

## **SÍNTESE DO SUPERCONDUTOR YBaCuO COM ADIÇÃO DA FASE Y211**

**SANDRO DOS SANTOS VIANA<sup>1</sup>; VALDEMAR DAS NEVES VIEIRA<sup>2</sup>; JORGE  
LUIZ PIMENTEL JR.<sup>3</sup>; FÁBIO TEIXEIRA DIAS<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – sandrosviana@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – vdnvieira@gmail.com

<sup>3</sup>Universidade Federal do Rio Grande – jlpimenteljr@gmail.com

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas – diasft@gmail.com

### **1. INTRODUÇÃO**

A supercondutividade é uma das áreas da física mais estudadas hoje em dia, e pela sua importância tecnológica essa área vem crescendo desde sua descoberta em 1911. Além da sua característica de possuir resistência zero em uma certa temperatura crítica ( $T_c$ ), os supercondutores ainda apresentam um efeito diamagnético (efeito Meissner) que os torna importantes para aplicações tecnológicas, como o desenvolvimento de bobinas, aparelhos de ressonância magnética, transmissão de energia elétrica, transmissão de dados e etc.

Dentre os principais supercondutores estudados atualmente no mundo estão os materiais da família YBaCuO, os quais foram os primeiros supercondutores com temperatura crítica acima do ponto de ebulição do nitrogênio líquido (77K). Para esse trabalho foram feitas três amostras com os supercondutores dessa família, com a estequiometria  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  (Y123), sendo uma pura e outras duas contendo 17% e 30% de sua massa com a fase não supercondutora  $Y_2BaCuO_5$  (Y211). O uso desta fase é importante para melhorar as propriedades magnéticas e a performance supercondutora em possíveis aplicações tecnológicas. Para a confecção das amostras usamos a técnica de sinterização, sendo essa técnica de crescimento de amostras uma das mais simples e ideal para o crescimento de supercondutores de boa qualidade.

O objetivo desse trabalho, além do crescimento destas amostras, é caracterizar algumas de suas propriedades e características, como a estrutura cristalina, o tamanho dos grãos, e os parâmetros da célula unitária, comparando-os com trabalhos da literatura. Para isso, além da etapa de crescimento, utilizamos as técnicas de microscopia eletrônica de varredura e difração de raio-X.

### **2. METODOLOGIA**

Todas as amostras foram confeccionadas no Laboratório de Materiais Supercondutores da Universidade Federal de Pelotas, sendo que partimos de um pó comercial de  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  que fica devidamente protegido em secadores, já que a umidade do ar pode deteriorá-lo facilmente. Começamos o trabalho utilizando uma massa de  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  com aproximadamente 0,5 g, com o auxílio de uma balança de precisão. A seguir essa quantidade é colocada em um almofariz de ágata para maceração por aproximadamente 40 minutos. Logo após o pó é prensado na forma de uma pastilha com o auxílio de uma prensa hidráulica, onde foram aplicadas cargas de 3, 2 e 1 toneladas, respectivamente. Com isso obtivemos uma pastilha de aproximadamente 1 cm de diâmetro onde, a qual a seguir é colocada em um cadinho de alumina para ir ao forno e receber o tratamento térmico de sinterização. Esses procedimentos foram reproduzidos

para todas as amostras preparadas. A Figura 1 apresenta os equipamentos utilizados e o aspecto de uma das amostras crescidas.

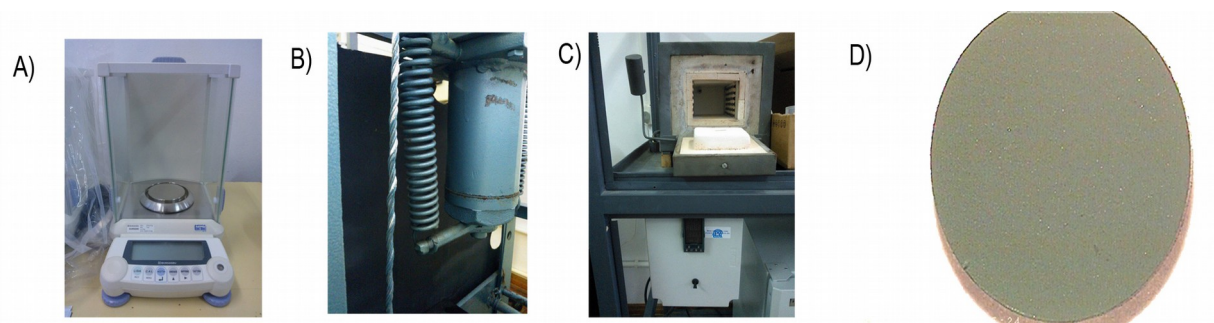


Figura 1: A) balança de precisão, B) prensa hidráulica, C) forno e controlador usado para o tratamento térmico e D) resultado final (amostra sinterizada).

Com relação ao tratamento térmico utilizado, utilizou-se uma temperatura máxima de sinterização de 950 °C, mantida por 24 horas. A Figura 2 descreve o tratamento empregado nas 3 amostras. O tratamento térmico total durou em média 64 horas para cada amostra, sendo que qualquer falta de energia elétrica pode comprometer todo o procedimento feito até então.

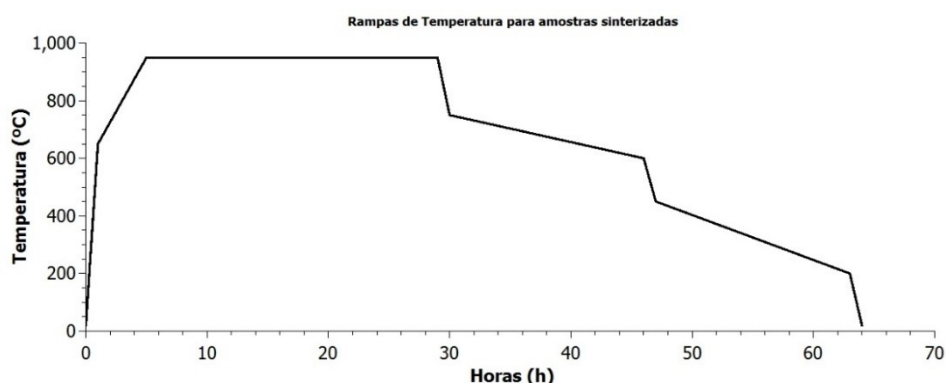


Figura 2: Esquema do tratamento térmico utilizado no crescimento das amostras.

No final do processo obtivemos três amostras no formato mostrado da Figura 1(D), com massas de 0,4927 g para a amostra pura, 0,5072 g para a amostra com 17% da fase Y211, e 0,46311 g para a amostra com 30% da fase Y211.

Para as medidas de raio-X e análise por microscopia eletrônica de varredura, contamos com o apoio do Centro de Microscopia Eletrônica do Sul (CEME-Sul), localizado na Universidade Federal do Rio Grande. Para as medidas de raios-X foi usado um difratômetro da marca Bruker, modelo D8 Advance, e para as imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi utilizado um microscópio da marca Jeol, modelo JSM-6610LV.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da microscopia eletrônica de varredura conseguimos gerar imagens que permitiram observar detalhes da superfície das amostras. Na Figura 3, vemos

a imagem de cada uma das amostras ampliadas 4000 vezes para as amostras pura e com 17% da fase Y211 e 7000 vezes para a amostra com 30% da fase Y211.

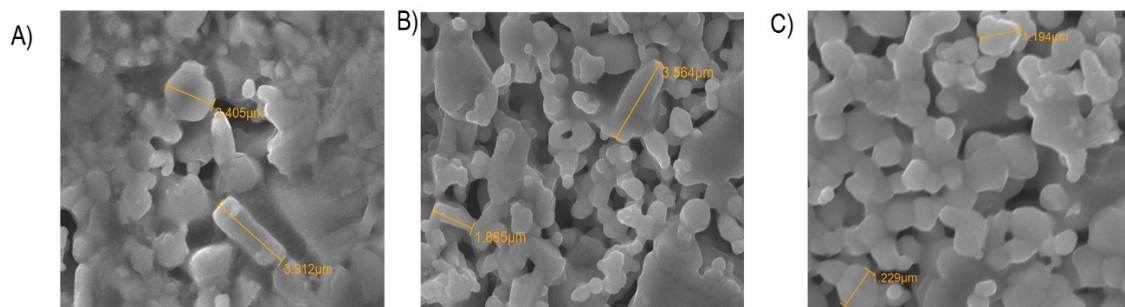


Figura 3: imagens de microscopia eletrônica de varredura para a (A) a amostra pura, (B) amostra com 17% de Y211, e (C) amostra com 30% da fase Y211.

Analisando as 3 imagens conseguimos ter uma ideia do tamanho médio dos grãos, sendo da ordem de poucos micrômetros para todas as amostras. Percebemos também que, com a adição da fase Y211, os grãos supercondutores são ligeiramente menores comparados com a amostra pura. Para as medidas de raios-X os resultados para as 3 amostras estão apresentados na Figura 4.

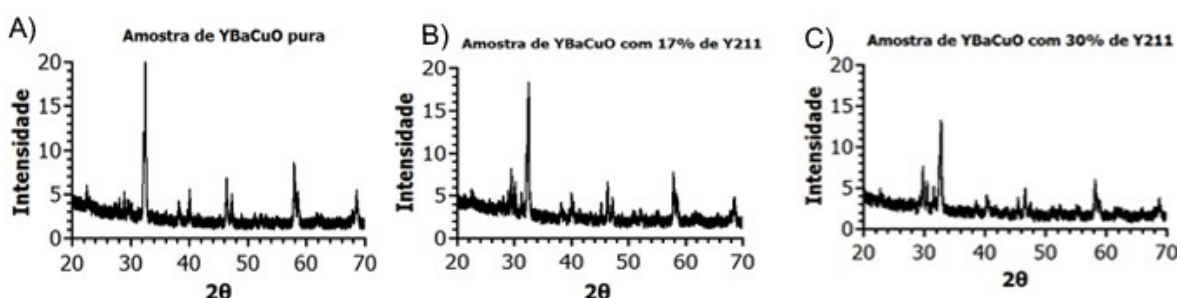


Figura 4: Resultados de raios-X para as três amostras.

Através dos gráficos da Figura 4, comparamos os picos de maior intensidade com resultados existentes na literatura, com o objetivo de verificar se não houve qualquer tipo de contaminação das amostras por meio de outro elemento, e fundamentalmente para analisar os parâmetros de rede. Nossos resultados permitiram calcular os parâmetros de rede, os quais apontaram para uma estrutura com simetria ortorrômbica, tal como conhecido na literatura para o supercondutor  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ , e cujos resultados estão expressos na Tabela 1, onde são apresentadas as dimensões dos parâmetros de rede dos eixos  $a$ ,  $b$  e  $c$  para as 3 amostras. Podemos ver a partir da Tabela 1 que a presença da fase Y211 aparentemente não alterou os parâmetros de rede da célula unitária, o que é um bom indício, já que esta estrutura está associada com a supercondutividade.

	Eixo $a$ (Å)	Eixo $b$ (Å)	Eixo $c$ (Å)
$YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ puro	3,92	3,84	11,77
$YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ c/ 17%	3,93	3,85	11,75
$YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ c/ 30%	3,90	3,83	11,69

Tabela 1: Parâmetros de rede das três amostras feitas.

#### 4. CONCLUSÕES

Terminamos essa etapa do trabalho com o crescimento e a caracterização de três amostras supercondutoras com diferentes quantidades da fase Y211, calculando os parâmetros de rede pelas medidas e analisando aspectos morfológicos das mesmas. Nossos resultados estão de acordo com os resultados expressos na literatura, o que significa, a princípio, tratar-se de amostras de boa qualidade. Aparentemente não houveram grandes diferenças em aspectos como tamanho de grão e estrutura da célula unitária com a adição da fase Y211, fazendo assim com que a fase supercondutora Y123 esteja preservada.

Nosso próximo passo consiste no crescimento de amostras texturizadas, as quais são melhores para aplicações tecnológicas. O crescimento de amostras usando as técnicas de texturização já foi iniciado, tendo como ponto de partida as amostras sinterizadas utilizadas neste trabalho.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

KITTEL, C. **Introdução a Física do Estado Sólido**. Rio de Janeiro: LTC, 2010.  
OSTERMANN, F.; PUREUR, P. **Supercondutividade**. São Paulo: Livraria da Física, 2005.

DIAS, F. T. **Efeito Meissner Paramagnético e Magnetocondutividade em Supercondutores de  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  Texturizado**. 2003. 233f. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

NUNES, S. E. **Correlação entre a Irreversibilidade Magnética e a Resistência Nula em Supercondutores de  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$** . 2013. 128f. Dissertação (Mestrado em Física) – Programa de Pós-Graduação em Física, Universidade Federal de Pelotas.

BRAGA, T. A. Estudo do comportamento magnético e microestrutural em amostras supercondutoras de  $\text{YBaCuO}$  com adição da fase Y211. In: **XXII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**, Pelotas, 2013. Anais do XXII Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas: Editora da UFPEL, 2013.

BEYERS, R.; LIM, G.; ENGLER, E. M.; SAVOY, R. J.; SHAW, T. M.; DINGER, T. R.; GALLAGHER, W. J.; SANDSTROM, R. L. Crystallography and microstructure of  $\text{Y}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{9-x}$ , a perovskite-based superconducting oxide. **Applied Physics Letters**, Melville, v.50, n.26, p.1918-1920, 1987.