

O EFEITO DA PRESSÃO QUÍMICA SOBRE AS FLUTUAÇÕES TERMODINÂMICAS NA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO SUPERCONDUTOR $Y(Ba_{1-x}Sr_x)_2Cu_3O_{7-\Delta}$

JOÃO EDUARDO DE MAGALHÃES SALVADOR¹; MARCELO AUGUSTO PEREIRA DOS SANTOS²; ROBERLÂNDIA DA SILVA BARROS³; PAULO PUREUR NETO⁴; FABIO TEIXEIRA DIAS⁵; VALDEMAR DAS NEVES VIEIRA⁶

¹Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) – jemsalvador@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) – augustomarclo061@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) – roberlandiabarros249@gmail.com

⁴Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) – ppureur@if.ufrgs.br

⁵Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) – diasft@gmail.com

⁶Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) – vdnvieira@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Neste trabalho, investigamos, por meio de medidas de resistividade elétrica, os efeitos da pressão química (PQ) na transição de pareamento supercondutora de monocristais de $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ (YBCO). Especificamente, quantificamos esses efeitos caracterizando o comportamento dos regimes de flutuações termodinâmicas (FT) gaussiana e crítica das superpartículas (pares de Cooper) na fase normal (temperaturas maiores que a temperatura crítica de transição $T > T_c$) da condutividade elétrica de monocristais de $Y(Ba_{1-x}Sr_x)_2Cu_3O_{7-\delta}$ ($x \leq 0,5$) (PUREUR *et al.*, 1993). A aplicação da PQ à estrutura cristalina de YBCO (Figura 1) é devido à diferença no raio atômico entre o Sr e o Ba ($r_{Ba} > r_{Sr}$) e também pelo fato de que o Ba tem a mesma valência que o Sr e a substituição ocorre diretamente para montantes de até 50% (LICCI *et al.*, 1998). A aplicação de pressão mecânica resulta em um pequeno aumento de T_c em monocristais de YBCO (FERREIRA *et al.*, 2004). Em contraste, a aplicação de PQ resulta em uma diminuição significativa de T_c (LICCI *et al.*, 1998). Este é um dos objetivos de estudarmos o efeito de PQ na supercondutividade do YBCO através do comportamento dos regimes de FT.

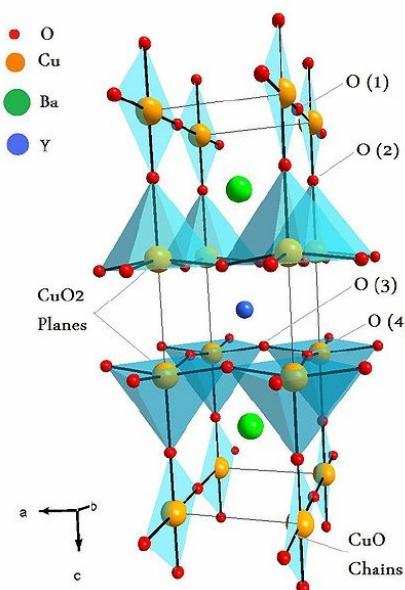


Figura 1: Célula unitária de YBCO

2. METODOLOGIA

Para investigar os efeitos da PQ nas FT gaussianas e críticas do YBCO, crescemos através do emprego da técnica de auto-fluxo, monocristais de $Y(Ba_{1-x}Sr_x)_2Cu_3O_{7-\delta}$ ($x \leq 0.5$). No Laboratório de Materiais Supercondutores (LMS) da UF-Pel. A figura 2 ilustra o arranjo empregado no crescimento (a) e os monocristais obtidos (b). As medidas de resistividade elétrica em função da temperatura, $\rho(T)$, foram realizadas em um resistômetro localizado no Laboratório de Supercondutividade e Magnetismo da UFRGS. As medidas se deram através do emprego da técnica de quatro pontos com a diferença de potencial medida, e a corrente medida aplicada ao longo do plano ab dos monocristais. Este equipamento permitiu que $\rho(T)$ fosse medido com variação de até a ordem de milésimos de Kelvin. Até o momento temos realizadas as medidas das amostras com $x=0,01$; $0,05$; $0,125$ e $0,185$.



Figura 2: monocristais obtidos a partir do emprego da técnica de auto-fluxo, (a) arranjo empregado para o crescimento, (b) monocristais obtidos após a etapa de crescimento.

A contribuição das FT na fase normal da condutividade elétrica, $\sigma(T)$, é obtida a partir da análise do comportamento dos dados de $\rho(T)$, visto na Figura 3, uma vez que $\sigma(T)=\rho(T)^{-1}$. O intervalo delimitado por $T_c < T < T^*$, onde T^* é definido como valor de T onde ocorre a mudança do comportamento linear (ôhmico) de $\rho(T)$, marca a identificação do aumento de $\sigma(T)$ o que culmina com a ocorrência de um excesso de condutividade ($\Delta\sigma$) o qual aumenta significativamente a medida em que T se aproxima de T_c . De acordo com esse cenário, pode-se afirmar que o comportamento de $\Delta\sigma(T)$ é dados por $\Delta\sigma(T) = A\varepsilon^{-\lambda}$, onde A é a amplitude crítica, λ o expoente crítica, e ε a temperatura reduzida, $\varepsilon = (T-T_c)/T_c$ (FERREIRA *et al.*, 2004). Agora definindo a grandeza $\chi_\sigma(T)$ (FERREIRA *et al.*, 2004), onde:

$$\chi_\sigma(T) = \frac{d}{dT} [\ln(\Delta\sigma)] \quad (1)$$

o que resulta em:

$$\chi_\sigma^{-1}(T) = \frac{1}{\lambda} (T - T_c) \quad (2)$$

De acordo com a eq. (2) pode-se identificar os regimes de FT a partir da identificação de um comportamento linear por parte dos dados referentes ao inverso da derivada logarítmica de $\Delta\sigma(T)$, $[\chi_\sigma^{-1}(T)]$ onde o inverso de λ fornece o regime de FT correspondente, para mais detalhes ver a figura 4.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 destaca os resultados obtidos para o comportamento de $\rho(T)$ para os monocristais de YBCO e $Y(Ba_{0,82}Sr_{0,185})_2Cu_3O_{7-\delta}$. A Figura 4 apresenta os resultados de $\chi_{\sigma}^{-1}(T)$ referentes as amostras de $Y(Ba_{0,95}Sr_{0,05})_2Cu_3O_{7-\delta}$ (a), $Y(Ba_{0,875}Sr_{0,125})_2Cu_3O_{7-\delta}$ (b) e $Y(Ba_{0,815}Sr_{0,185})_2Cu_3O_{7-\delta}$ (c).

Em relação aos resultados apresentados na Figura 3 é importante destacar que todas as amostras até agora pesquisadas apresentam comportamento ôhmico para $\rho(T)$ para $T > T^*$. Além disso o aumento de PQ provoca o aumento de $\rho(T)$ a temperatura ambiente bem como de T^* , temperatura que delimita as contribuições das TF para $\sigma(T)$. Por outro lado, o valor de T_c desce linearmente a medida que PQ aumenta. Nos insertos da Figura 3, pode-se verificar que o comportamento da transição resistiva para o estado supercondutor analisada pelos dados de $d\rho(T)/dT$, das amostras destacadas, assim como os demais, se mostra fortemente afetada pela aplicação de PQ ($x=0,185$) em virtude da identificação de inúmeras máximas de diferentes intensidades nos dados de $d\rho(T)/dT$, os quais podem estar associados a vários T_{cs} .

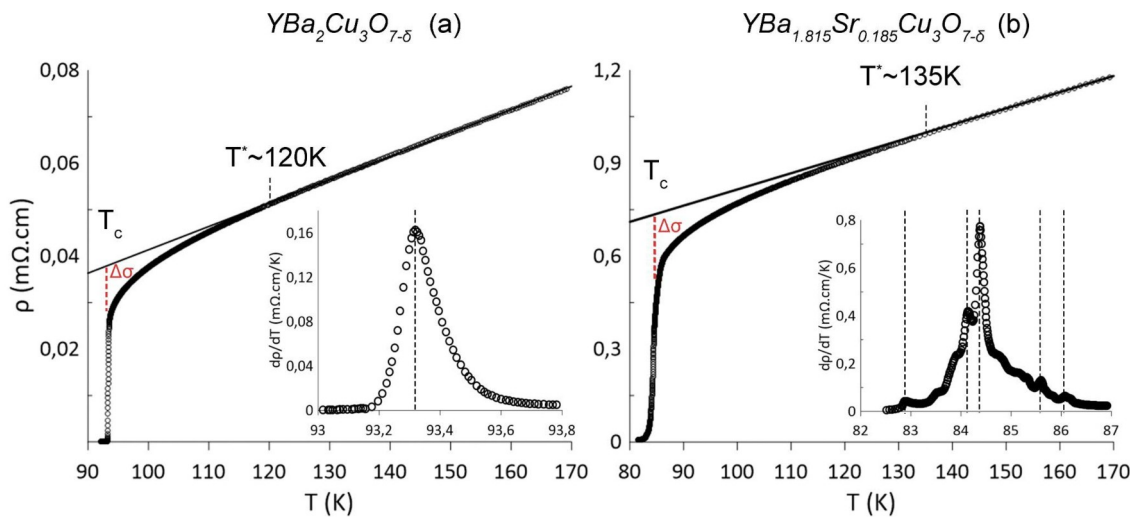


Figura 3: os comportamentos de $\rho(T)$ e $d\rho/dT$, insertos na figura, para os monocristais de YBCO (a) e $Y(Ba_{0,815}Sr_{0,185})_2Cu_3O_{7-\delta}$ (b).

Esta perspectiva fica melhor caracterizada na figura 4 onde estão identificados os regimes de FT nos dados de $\chi_{\sigma}^{-1}(T)$ a medida que é reduzido de T^* para T_c . De acordo com esta dinâmica são identificados os regimes de FT Gaussianos ($\lambda_{1D-G} \approx 1.5$, $\lambda_{2D-G} \approx 1.0$ e $\lambda_{3D-G} \approx 0.5$), os quais identificam a existência de FT descorrelacionados e de um curto alcance, em 1, 2 e 3 dimensões (D), por parte da formação dos pares de Cooper (PUREUR *et al.*, 1993). A medida em que $T \rightarrow T_c$, é identificado a existência de FT críticas ($\lambda_{CR} \approx 0.33$) e supercríticas ($0.30 \geq \lambda_{SC} \geq 0.05$) os quais identificam FT de longo alcance fortemente correlacionadas e em 3D (COSTA *et al.*, 2000). É importante destacar que o estabelecimento do estado supercondutor do YBCO, e em outros da mesma classe, a partir da análise do comportamento de $\rho(T)$, é estabelecido pela identificação de λ_{CR} ou λ_{SC} . De acordo com esse cenário é possível sugerir que o aumento de PQ resulta em, além de estabelecer diferentes T_{cs} , também apresenta multiplicidade na existência de regimes de λ_{CR} e λ_{SC} e, em algumas destas transições, possivelmente sejam fracamente de primeira ordem ($\lambda_{SC} = 0.05$) (COSTA *et al.*, 2000).

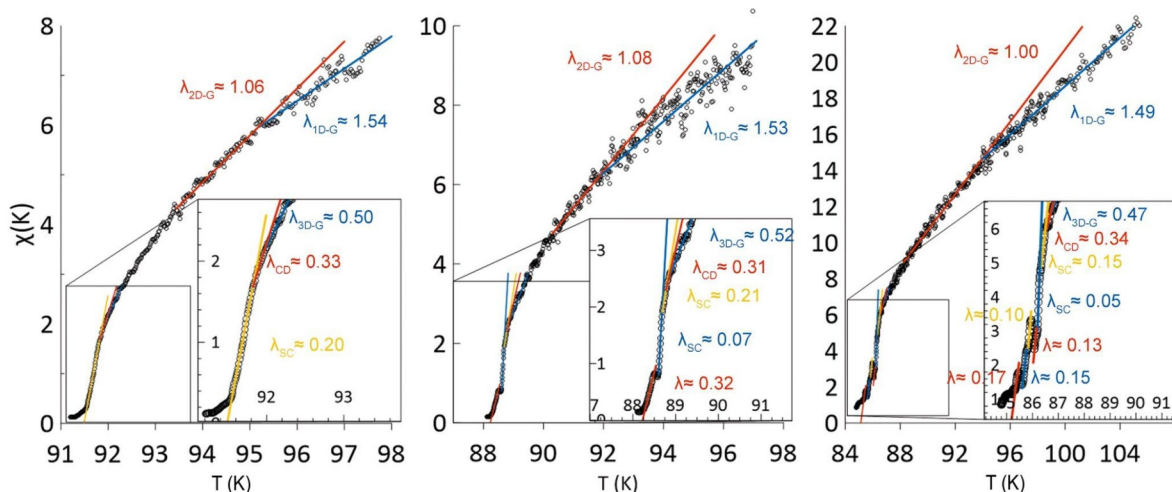


Figura 4: gráficos de $\chi_{\sigma}^{-1}(T)$, mostrando os expoentes λ_G , λ_C e λ_{SC} para as amostras de $Y(Ba_{1-x}Sr_x)_2Cu_3O_{7-\delta}$ com $x=0.05$ (a), 0.125 (b) e 0.185 (c), da esquerda para direita, respectivamente.

4. CONCLUSÃO

Figuras 3 e 4 demonstram que T^* aumenta conforme PQ se altera, e que a transição resistiva supercondutora não é similar à de um supercondutor homogêneo. Em outras palavras, múltiplas transições resistivas ocorrem conforme se altera a PQ. Contudo, esta pesquisa está ainda em desenvolvimento, e mais estudo é necessário para uma conclusão mais precisa. Com as informações a serem coletadas futuramente das amostras ainda em produção, poderemos ter um entendimento mais apurado da influência da PQ na transição resistiva normal-supercondutora, levando a uma conclusão mais clara deste assunto.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PUREUR, P.; COSTA, R. M.; RODRIGUES JR., P.; SCHAF, J.; KUNZLER, J. V. Critical and Gaussian conductivity fluctuations in $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$. **Physical Review B**, College Park, v.47, n.17, p.11420-11426, 1993.

LICCI, F.; GAUZZI, A.; MAREZIO, M.; et al. Structural and electronic effects of Sr substitution for Ba in $Y(Ba_{1-x}Sr_x)_2Cu_3O_{7-\delta}$ at varying δ . **Physical Review B**, College Park, v.58, n.23, p.15208-15215, 1998.

FERREIRA, L. M.; PUREUR, P.; BORGES, H. A.; LEJAY, P. Effects of pressure on the fluctuation conductivity of $YBa_2Cu_3O_7$. **Physical Review B**, College Park, v.69, n.21, p.212505, 2004.

COSTA, R. M.; PUREUR, P.; GUSMÃO, M. A.; et al. Scaling beyond 3D-XY in the fluctuation conductivity of $YBa_2Cu_3O_7$. **Solid State Communications**, Oxford, v.113, n.1, p.23-27, 2000.