cbecimat26
26º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Avaliação e otimização do uso de nanopartículas esféricas como matéria-prima para a fabricação de cerâmicas transparentes de Y_2O_3

Raphael Martinez Garcia[1,2]; Iago Cordeiro Santa Bárbara[1,2]; Edson Roberto Leite[1,2]

1. Laboratório Nacional de Nanotecnologia (Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais, Campinas, Brasil)
2. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais (Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brasil)

Introdução

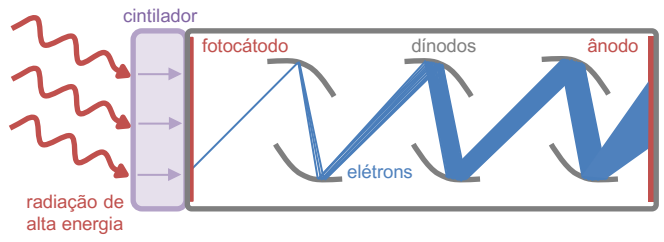


Figura 1. Representação gráfica do funcionamento de um detector de radiação de alta energia.

Cerâmicas transparentes de Y_2O_3:

- Produção de cintiladores para o Sirius.
- Lasers de estado sólido, janelas de infravermelho etc.
- Necessário otimizar a sinterização:



Figura 2. Representação gráfica de resumo dos objetivos do projeto.

Métodos

Precipitação homogênea com ureia[1]:

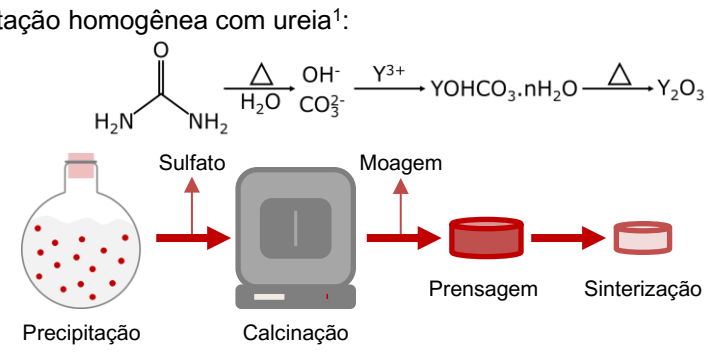


Figura 3. Representação gráfica da metodologia utilizada no projeto.

- Melhoria do pó: (i) otimização da temperatura de calcinação, (ii) aditivação com sulfato[2], (iii) calcinação em vácuo[3] e (iv) moagem. Sinterabilidade comparada com a de um pó produzido por moagem.
- Prensagem isostática: curvas de compactação.
- Sinterização (10 min): curvas de densificação (densidade do corpo verde fixa em 50 %, exceto se mencionado o contrário).

Resultados

Efeito da temperatura de calcinação

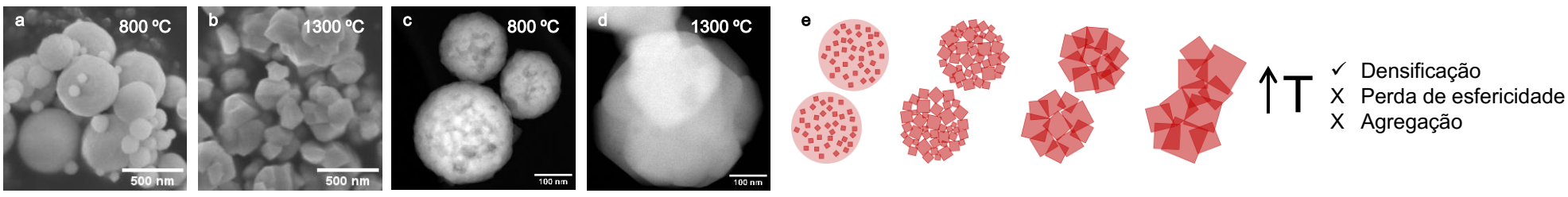


Figura 4. Imagens de microscopia eletrônica de (a, b) varredura e (c, d) transmissão de amostras calcinadas a diferentes temperaturas por 2h. (e) Representação gráfica dos efeitos da temperatura de calcinação nas partículas.

Aditivação com sulfato

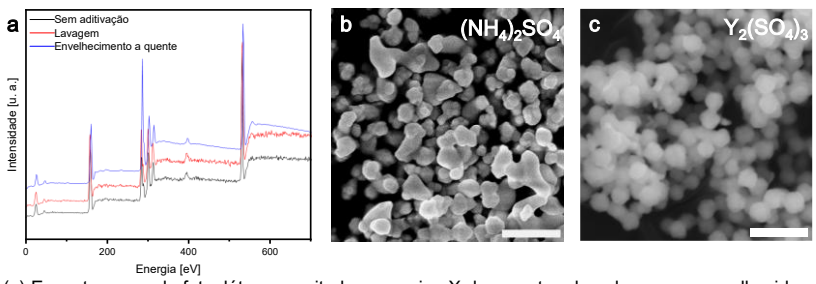


Figura 5. (a) Espectograma de fotoelétrons excitados por raios-X de amostras lavadas com e envelhecidas a quente em soluções de $(NH_4)_2SO_4$. (b, c) Imagens de microscopia eletrônica de varredura de amostras calcinadas a 1100 ºC por 2h previamente aditivadas com (b) $(NH_4)_2SO_4$ e (c) $Y_2(SO_4)_3$. Barra de escala = 500 nm.

- Lavagens ou envelhecimento a quente com $(NH_4)_2SO_4$: sem sinal de enxofre por espectografia de fotoelétrons excitados por raios-X (ineficazes).
- Adição de $(NH_4)_2SO_4$: perda da morfologia.
- Adição de $Y_2(SO_4)_3$: incapaz de evitar agregação, partículas secundárias.

Calcinação sob vácuo

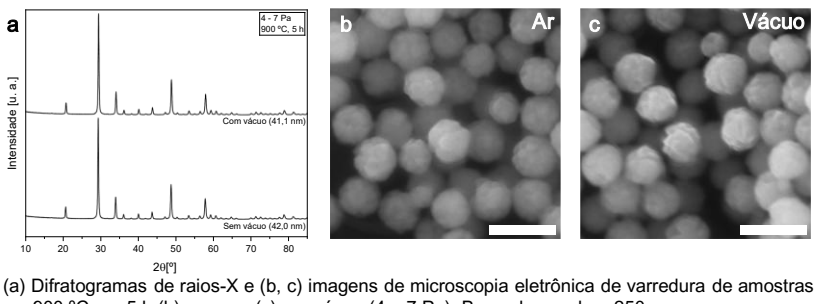


Figura 6. (a) Difratogramas de raios-X e (b, c) imagens de microscopia eletrônica de varredura de amostras calcinadas a 900 ºC por 5 h (b) em ar e (c) em vácuo (4 – 7 Pa). Barra de escala = 250 nm.

- Vácuo de 4 – 7 Pa foi incapaz de produzir os efeitos esperados.

Moagem

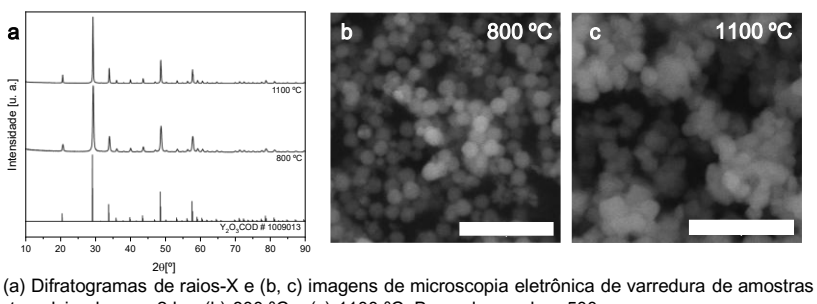


Figura 7. (a) Difratogramas de raios-X e (b, c) imagens de microscopia eletrônica de varredura de amostras moídas e previamente calcinadas por 2 h a (b) 800 ºC e (c) 1100 ºC. Barra de escala = 500 nm.

- Pó calcinado a 800 ºC: quebra de algumas partículas.
- Sem contaminação significativa.

Prensagem isostática e sinterização

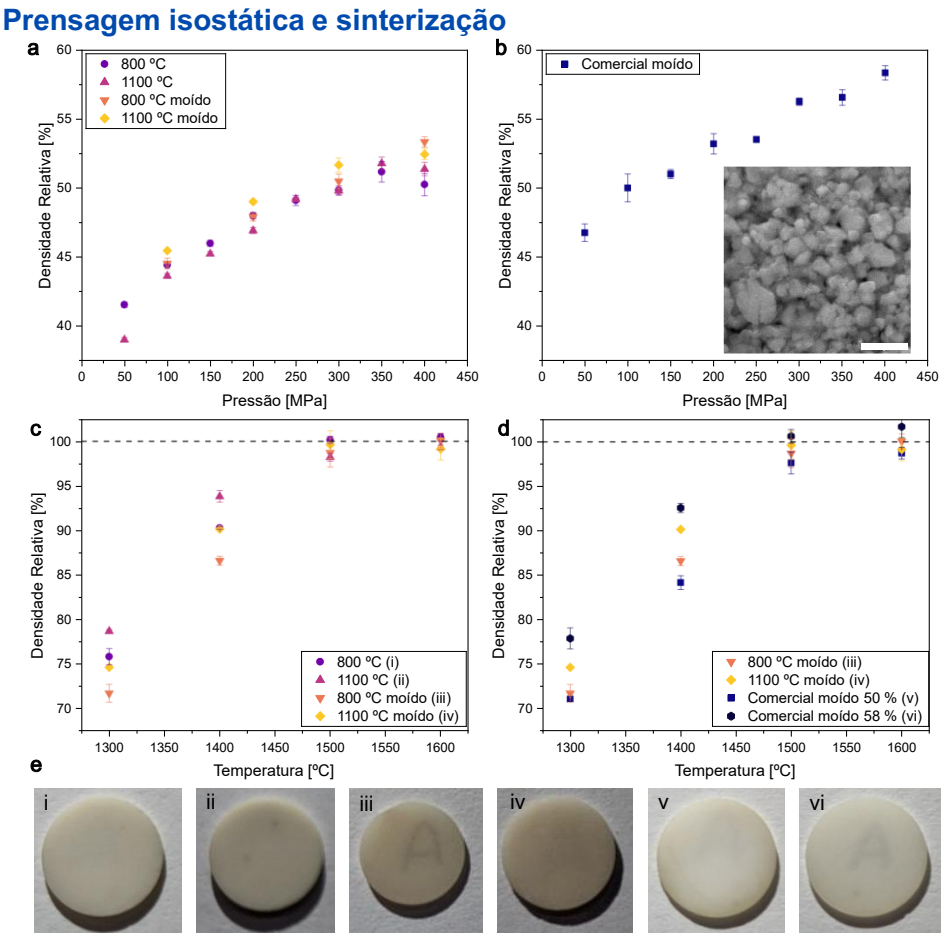


Figura 8. (a, b) Curvas de compactação por prensagem isostática para diferentes pós e (c, d) suas respectivas curvas de sinterização. Em (b), a imagem de microscopia eletrônica de varredura corresponde ao pó produzido por moagem (pó comercial moído). Barra de escala = 250 nm. (e) Fotos de pastilhas de aproximadamente 0,5 mm sinterizadas a 1600 ºC por 10 min (sem polimento).

Prensagem isostática:

- Moagem: maior resistência de corpos verdes, melhor compactação sob altas pressões (400 MPa). Fortes efeitos no pó calcinado a 1100 ºC (desagregação).
- Pó produzido por moagem: maiores densidades (alta polidispersividade).

Sinterização:

- Moagem: curva mais lenta, mas melhor densidade final. Provavelmente devido à quebra de aglomerados resistentes à conformação.
- Esferas otimizadas sinterizam mais eficientemente do que o pó produzido por moagem, mas a diferença pode ser atenuada otimizando a compactação.

Conclusões

- Otimização do pó: calcinação a 800 ºC + moagem. Abordagens com sulfato e vácuo foram ineficazes.
- Prensagem isostática: otimização da densidade e homogeneidade são cruciais. Testes futuros: uso de lubrificantes internos e colagem de barbotina.
- Sinterização: indícios de transparência obtidos em condições ainda não otimizadas. Testes futuros: vácuo, aditivos e técnicas avançadas.

Referências

1. AKINC, MUFIT; SORDELET, DANIEL. Preparation of Yttrium, Lanthanum, Cerium, and Neodymium Basic Carbonate Particles by Homogeneous Precipitation. **Advanced Ceramic Materials**, v. 2, n. 3A, p. 232–238, jul. 1987.

2. IKEGAMI, Takayasu et al. Fabrication of Transparent Yttria Ceramics by the Low-Temperature Synthesis of Yttrium Hydroxide. **Journal of the American Ceramic Society**, v. 85, n. 7, p. 1725–1729, 1 jul. 2002.

3. JUNG, Wook Ki et al. Effects of calcination atmosphere on monodispersed spherical particles for highly optical transparent yttria ceramics. **Journal of the American Ceramic Society**, v. 100, n. 5, p. 1876–1884, 23 fev. 2017.

Agradecimentos

FAPESP · CAPES · CNPq Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico · UFSCar · DEMa UFSCar · ppgcem · CNPEM · LNNano · Laboratório de Processamento de Nanocerâmicas