

TIO - SUPERCONDUTIVIDADE

4/12/2023

Maric Helene Nunes da Silva, Grupo 2, PL1

04/12/2023

OBJETIVOS

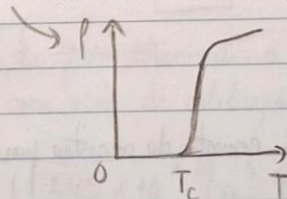
- Introdução à criogenia (utilização de gases líquidos)
- Análise de curva característica de um supercondutor
- Determinação da temperatura crítica T_c de amostra de Bi-Pb-Sn-CaCuO

INTRODUÇÃO TEÓRICA

Supercondutividade → material que abaixo de T_c (temperatura crítica), se torna supercondutor (sem resistência elétrica) na ausência de um campo magnético

Campo crítico → $B_c(T) = B_0 \left(1 - \left(\frac{T}{T_c}\right)^2\right)$

↪ curva assintótica do campo crítico para $T = 0\text{K}$



→ à temperatura $T < T_c$ e com $B > B_c$, o material perde as suas propriedades supercondutoras

Conduta perfeita → $B(y) = B(0)e^{-y/\lambda}$

↪ distância de penetração de campo magnético abaixo da superfície do condutor

→ campo residual $B(y)$ diminui exponencialmente com a profundidade de penetração

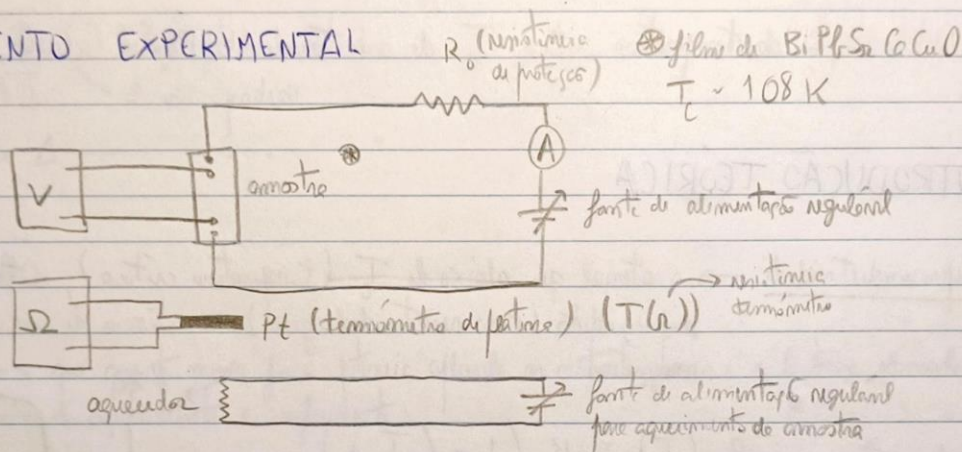
→ num campo magnético estático presente quando um condutor atinge o estado de supercondutividade um campo é criado (congelado) independentemente do que acontece na superfície

- a temperatura muda o campo magnético dentro do condutor devido ao atenuação do campo exterior aplicado, criando correntes induzidas de forma a manter o campo interno constante a profundidades além de λ (caso extremo de Lei de London)

Efeito Meissner → $B(y) = B(0)e^{-\frac{y}{\lambda}}$ profundidade de penetração de London

→ $B \approx 0$ dentro de um supercondutor a profundidades apreciáveis além de λ

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

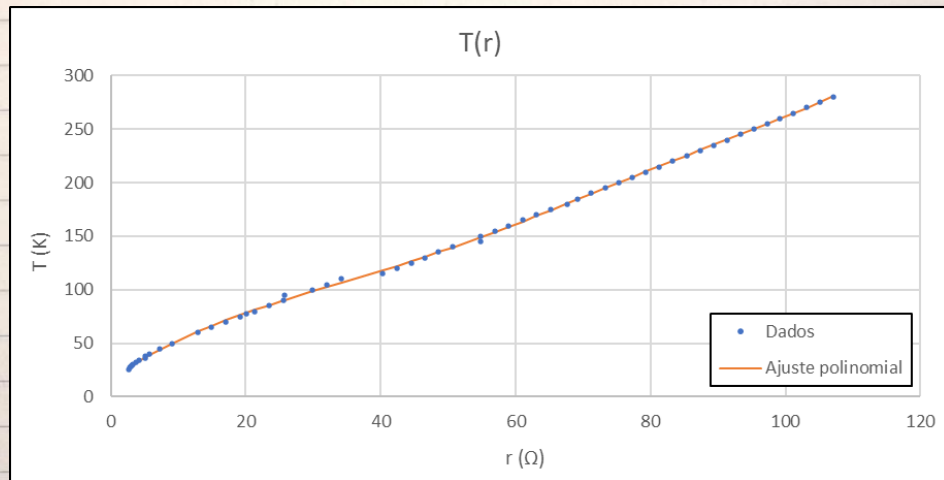


- Ajustar corrente do amostra para 50 mA (foi na realidade ajustada para ~ 30 mA)
- Introduzir o líquido na garrafa "thumos"
- Introduzir lentamente a câmara na garrafa e registar, em intervalos de temperatura adequados, os valores de tensão V da amostra (posicionando a resistância); registar o máximo de pontos possível na vizinhança de transição supercondutora; mergulhar câmara no líquido para obter temperatura mais baixa ($T \sim 108 K$)
- Aquecer a câmara, levantando-a um pouco acima do líquido e ligando o aquecedor; aumentar muito lentamente a corrente no aquecedor e ir à medida que for necessário; registar V em intervalos de temperatura adequados

7
4/12/2023

ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

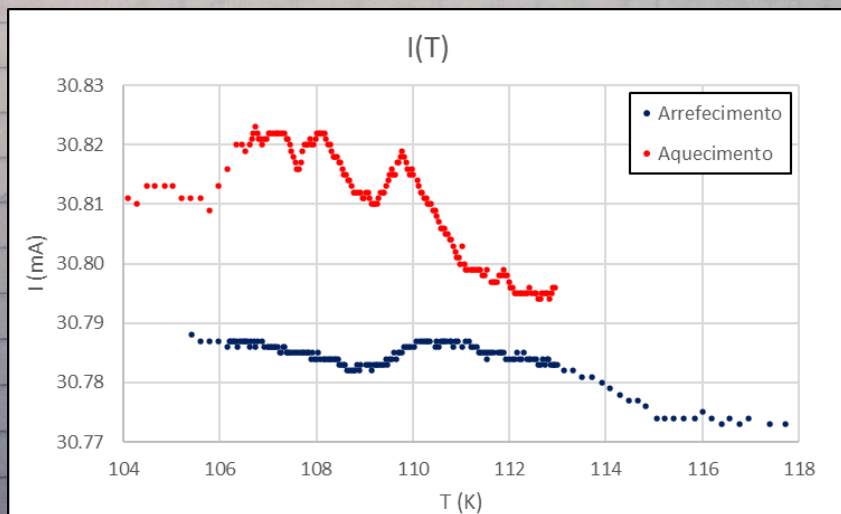
- O termômetro de platina foi fornecido com uma Tabela com vários valores de temperatura T a vários valores de resistência R . Assim, foi possível realizar, com estes dados, um ajuste $T(R)$ polinomial de grau 6, como mostrado no gráfico abaixo:



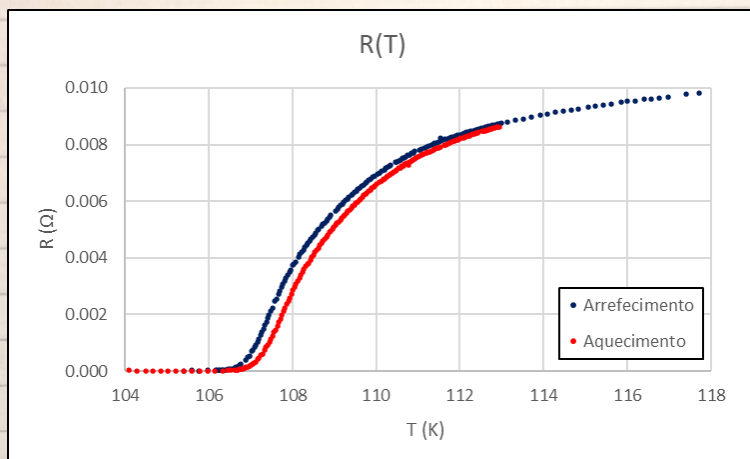
- Desta forma, os valores de temperatura atingidos nesta experiência foram determinados a partir dos valores de resistência do termômetro registrados de acordo com a eq. de calibração:

$$T(R) = (8,196 \times 10^{-10}) R^6 - (2,187 \times 10^{-7}) R^5 + (1,645 \times 10^{-5}) R^4 + (1,701 \times 10^{-4}) R^3 - (6,173 \times 10^{-2}) R^2 + 4,137 R + 17,04$$

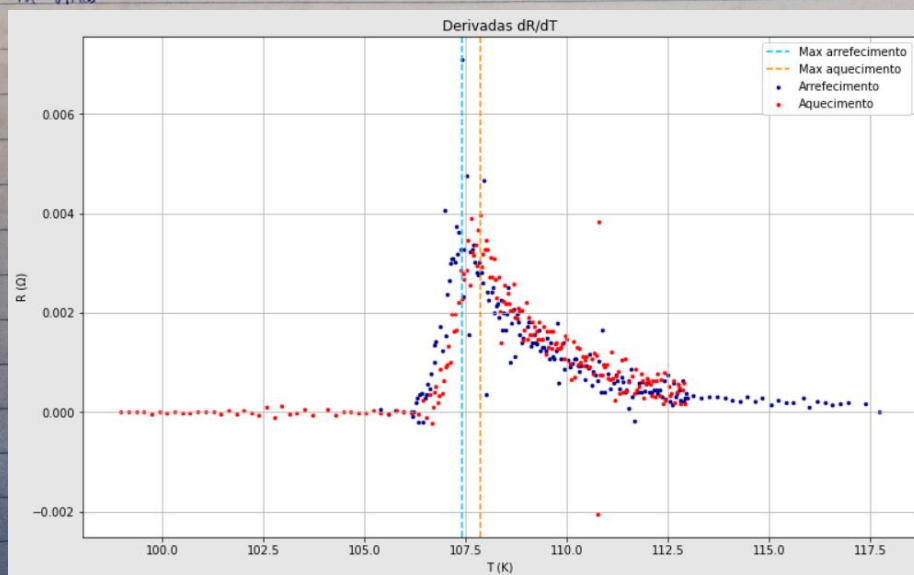
- Os valores de corrente registrados ao longo da experiência foram:



- A corrente deveria ser constante; contudo, após pequenas flutuações ao longo de experiências. Assim, decidiu-se estudar a resistência $R = \frac{V}{I}$ de amostra, em função de temperatura no intervalo $[104; 118] \text{ K}$ (inclui zona de transição supercondutora).



- Observa-se uma pequena diferença entre as curvas de aquecimento e de arrefecimento, o que indica que estes processos não ocorrem ao mesmo ritmo, resultando, possivelmente, em "atrasos" ou erros nos valores de α e V apresentados nos respetivos gráficos.
- A temperatura crítica T_c será determinada pelo máximo da derivada da resistência em ordem à temperatura (dR/dT). A derivada de cada curva foi obtida pelo função `numpy.diff()` de Python, que para cada valor n_m , calcula a diferença finita $n_{m+1} - n_m$. Assim, obtém-se a "derivada" a cada ponto com $\frac{\text{np.diff}(R)}{\text{np.diff}(T)}$ (para o primeiro ponto, assumiu-se derivada nula). Este método não é rigoroso, mas foi o método que permitiu calcular a derivada de um conjunto de valores não representados por uma função. Obtém-se então:



- T_c (aquecimento) = 107,41 K

- T_c (resfriamento) = 107,86 K

- Fazendo a média destes dois valores, tomamos como temperatura crítica do supercondutor:

$$\bar{T}_c = (107,6 \pm 0,2) \text{ K}$$

$$u(\bar{T}_c) (\%) = 0,2 \%$$

$$\text{erro} (\%) = 0,3 \%. \quad (T_c \text{ esperado} \sim 108 \text{ K})$$

Nota: incertezas calculadas pela incerteza de média: $u(\bar{T}_c) = \frac{s}{\sqrt{2}}$ ↗ desvio-padrão

- A temperatura crítica do amostra supercondutora foi determinada com alta precisão e exatidão.

CONCLUSÃO

- Recorrendo à criogenia, estudamos a curva de transição supercondutora de uma amostra de BiPbSrCaCuO , verificando-se que os processos de aquecimento e de resfriamento são quase idênticos, isto é, ocorrem exatamente ao mesmo ritmo.

- Determinamos a temperatura crítica da amostra referida, $T_c = (107,6 \pm 0,2) \text{ K}$, com alta precisão e exatidão (erro de 0,3 %).