

**Nº 178551**

**Conceito de prova da obtenção de peças de Y-TZP por sinterização seletiva a laser indireta**

**Catia Fredericci  
J.M. Mascheroni  
A.M.N. Barbosa  
A. Kretzer**

*Palestra em forma de Pôster  
apresentado no CONGRESSO  
BRASILEIRO DE CERÂMICA, 67., 2023,  
Florianópolis. 1 slide*

A série "Comunicação Técnica" compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública.  
**PROIDIBO REPRODUÇÃO**

# CONCEITO DE PROVA DA OBTENÇÃO DE PEÇAS DE Y-TZP POR SINTERIZAÇÃO SELETIVA A LASER INDIRETA

C. Fredericci<sup>1</sup>; J.M. Mascheroni<sup>2</sup>, A.A. Mascheroni<sup>2</sup>, A.M.N. Barbosa<sup>2</sup>, A. Kretzer<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo  
Av. Prof. Almeida Prado, 532 - 05508-901 São Paulo/SP

<sup>2</sup>Alkimat

Rua Abelardo Manoel Peixer, 142 - Barreiros, São José, Santa Catarina - 88110-0552

e-mail: catiaf@ipt.br

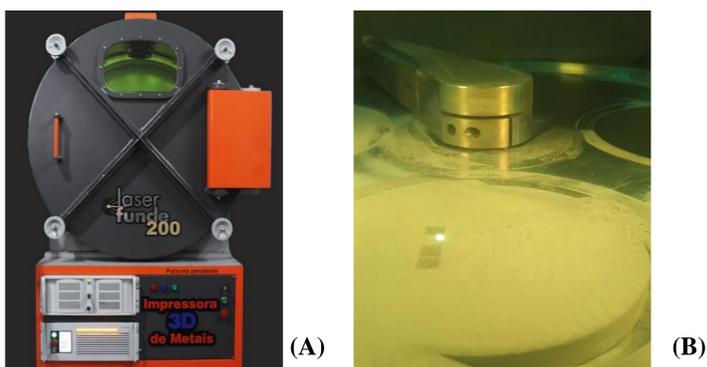
## 1. RESUMO

O objetivo desse trabalho foi explorar a técnica de sinterização seletiva a laser (SLS) indireta de misturas de pós de Y-TZP atomizados com poliamida 12 (PA12) - 40 % de Y-TZP + 60 % de PA12 - utilizando-se laser de CO<sub>2</sub> para a obtenção de corpos de prova, inicialmente com geometria simples (cubos de (11x11x11) mm<sup>3</sup>) para analisar o conceito de prova. Os corpos de prova verde impressos apresentaram excelente resistência ao manuseio e transferência da máquina de impressão 3D para o forno convencional de sinterização. Foi observado que é fundamental que a taxa de aquecimento no intervalo de decomposição do polímero (200 °C a 600 °C) seja inferior a 1 °C/min. A microestrutura das amostras sinterizadas a 1400 °C/3h foi analisada por microscopia eletrônica de varredura, possibilitando verificar a presença de porosidade. Essa tecnologia demonstrou potencial para a obtenção de cerâmicas porosas de Y-TZP.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

- Zircônia parcialmente estabilizada da Tosoh com 3 % em mol de Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (3Y-TZ-E);
- Poliamida 12 (PA12 – Polymon da Polychroma);
- Relação Zircônia/Poliamida: 40/60 (% em volume) – 40Z60P
- Os pós foram misturados mecanicamente em um misturador tipo Y por 60 min para garantir homogeneização;
- Para a preparação dos corpos de prova por manufatura aditiva foi utilizada a máquina Alkimat LaserFunde 200 com laser de CO<sub>2</sub> com potência de 70 W e diâmetro do feixe de 400 µm (Figura 1).

**Figura 1** – Fotografias: (a) Máquina utilizada para impressão das peças cúbicas e (b) um momento durante a impressão.



- As peças foram sinterizadas em diferentes ciclos térmicos até temperatura máxima de 1400 °C com patamar de 3 h. Foi utilizada a técnica de microscopia eletrônica de varredura (JEOL - JSM 6300) para análise microestrutural tanto das peças verdes quanto das sinterizadas. As imagens foram obtidas no modo elétrons secundários e a voltagem utilizada foi de 20 kV. A densidade aparente foi determinada pelo método de Arquimedes.

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Peças Verdes

**Fig. 2** - (a) Peças preparadas por prototipagem 3D do pó 40Z60P e (b) Manuseio da amostra.

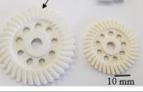


### 3.2 Peças Sinterizadas

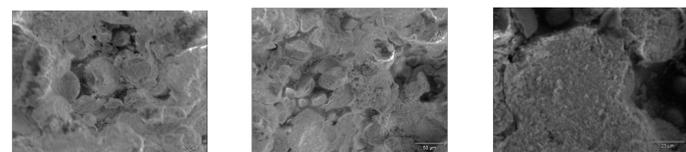
**Figura 3**- Peças obtidas de tratamentos térmicos com diferentes taxas de aquecimento: 25 °C a 200 °C (5°C/min) – 200 °C a 600 °C (0,2, 0,5, 1,0 e 2,0 °C/min) – 600 °C a 1400 °C – (5 °C/min) com patamar de 3h.



**Figura 4** – Peças tratadas em diferentes ciclos térmicos.

Ciclos Térmicos	Peças Sinterizadas
25 °C a 200 °C – 5 °C/min 200 °C a 600 °C – 1 °C/min 600 °C a 1400 °C/3h – 5 °C/min	 10 mm
25 °C a 200 °C – 5 °C/min 200 °C a 600 °C – 0,2 °C/min 600 °C a 1400 °C/3h – 5 °C/min	 10 mm

**Figura 9** – (a), (b) e (c) Micrografias obtidas por microscopia eletrônica de varredura no modo elétrons secundários da peça cúbica tratada com ciclo térmico de 0,2 °C/min na faixa de 200 °C a 600 °C e de 600 °C a 1400 °C/3h de 5 °C/min.



Algumas micrografias da peça cúbica sinterizada a 1400 °C/3h são mostradas na Figura 9. Podem ser observadas regiões com elevada porosidade (poros com tamanho superior a 50 µm) condizente com a baixa porcentagem de densificação (43,3%).

## 4. CONCLUSÕES

Os resultados demonstraram a viabilidade de prototipagem de peças, com geometrias simples e complexa, utilizando-se o processo de sinterização seletiva a laser indireta de pó contendo 40 % de 3Y-TZ-E e 60 % de PA12 (em volume) obtido por mistura mecânica. A partir de análise termogravimétrica foi observado que entre 200 °C e 600 °C ocorre perda acentuada de massa devido à decomposição da poliamida 12. Portanto, fez-se necessário nesse intervalo de temperatura a utilização de ciclos térmicos com taxa de aquecimento de 0,2 °C/min, para a obtenção de peças sem trincas após sinterização a 1400 °C/3h com taxa de aquecimento de 5 °C/min. No entanto, as peças obtidas apresentaram elevada fragilidade devido à baixa densificação (43,3%).

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela Bolsa de Produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora (DT-2) processo 308543/2020-3.