

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE SCAFFOLDS A BASE DE VIDROS BIOATIVOS DE BORATO

Vitória Tsuyaco Tsuzuki Hosoda (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Francielle Sato (Orientadora), Lidiane Vizioli de Castro Hoshino (Coorientadora). E-mail: fsato@uem.br

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Maringá, PR.

Ciências Exatas e da Terra / Física

Palavras-chave: Vidro bioativo; *Scaffolds*; Bioatividade.

RESUMO

Neste trabalho foram produzidas estruturas tridimensionais porosas, os *scaffolds*, a partir dos vidros bioativos do sistema Boro-Cálcio-Sódio tratados termicamente à 715 °C, com e sem elemento espaçador, sendo o objetivo principal a avaliação da bioatividade, *in vitro*, pela imersão em SBF durante 0,25; 1; 4; 7 e 14 dias. Pré-imersão, os *scaffolds* foram caracterizados por difratometria de raio X e espectroscopia Raman. Nos períodos após imersão foram avaliadas as variações de pH da solução de imersão e a perda de massa dos *scaffolds*, bem como, alterações espectrais por meio dos espectros Raman. Os resultados obtidos mostraram que os *scaffolds* produzidos sem elemento espaçador apresentaram uma dinâmica de bioatividade mais rápida no período avaliado, possivelmente devido à maior conectividade entre os poros presentes nas amostras.

INTRODUÇÃO

Os biomateriais são utilizados pela medicina regenerativa promovendo melhora na qualidade de vida, sendo definidos como materiais compostos por substâncias ou combinações delas, aplicadas em períodos indeterminados com intuito de substituir, reparar ou restaurar tecidos lesionados. Os vidros bioativos são um subgrupo dessa categoria que apresentam a capacidade interação com os tecidos vivos, por conta da bioatividade superficial quando em contato com fluidos fisiológicos. Arcabouços porosos tridimensionais, os *scaffolds*, podem mimetizar a estrutura e a função da matriz extracelular óssea natural, possibilitando taxas de crescimento ósseo mais rápidas e favorecendo a adesão e deposição celular. Esta performance é intrinsecamente relacionada a porosidade, tamanho, formato e

interconectividade dos poros, as quais são cruciais para migração e proliferação das células. Os *scaffolds* de vidro bioativo de borato se destacam por apresentar bioatividade elevada, degradação controlada, liberação de íons terapêuticos e estimulação de cicatrização características essenciais para aplicações biomédicas e sucesso clínico (DELIORMANLI et al., 2014).

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi utilizado o vidro bioativo (60B5F2P) do sistema vítreo $60\text{B}_2\text{O}_3\text{-}5\text{CaF}_2\text{-}19\text{Na}_2\text{O-}14\text{CaO-}2\text{P}_2\text{O}_5$ produzido pelo método de fusão e resfriamento (SANTOS, 2023). Os *scaffolds* foram produzidos a partir do 60B5F2P, o qual foi pulverizado e peneirado obtendo biomaterial com tamanho de partículas entre 118 a 342 μm (P3) e 60 a 201 μm (P2), sendo S3 os *scaffolds* produzidos a partir do grupo experimental P3 e S2 *scaffolds* produzidos com elemento espaçador (espuma sintética de poliuretano), a partir de P2. Inicialmente para obtenção de S3, o pó foi compactado, já para S2 a espuma de poliuretano foi imersa em uma suspensão de vidro pulverizado em álcool isopropílico 99,94%, na sequência a espuma impregnada também foi prensada. Após a compactação, as amostras S2 e S3 foram tratadas a 715 °C por 2 horas em atmosfera ambiente (60B5F2P-715), garantindo também a remoção completa do elemento espaçador em S2.

A preparação do ensaio de bioatividade, *in vitro*, e da solução de Fluido Corpóreo Simulado (SBF) foi preparada de acordo com protocolo estabelecido por Kokubo e Takadama (KOKUBO, 2006). Em seguida, as amostras foram condicionadas em tubos plásticos, tipo Falcon, respeitando a proporção de 1 ml por mm^2 de SBF para cada amostra, mantidas à 36,5 °C durante 6 horas, 1, 4, 7 e 14 dias, sendo $n = 3$ amostras por período. Após cada período de imersão foram coletados os dados de pH das soluções e as massas de cada amostra aferidas antes e após as imersões. As amostras antes e após imersão em SBF também foram medidas por Espectroscopia Raman com excitação em 532nm com 20mW, sendo cada espectro uma média de 3 medidas, cada medida de 20 varreduras, 5s de integração e resolução $\sim 3\text{-}5\text{ cm}^{-1}$, no intervalo espectral de 1800 a 400 cm^{-1} .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra os espectros Raman dos *scaffolds* S2 e S3, antes (T0) e após imersão. Antes de imersão são notados picos bem definidos, característicos de materiais cristalinos não havendo diferenças espectrais entre os *scaffolds* produzidos com ou sem elemento espaçador. As fases cristalinas do 60B5F2P-715 indexadas previamente (SANTOS, 2023), por meio da técnica de difratometria de

raios X foram: CaNaB_5O_9 , $\text{CaNa}_3\text{B}_5\text{O}_{10}$ e fluorapatita (FAP), adicionalmente na espectroscopia Raman foi possível identificar a CaB_2O_4 . As fases cristalinas de borato são formadas por unidades BO_3 e BO_4 que possuem modos vibracionais de em todo o intervalo espectral estudado, sendo do BO_4 entre 750 a 790 cm^{-1} de $\nu_s(\text{B-O})$ e as deformações entre 400 e 600 cm^{-1} ; as bandas Raman referentes aos modos $\nu_s(\text{BO}_3)$ e $\nu_{as}(\text{BO}_3)$ estão localizados entre 1500 e 850 cm^{-1} e 571 cm^{-1} , enquanto as deformações, dentro e fora do plano, nas regiões entre 800 e 650 cm^{-1} e 500 e 600 cm^{-1} . Em 938 e 921 cm^{-1} contribuição dos grupos pentaboratos. A FAp apresenta contribuições em 962 cm^{-1} do $\nu_1\text{PO}_4$ e 1100 e 1000 cm^{-1} do ν_{3as} das unidades de PO_4^{3-} .

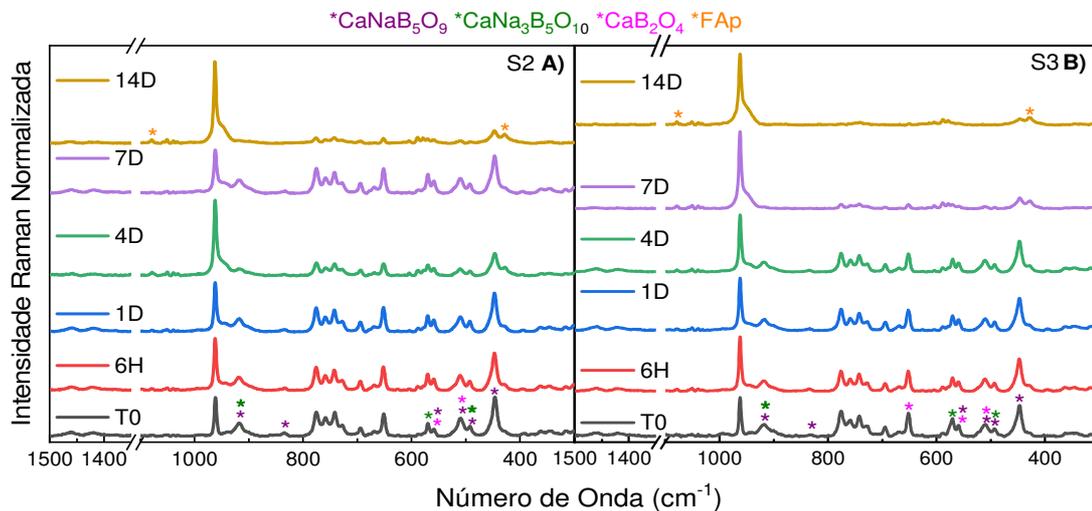


Figura 1 – Espectros Raman dos *scaffolds* S2 e S3 antes (T0) e após imersão em SBF. *D* indica dias e *H* horas. Os (*) destacam as bandas Raman com alterações espectrais.

Nota-se uma redução na intensidade das bandas associadas as fases de borato: CaNaB_5O_9 , $\text{CaNa}_3\text{B}_5\text{O}_{10}$ e CaB_2O_4 , e uma melhor definição das bandas associadas a FAP em função do tempo de imersão, em ambos os *scaffolds*. A dinâmica de solubilidade das fases borato durante o teste de bioatividade *in vitro* mostram-se mais rápidas nos *scaffolds*, sem elemento espaçador, S3, além da definição das bandas de FAP, que pode indicar uma estrutura mais cristalizada. As mudanças espectrais são observáveis após 14 dias para as amostras S2 e a partir de 7 dias para S3. Esse comportamento pode indicar que na manufatura dos *scaffolds* S2 se obteve menor quantidade de poros interconectados quando comparados aos S3. Os resultados da variação de pH nas soluções após os períodos de imersão, também mostram que a dinâmica das trocas iônicas, entre a

solução de imersão e os *scaffolds*, é mais rápida para as amostras S3. Maior conectividade entre os poros na estrutura do *scaffold* permite maior fluxo do SBF no biomaterial, promovendo maior solubilidade nas amostras e contribuindo no crescimento celular e tecidual, e transporte de nutrientes e resíduos metabólicos (LUTZWEILER, 2020).

CONCLUSÕES

Neste trabalho foram estudados *scaffolds* de vidro bioativo de borato, com e sem agente porogênico, produzidos pela primeira vez em nosso grupo de pesquisa. Os resultados mostraram que a manufatura do *scaffold* sem o elemento espaçador promoveu uma dinâmica de bioatividade mais rápida, avaliada por meio da dissolução das fases cristalinas de borato, possivelmente pela maior conectividade entre os poros do biomaterial.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, COMCAP, Fundação Araucária, UEM e ao GEOPT-UEM

REFERÊNCIAS

DELIORMANLI, A. M., *et al.* Evaluation of borate bioactive glass scaffolds with different pore sizes in a rat subcutaneous implantation model. **J. Biomater. Appl.**, v. 28, n. 5, p. 643-653, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1177/0885328212470013>. Acesso em: 20/08/2024.

KOKUBO, T e TAKADAMA, H. "How useful is SBF in predicting in vivo bone bioactivity?". **Biomater.**, v. 27, n. 15, p. 2907-2915, 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biomaterials.2006.01.017>. Acesso em: 15/08/2024.

LUTZWEILER, G., *et al.* The Overview of Porous, Bioactive Scaffolds as Instructive Biomaterials for Tissue Regeneration and Their Clinical Translation. **Pharm.**, v. 12, n. 7, p. 2-29, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/pharmaceutics12070602>. Acesso em: 15/08/2024.

SANTOS, H. **Estudo da influência na resposta bioativa de vitrocerâmicas produzidas a partir do sistema vítreo boro-sódio-cálcio com diferentes tamanhos de partículas.** Dissertação (Mestrado em Física) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2023.