

## ESTUDO DA TRANSIÇÃO SUPERCONDUTORA DE MONOCRISTAIS DE $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ DOPADOS COM CÁLCIO E ESTRÔNCIO.

**LOPES, Lutiene Fernandes<sup>1</sup>, NUNES, Sabrina Esperança<sup>1</sup>, MENARÉ, Luiz Rafael Kruger<sup>1</sup>; FERREIRA, Letície Mendonça<sup>2</sup>; VIEIRA, Valdemar das Neves<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>Instituto de Física e Matemática, Universidade Federal de Pelotas, lutiene\_@hotmail.com;  
<sup>2</sup>Universidade Federal do ABC.

### 1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho propõe um estudo experimental sobre os efeitos combinados de substituição química e campo magnético na resistividade elétrica de materiais supercondutores de alta temperatura crítica (HTSC, sigla em inglês) tendo como objetivo investigar a evolução da transição supercondutora em função destes dois parâmetros.

Para tanto, foram investigados monocristais de  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ , onde um por cento do sítio dos íons  $\text{Y}^{3+}$  e  $\text{Ba}^{2+}$  foram parcialmente substituídos pelos íons divalentes  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Sr}^{2+}$ , respectivamente. A substituição proposta tem, como principal efeito, um decréscimo da temperatura crítica do  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ . O  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  ortorrômbico apresenta uma estrutura lamelar com dois planos de  $\text{Cu-O}(2)$  adjacentes separados por um plano atômico de Y por célula unitária, como mostra a Fig. 1.

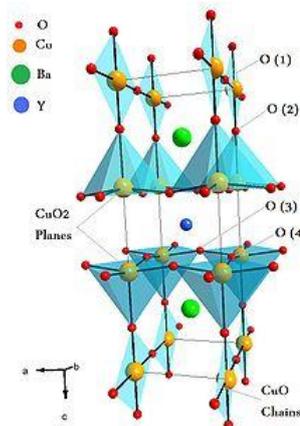


Figura 1- Estrutura cristalina da fase ortorrômbica do  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ .

### 2 METODOLOGIA (MATERIAIS E MÉTODOS EXPERIMENTAIS)

Os monocristais de  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  [YBCO],  $\text{Y}_{0.99}\text{Ca}_{0.01}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  [Y(Ca)BCO], e  $\text{YBa}_{1.98}\text{Sr}_{0.02}\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  [YB(Sr)CO] foram crescidos segundo a técnica de auto-fluxo<sup>[2]</sup> no Laboratório de Materiais Supercondutores (LMS) da Universidade Federal de Pelotas (UFPeI). Esta técnica se caracteriza pelo crescimento de monocristais em temperaturas abaixo da fase líquida. Os monocristais crescidos no

processo anterior foram submetidos a um processo de oxigenação por fluxo em 450°C realizado com o objetivo de aprimorar a sua temperatura crítica de transição,  $T_c$ .

As medidas de resistência elétrica em função da temperatura,  $\rho(T)$  empregando a técnica de quatro pontas<sup>[1]</sup> foram realizadas no Laboratório de Supercondutividade e Magnetismo (LSM) do IF da UFRGS com a utilização do módulo de resistividade DC de um PPMS (Physical Properties Measurements System). A corrente de medida foi aplicada ao longo do plano cristalográfico ab dos monocristais. O comportamento de  $\rho(T)$  foi pesquisado para valores de campo magnético compreendidos entre  $0 < H < 1000$  Oe direcionados perpendicularmente aos planos de Cu-O(2) dos monocristais.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de  $\rho(T)/\rho(95\text{ K})$  obtidos para as amostras YBCO, Y(Ca)BCO e YB(Sr)CO na ausência de campo magnético são ilustrados na Fig. 2a. Por outro lado, a Fig. 2b apresenta as respectivas curvas da derivada da resistividade elétrica em relação à temperatura,  $d\rho(T)/dT$  no intervalo de temperaturas em torno da transição supercondutora das amostras.

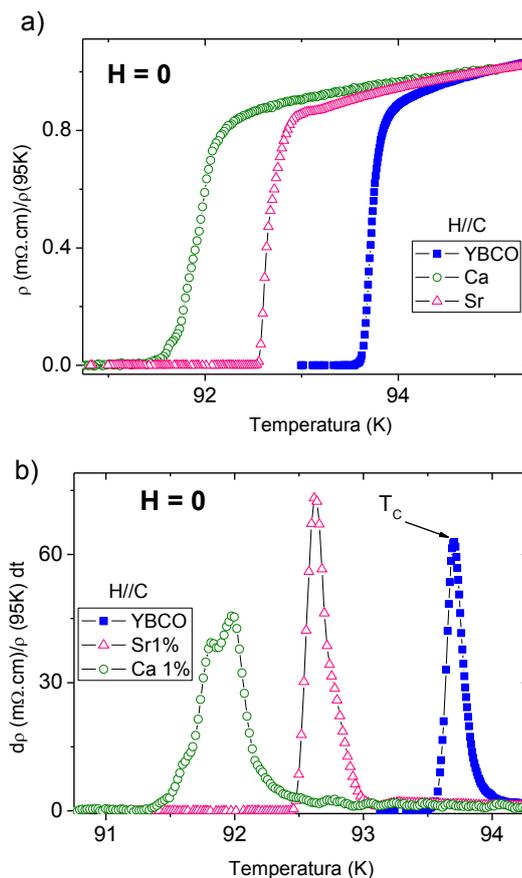


Figura 2- (a) Comportamento da resistividade elétrica versus a temperatura para amostras de YBCO, Y(Ca)BCO e YB(Sr)CO, na ausência de campo magnético aplicado. (b) As correspondentes curvas de  $d\rho(T)/dT$ .

A análise do comportamento dos gráficos de  $\rho(T)$  e  $d\rho(T)/dT$  nos permite verificar a qualidade das amostras ajudando na detecção de possíveis

inomogeneidades nas propriedades supercondutoras destas. A posição em temperatura do máximo das curvas de  $d\rho/dT$  é tomada como sendo aproximadamente o valor da temperatura de transição supercondutora,  $T_C$  das amostras. Podemos ver claramente analisando as Fig. 2a e 2b que as substituições parciais do Y e do Ba por Ca e Sr induzem um decréscimo no valor da temperatura crítica  $T_C$ , seguido de um posterior alargamento no intervalo de temperaturas que compreende a transição para o estado supercondutor destas além de proporcionarem o surgimento de assimetrias, especialmente na amostra com Ca, ao longo da transição das amostras dopadas. Os efeitos das particularidades anteriores tornam-se mais evidentes quando analisamos as curvas de  $d\rho(T)/dT$  e alguns deles possivelmente encontram-se associados a distribuição não-homogênea por parte dos dopantes ou da distribuição de oxigênio nas amostras.

A Fig. 3 apresenta os resultados de  $\rho(T)/\rho(95K)$  obtidos para diferentes valores de campo magnético aplicado paralelamente ao eixo cristalográfico  $c$  ( $H//c$ ) dos monocristais YBCO, Y(Ca)BCO e YB(Sr)BCO.

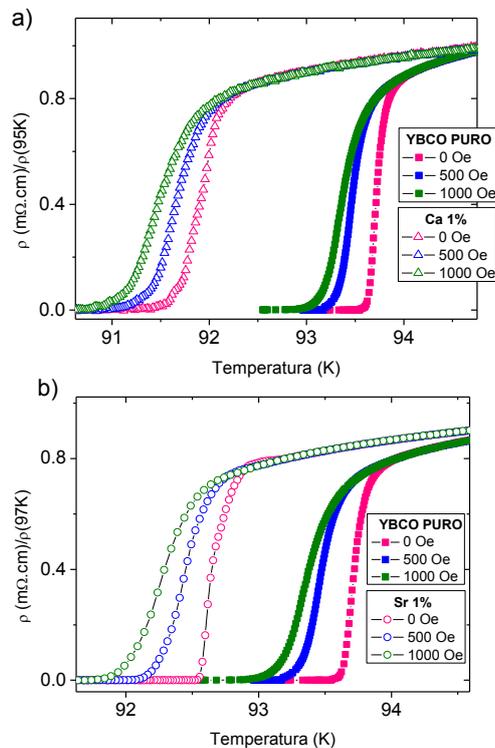


Figura 3- Dependência de  $\rho(T)$  para diferentes valores de campo magnético aplicado às amostras de (a) Y(Ca)BCO e (b) YB(Sr)CO comparados com a amostra de YBCO respectivamente.

De acordo com a Fig. 3, o aumento do campo magnético produz um decréscimo ainda maior de  $T_C$  para todas as amostras bem como um alargamento na transição supercondutora de todas as amostras, porém sem afetar as propriedades do estado normal ( $T > T_C$ ).

A Fig. 4, mostra as diferentes curvas  $d\rho/dT$  em função do campo magnético aplicado obtidas para os dados de  $\rho(T,H)$  apresentado na Fig. 3. Em particular, na Fig. 4a e comparado o comportamento de  $d\rho/dT$  entre as amostras de YBCO e Y(Ca)BCO e na Fig. 4b para YBCO e YB(Sr)BCO.

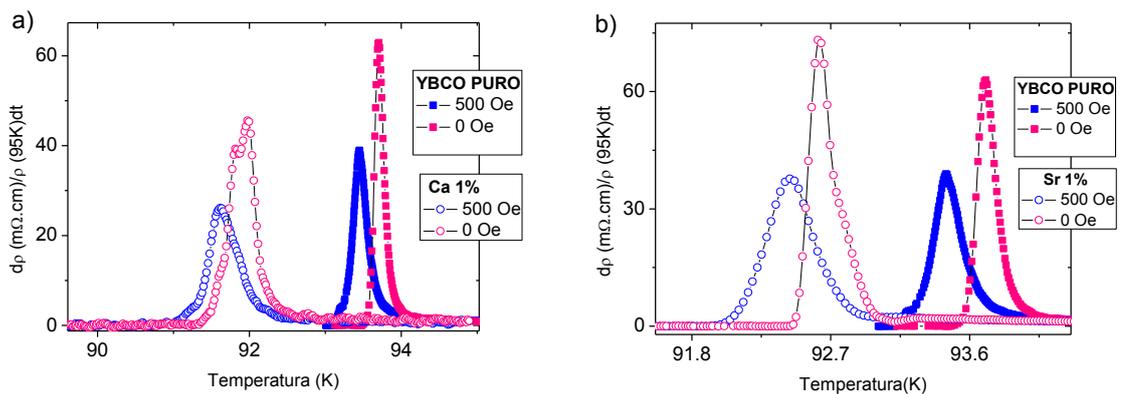


Figura 4- Medidas da derivada da resistividade elétrica para as amostras de (a) Y(Ca)BCO e (b) YB(Sr)CO sendo ambas comparadas com as medidas obtidas para a amostra de YBCO.

A análise das curvas  $d\rho/dT$  referentes a aplicação de campo revelam que a substituição parcial de 1% de Y por Ca no supercondutor  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  introduz maior inhomogeneidades na transição supercondutora deste do que a substituição parcial de 1% do Ba por Sr. Acredita-se que isso deve em parte ao fato de que a dopagem com Ca modifica as propriedades eletrônicas junto aos planos de Cu-O(2) o que pode introduzir inhomogeneidades na distribuição do oxigênio em torno destes planos o que acarretaria na formação de regiões com diferentes níveis de oxigenação ao longo da estrutura do material. Por outro lado, a substituição de 1% do Ba por Sr acarreta a distorção da estrutura do material sem modificação das propriedades eletrônicas deste.

#### 4 CONCLUSÃO

No presente trabalho foi realizada uma caracterização da transição resistiva supercondutora de monocristais de  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ ,  $Y_{0.99}Ca_{0.01}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  e  $YBa_{1.98}Sr_{0.02}Cu_3O_{7-\delta}$  para diferentes valores de campo magnético aplicado ( $H \leq 1$  kOe). As medidas de resistividade elétrica em função da temperatura revelam que a substituição parcial dos sítios do Y e do Ba por átomos de Ca e Sr, respectivamente, induzem uma redução da temperatura de pareamento e um alargamento da transição supercondutora. A estrutura da transição supercondutora e sua evolução em função do campo magnético são consistentes com uma descrição na qual efeitos de inhomogeneidade afetam a transição resistiva do supercondutor  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ .

#### 5 REFERÊNCIAS

- [1] FERREIRA, L. M. et al., Effects of pressure on the fluctuation conductivity of  $YBa_2Cu_3O_7$ . **Physical Review B**, V.69, n.21, p.212505-212509, 2004.
- [2] VIEIRA, V. N. **Efeito das Substituições Químicas na Irreversibilidade Magnética e Magnetocondutividade do Supercondutor  $YBa_2Cu_3O_7$** . Jan. 2004 -. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 01/2004.