

# Avaliação de cerâmicas porosas de fosfatos de cálcio obtidas pela técnica de consolidação de espumas

Christiane Ribeiro, José Carlos Bressiani, Ana Helena de Almeida Bressiani, Centro de Ciência e Tecnologia de Materiais - CCTM, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN, e-mail: [cribeiro@ipen.br](mailto:cribeiro@ipen.br), home page: <http://www.ipen.br/sitio/?idc=1234>

## Introdução

A ampla utilização de espumas cerâmicas tem despertado o interesse na produção de sólidos porosos, materiais que atualmente tem atingido grande potencial de aplicação como biomateriais, principalmente quando constituídos de hidroxiapatita (HAp) e  $\beta$ -fosfato tricálcico ( $\beta$ -TCP) [Ratner et al.]. No caso específico destas biocerâmicas, há uma sinergia entre a medicina e a engenharia de tecidos, já que fosfatos de cálcio confeccionados na forma de matrizes porosas se adequam facilmente em situações para regeneração de tecido (scaffolds), além de serem utilizados como implantes ósseos. Estas aplicações podem se tornar mais acessíveis pela utilização de técnicas versáteis de obtenção de cerâmicas com diferentes porosidades. Uma estrutura deste tipo pode obtida a partir de um reticulado poroso interconectado de HAp e  $\beta$ -TCP (cerâmica bifásica) com característica biocompatível e osteocondutora [Yaszemski, et al.]. Uma nova técnica de consolidação direta, a partir da ação de proteínas, tem sido proposta. Nesta técnica, proteínas globulares, como a albumina presente na clara do ovo (ovalbumina), são utilizadas aproveitando sua capacidade de gelificar na presença de água e sofrerem processo de desnaturação, quando aquecidas a 70-80°C [Dhara, et al.]. Este processo torna possível solidificar suspensões cerâmicas à base de água, obtendo corpos rígidos.

Neste trabalho é feito um estudo da obtenção de cerâmicas bifásicas porosas à base de  $\beta$ -TCP e HAp, utilizando ovalbumina.

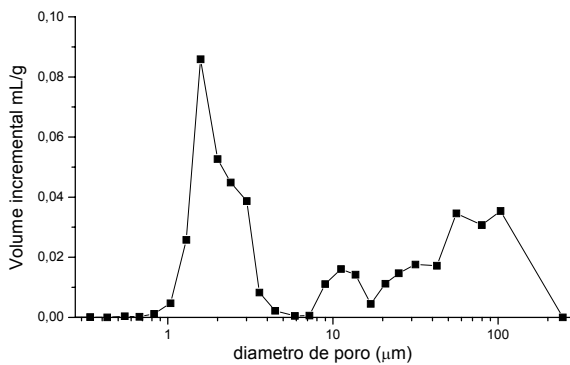
## Procedimento Experimental

As suspensões cerâmicas da mistura HAp/ $\beta$ -TCP na proporção 1:1 (massa) foram obtidas de acordo com a metodologia já desenvolvida [Ribeiro, et al.]. As espumas foram geradas pelo efeito sinérgico da adição de 6 % (massa) de albumina e um surfactante não-iônico (genaminox) sob agitação intensa. A rigidez das espumas foi

alcançada por processo de desnaturação da proteína a temperatura de 60°C. Após processo de solidificação, as espumas foram tratadas termicamente a 600°C/2h, sendo adotada lenta taxa de aquecimento (3°C/min) para eliminação completa do material orgânico; e sinterização a 1250°C/30 min, com taxa de aquecimento de 5°C/min e de 10 ° C/min durante resfriamento. As cerâmicas foram caracterizadas por difração de raios-X, microscopia eletrônica de varredura e a distribuição de poros por porosimetria de intrusão de mercúrio.

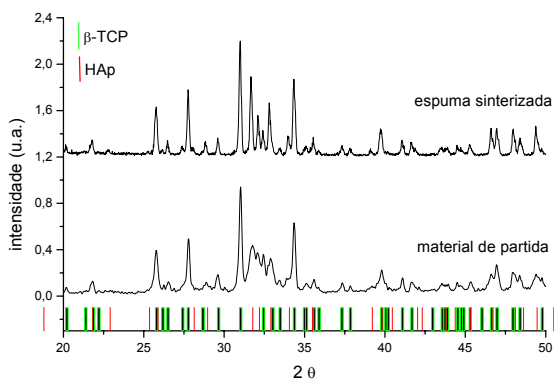
## Resultados e Discussão

Foi observada uma relação direta entre a quantidade de albumina utilizada no processo e a dimensão dos poros nas amostras obtidas. O aumento na concentração de albumina na suspensão resulta em uma frequência maior de poros de menor tamanho. Este efeito está relacionado ao aumento exponencial da viscosidade da suspensão na presença da albumina, devido sua tendência a absorver água. Esta característica confere à suspensão uma maior resistência à formação da espuma, por isso a concentração de 6% (massa) de albumina foi a mais adequada. A albumina participa como teor de sólido nesta metodologia, competindo com a cerâmica na etapa de dispersão e gerando suspensões pseudoplásticas. O resultado de distribuição do tamanho de poros nas amostras sinterizadas está apresentado na Figura 1. A curva de distribuição revela a presença tanto de micro, como de macroporosidade, sugerindo a presença de interconectividade entre os poros. As amostras apresentam uma porosidade total em torno de 60% em volume.



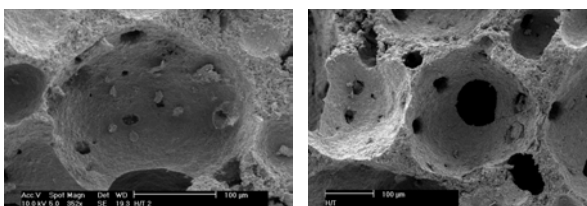
**Figura 1: Curva da frequência de distribuição de tamanho de poros em função do volume de mercúrio intrudido.**

Pela análise por difração de raios-X das amostras sinterizadas não foram observados picos referentes à outras fases comparativamente às matérias primas, Figura 2.



**Figura 2: Difratoogramas de raios-X das amostras em diferentes condições.**

A composição química e a topografia da superfície do implante podem influenciar a resposta celular osteogênica [Yaszemski et al.]. Não foram observadas diferenças topográficas entre as superfícies fraturadas das amostras, indicando boa reprodutibilidade da técnica. Na Figura 3 estão apresentadas duas amostras obtidas por esta metodologia.



**Figura 3: Micrografias das superfícies da fratura das espumas sinterizadas.**

A macroporosidade observada nas amostras pode promover caminhos acessíveis para o crescimento do tecido ósseo, que facilmente penetra pelos poros, estabelecendo o processo de osteocondução. A geometria dos poros é de natureza esférica, o que não comprometeria o metabolismo ósseo, após implantação [Ratner, et al.]. Os microporos observados podem apresentar um papel importante no processo de ativação celular da superfície. Este tipo particular de porosidade é morfologicamente funcional por contribuir com a rugosidade da superfície. A característica rugosa induz uma formação óssea em maior volume e velocidade quando comparadas às superfícies lisas devido a grande tendência de ancoragem de células com fenótipo osteoblástico neste tipo de superfície [Yaszemski et al.].

### Conclusões

A ação espumante e de consolidação simultânea oferecida por esta metodologia torna esta prática bastante versátil na produção de cerâmicas porosas para uso como biomateriais.

As espumas obtidas apresentam uma lenta drenagem, devido sua alta viscosidade superficial, proporcionando estabilidade adequada para o estágio de solidificação.

A presença da albumina não comprometeu o aparecimento de outras fases. O reticulado poroso obtido via albumina apresenta características promissoras para osteointegração, identificada pela esfericidade dos poros, paredes celulares com interconectividade e macro e microporosidades presentes em todas as amostras.

### Referências bibliográficas

- Dhara, S.; Bhargava, P. J. Am. Ceram. Soc. v.84, 12, p.3048-3050, 2001.
- Ratner, B.D.; Hoffman, A.S.; Schoen, F.J.; Lemons, J. E. Biomaterials Science, An introduction to materials in medicine; Academic press, 2002.
- Ribeiro, C.; Bressiani, J.C.; Bressiani, A. H. A. Materials Science Forum, v. 530-531, p. 587-592, 2006.
- Weijers, M., Van de Velde, Fred., Stijnman, A., Visschers, R. W., Food Hydrocolloids, v.20, p. 146-159, 2006.
- Yaszemski, M.; Payne, R.; Hayes, W.; Langer, R.; Mikos, A., Biomaterials, 17, p.175-85, 1996.