

ESTUDO DOS EFEITOS DE SUBSTITUIÇÃO QUÍMICA NA MAGNETORESISTÊNCIA DO SUPERCONDUTOR $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$

JAECKEL, Sandra Teixeira¹; VIEIRA, Valdemar das Neves²; LOPES, Lutiene Fernandes²; NUNES, Sabrina²; LOPES, Rován Fernandes²; de MENDONÇA, Ana Paula Aguiar²

¹ Pós-Graduação em Física. *Universidade Federal de Pelotas*, sandratjk@yahoo.com.br

FERREIRA, Letícia Mendonça²

² *Universidade Federal de Pelotas*

1 INTRODUÇÃO

O mecanismo responsável pela supercondutividade nos chamados supercondutores não-convencionais permanece por ser estabelecido. Uma característica comum a esses sistemas é a forte dependência de suas propriedades físicas, tanto na fase normal como supercondutora, com parâmetros de controle tais como dopagem, pressão externa e campo magnético [1-5].

No caso dos cupratos supercondutores, a adição de impurezas permite a determinação de componentes ativos na estrutura, a alteração da concentração de portadores de carga, a investigação do decréscimo da temperatura crítica, o estudo de efeitos de quebra de pares, e a correlação entre as propriedades supercondutoras e do estado normal.

O presente trabalho propõe um estudo experimental dos efeitos combinados de substituição química e campo magnético na condutividade elétrica de materiais supercondutores de alta temperatura crítica. Foram investigados monocristais de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$, onde os sítios dos íons Y^{3+} e Ba^{2+} são parcialmente substituídos pelos íons divalentes Ca e Sr, respectivamente. As substituições propostas tem, como principal efeito, um decréscimo da temperatura crítica do $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$, comportamento contrário ao observado quando o sistema é submetido a uma pressão externa.

2 METODOLOGIA (MATERIAL E MÉTODOS)

Foram investigadas amostras monocristalinas de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$, $\text{Y}_{0,9}\text{Ca}_{0,1}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ e $\text{YBa}_{1,82}\text{Sr}_{0,18}\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$, sintetizadas pela técnica de auto-fluxo no Laboratório de Materiais Supercondutores (LMS) da UFPel. A etapa de caracterização das amostras foi realizada em colaboração com o Laboratório de Resistividade do Instituto de Física da UFRGS.

As amostras passaram inicialmente por uma triagem, sendo usado para este fim o magnetômetro SQUID. Foram então selecionadas para as medidas de transporte elétrico as amostras que apresentaram as melhores propriedades supercondutoras.

Medidas de resistividade elétrica em função da temperatura e com campo magnético aplicado foram realizadas no equipamento PPMS. Para tais medidas foi aplicada corrente contínua de 500 μA paralelamente ao plano cristalográfico ab ($i \parallel ab$) e diferentes valores de campo magnético aplicado ao longo do eixo cristalográfico c ($H \parallel c$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Podemos verificar nos três sistemas, que na região de alta temperatura, acima de T_c , as amostras exibem um comportamento do tipo metálico, ou seja, $d\rho/dT > 0$ (não mostrado). A figura 1(a) mostra o intervalo de temperaturas próximo à transição supercondutora das amostras de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$, $\text{Y}_{0,9}\text{Ca}_{0,1}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ e $\text{YBa}_{1,82}\text{Sr}_{0,18}\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ a campo nulo. Podemos verificar que o sistema $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ apresenta uma T_c de 93K. Quando adicionamos 10% de Ca e 9% de Sr verificamos que a T_c do sistema assume valores iguais a 89K e 88,9K, respectivamente.

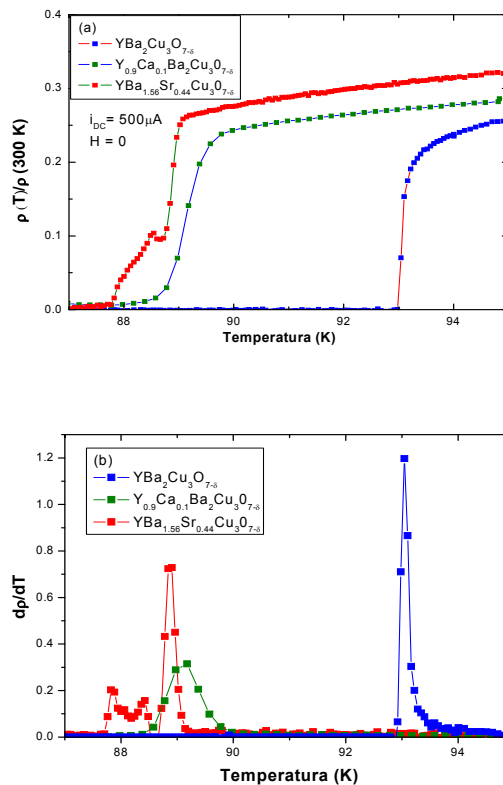


Figura 1: (a) Comportamento de $\rho(T)/\rho(300\text{K})$ versus temperatura na região de transição das amostras de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$, $\text{Y}_{0,9}\text{Ca}_{0,1}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ e $\text{YBa}_{1,82}\text{Sr}_{0,18}\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ com campo magnético nulo. (b) Correspondentes curvas $d\rho/dT$ em função da temperatura.

Além da redução da temperatura crítica, as substituições estudadas provocam um alargamento da transição, como pode ser avaliado a partir das correspondentes curvas $d\rho/dT$ mostradas na figura 1(b). A transição resistiva do $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ se caracteriza por um máximo pronunciado centrado na temperatura de pareamento $T_c = 93\text{ K}$, o qual indica que a transição ao estado de resistência nula ocorre em uma única etapa, característica de um sistema homogêneo. No caso do $\text{Y}_{0,9}\text{Ca}_{0,1}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$, ainda observa-se um único pico, porém mais largo e menos intenso. Já o comportamento da amostra de $\text{YBa}_{1,82}\text{Sr}_{0,18}\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ difere consideravelmente das demais. A presença de múltiplos picos em $d\rho/dT$ revela que a transição ao estado de resistência nula ocorre em várias etapas, cuja origem pode ser atribuída a efeitos de inhomogeneidade caracterizados pela

presença de regiões da amostra com diferentes concentrações de Sr e, conseqüentemente, distintos valores de temperatura crítica.

A figura 2 apresenta os resultados de medidas de resistividade elétrica versus temperatura obtidos para diferentes valores de campo magnético aplicado paralelamente ao eixo cristalográfico c ($H//c$) do monocristal de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$. Os resultados obtidas nas mesmas condições são apresentados na figura 3 para os cristais de $\text{YBa}_{1,82}\text{Sr}_{0,18}\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ e $\text{Y}_{0,9}\text{Ca}_{0,1}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$.

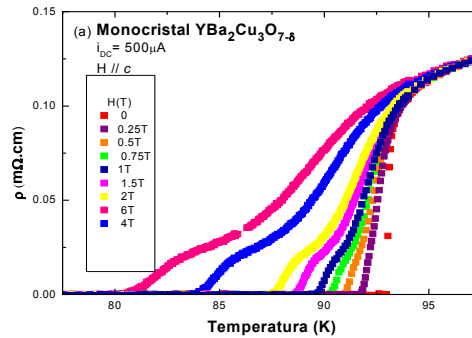


Figura 2: Resistividade elétrica versus temperatura para diferentes valores de campo magnético aplicado ao monocristal de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$.

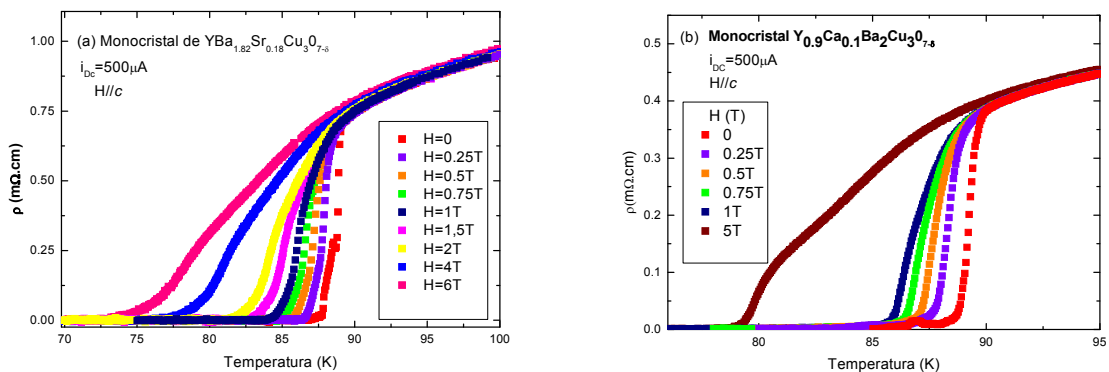


Figura 3: Dependência da resistividade elétrica em função da temperatura para diferentes valores de campo magnético aplicados ao (a) $\text{YBa}_{1,82}\text{Sr}_{0,18}\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ e (b) $\text{Y}_{0,9}\text{Ca}_{0,1}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$.

A aplicação de campo magnético não afeta as propriedades do estado normal, porém introduz mudanças significativas no comportamento resistivo na fase supercondutora. Para os três sistemas investigados, a aplicação de campo magnético diminui a temperatura de pareamento T_c e a temperatura na qual se estabelece o estado de resistência nula. O decréscimo das temperaturas características é acompanhado por um alargamento da transição resistiva. No caso do cristal de $\text{YBa}_{1,82}\text{Sr}_{0,18}\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$, o aumento do campo suprime a estrutura de múltiplos picos observada em campo nulo. Para os valores de campo aplicados, o comportamento geral apresentado pelos três cristais é dominado pela dinâmica de fluxo intragranular [6].

4 CONCLUSÕES

No presente trabalho foi realizada uma caracterização das propriedades de transporte elétrico de monocristais de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$, $\text{Y}_{0,9}\text{Ca}_{0,1}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ e $\text{YBa}_{1,82}\text{Sr}_{0,18}\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$. As medidas de resistividade elétrica em função da temperatura para diferentes valores de campo magnético aplicados revelam que a substituição parcial de Ba por Sr e Y por Ca induz uma redução da temperatura de pareamento e um alargamento da transição supercondutora. A característica geral da magnetoresistência das amostras de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ e $\text{Y}_{0,9}\text{Ca}_{0,1}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ é compatível com sistemas homogêneos para os quais a transição ocorre em uma única etapa. O composto $\text{YBa}_{1,82}\text{Sr}_{0,18}\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ apresenta, no entanto, efeitos de inomogeneidades possivelmente associados a ocorrência de regiões na amostra com diferentes conteúdos de Sr.

A continuidade deste trabalho prevê a realização de medidas de transporte sob condições de pressão hidrostática aplicada visando identificar as diferenças e semelhanças da evolução do comportamento elétrico destes sistemas quando submetidos à pressão externa.

5 REFERÊNCIAS

[1] HEGGER, H. et al., Pressure-Induced Superconductivity in Quasi-2D CeRhIn_5 . **Physical. Review. Letters**, V.84, n.21, p.4986-4989, 2000.

[2] CHEN, G. F. et al., Superconductivity at 41 K and Its Competition with Spin-Density-Wave Instability in Layered $\text{CeO}_{1-x}\text{F}_x\text{FeAs}$. **Physical. Review Letters**, V.100, n.24, p.247002-247009, 2008.

[3] FERREIRA, L. M. et al., Effects of pressure on the fluctuation conductivity of $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$. **Physical. Review B**, V.69, n.21, p.212505-212509, 2004.

[4] VIEIRA, V. N. et al., Effects of Zn and Mg in Cu sites of $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ single crystals on the resistive transition, fluctuation conductivity and magnetic irreversibilities. **Physical Review B**, v. 66, p. 22450, 2002.

[5] FERREIRA, L. M. et al., Tuning the Pressure-Induced Superconducting Phase in Doped CeRhIn_5 . **Physical Review. Letters**, V.101, n.1, p.17005-17009, 2008.

[6] VIEIRA, V. N. **Efeito das Substituições Químicas na Irreversibilidade Magnética e Magnetocondutividade do Supercondutor $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$** . Jan. 2004 -. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 01/2004.

7 AGRADECIMENTOS

[Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior \(CAPES\).](#)

Laboratório de Resistividade do Instituto de Física da UFRGS.