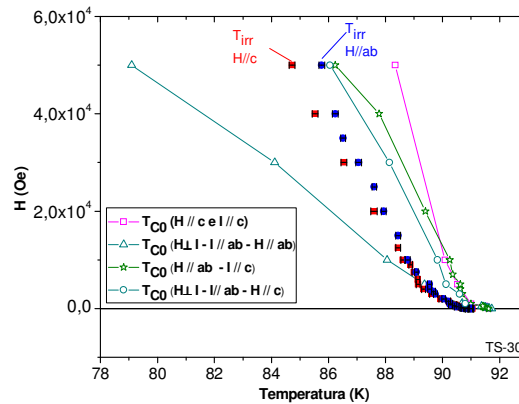


Figura 4: Correlação entre o limite de irreversibilidade magnética e resistência nula na amostra de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ com 30% de Y211.

A Figura 5 mostra os limites de irreversibilidade magnética e os dados de T_{c0} para diferentes direções de campo magnético e corrente elétrica para a amostra com 17% da fase Y211. As linhas de T_{c0} identificam a temperatura em que não há resistência à passagem de corrente elétrica e a temperatura de irreversibilidade delimita a região irreversível e reversível.

Nesta amostra os dados de resistência nula encontram-se em temperaturas inferiores a T_{irr} . Nas regiões abaixo da T_{irr} , os vórtices encontram-se aprisionados, porém acima de T_{irr} os mesmos possuem forte mobilidade. Devido a isso, T_{c0} deve se situar em temperaturas menores que T_{irr} .

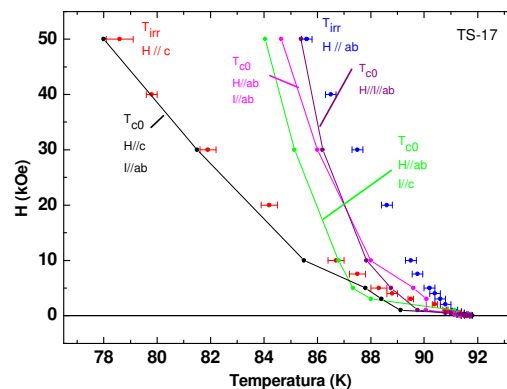


Figura 5: Correlação entre o limite de irreversibilidade magnética e resistência nula na amostra de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ com a adição de 17% de Y211.

A irreversibilidade e a resistência elétrica não dependem das mesmas partes da amostra. Em baixos campos magnéticos a linha de irreversibilidade é governada pela dinâmica de fluxo de Josephson, onde o acoplamento entre os grãos ocorre através de *links*, conforme o campo é aplicado, os vórtices penetram nas regiões intergranulares na forma de vórtices de Josephson. Porém, em campos magnéticos acima de vários kOe o campo magnético penetra nos grãos e a irreversibilidade magnética é dominada pela dinâmica de fluxo de Abrikosov.

Esta amostra também apresenta uma forte anisotropia, tanto nas medidas de resistência como de irreversibilidade magnética. As medidas de T_{C0} mostram que a resistência no eixo *c* é maior, devido à baixa condutividade neste eixo. Os dados de T_{irr} apresentam diferença entre o plano *ab* e eixo *c*, isso ocorre devido ao movimento dos vórtices estar restrito ao plano *ab*, nas camadas isolantes, quando o campo magnético é aplicado paralelo *ab*. Porém, quando o campo for aplicado no eixo *c*, este irá atravessar as camadas isolantes, fazendo com que a temperatura de irreversibilidade seja menor neste eixo.

4. CONCLUSÕES

A correlação entre a linha de irreversibilidade e transporte é muito importante para compreender os mecanismos de transporte nos supercondutores.

Para as duas amostras analisadas, os dados de resistência nula mostram que o efeito do campo magnético sobre as medidas de transporte dependem fortemente da configuração campo-corrente.

Sobre a amostra com adição de 17% de Y211, pode-se concluir que o campo magnético degrada o acoplamento entre os grãos, e a corrente elétrica que flui ao longo das ligações fracas é afetada pelo campo magnético, e devido a isso T_{C0} ocorre a uma temperatura inferior a T_{irr} . Esta amostra apresentou uma forte anisotropia devido a sua boa orientação cristalográfica.

Para a amostra com adição de 30% de Y211, apenas em uma das orientações os dados de resistência nula se encontram na região irreversível.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DIAS, F. T. Magnetic irreversibility and resistive transition in YBaCuO superconductors: interpretations and possible correlations. In: **Superconductors - Applications and Technology**, InTech Ed. ISBN 979-953-307-233-2, 2012;

DIAS, F. T. **Efeito meissner paramagnético e magnetocondutividade em supercondutores de $YBa_2Cu_3O_{7-d}$ texturizado**. Tese (doutorado em ciências) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (2003);

SCHAF, J. et al. Correlation between the magnetic irreversibility limit and the zero resistance point in different granular $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ superconductors. **Physical Review B**, 77, 134503, 2008.