OBTENÇÃO DE *SCAFFOLDS* A PARTIR DE ESPUMAS VÍTREAS

Emanuel G. Machado (PIBIC/CNPq), Emerson Luiz dos Santos Veiga, Lucas Lion Kozlinskei, André Vitor Chaves de Andrade, Éder Carlos Ferreira de Souza, Christiane Philippini Ferreira Borges, Sandra Regina Masetto Antunes (Orientador), sandrareg@uepg.br.

Universidade Estadual de Ponta Grossa/ Departamento de Química.

Química, Química Inorgânica.

Palavras-chave: Biomateriais, reaproveitamento de resíduos, vidro de borossilicato.

Resumo

No Brasil, 20% do total de resíduos de vidro gerados são descartados no lixo comum. Uma alternativa para a reciclagem desse vidro é o emprego do mesmo na produção de espumas vítreas, que é uma classe de materiais promissores na confecção de *scaffolds* visando o reparo e regeneração do tecido ósseo humano. Neste trabalho foram produzidos *scaffolds* de espuma vítrea sintetizadas por meio de reação de estado sólido utilizando vidrarias de laboratório inutilizadas como matéria-prima. Após a preparação dos *scaffolds* foi realizada a avaliação da bioatividade do mesmo através da imersão em fluído de corporal simulado (SBF) em diferentes intervalos de tempo. Os resultados encontrados demonstram a possibilidade do reaproveitamento de vidrarias inutilizadas como biomaterial, uma vez que os blocos vítreos apresentaram resposta positiva através do ensaio em SBF, além de características físico-químicas promissoras para aplicação como enxerto ósseo.

Introdução

Um dos grandes desafios da química é reaproveitar materiais considerados inutilizáveis como, por exemplo, resíduos de vidro. Apesar de esforços contínuos aplicados ao reuso deste material, cerca de 20% de todo vidro produzido no Brasil é descartado, após sua inutilização, no lixo comum. Uma alternativa para a reciclagem desse vidro é a utilização do mesmo na produção de espumas vítreas. O vidro distingue-se de outros materiais por várias características: não é poroso nem absorvente, é ótimo isolante e possui baixo índice de dilatação. Na produção de cerâmicas, sobretudo agregados de argila, é valorizado o reaproveitamento de resíduos de vidro como fonte de fundentes. Por sua vez, o vidro reduz drasticamente a viscosidade quando misturado em massas cerâmicas, dificultando obter produtos com baixa absorção de água e elevada resistência mecânica devido à deformação que normalmente ocorre [1- 2].

Uma alternativa é a utilização do mesmo na produção de espumas vítreas. Esse material é obtido pela adição de um agente espumante ao vidro finamente moído e queimado em temperaturas acima do seu ponto de amolecimento. Esta temperatura é mantida até que o gás liberado pelo agente espumante seja capturado na estrutura do vidro, formando uma grande quantidade de poros [3]. O desenvolvimento da espuma vítrea é particularmente atrativo, isto se deve, a possibilidade de aplicação em vários setores como, por exemplo, isolante térmico, isolante acústico e mais recentemente na confecção de *scaffolds*.

Os *scaffolds* são materiais utilizados no reparo e na regeneração do tecido ósseo humano [4]. Para isso, as biocerâmicas, como os compostos a base de fosfato de cálcio, particularmente a hidroxiapatita sintética, são utilizadas para promover melhor adaptação do *scaffold* com o meio fisiológico [5]. O recobrimento com hidroxiapatita proporciona melhor biocompatibilidade, capacidade do material em desempenhar sua função com uma resposta apropriada do tecido hospedeiro [6]. Portanto, o objetivo do trabalho foi a produção de *scaffolds* utilizando resíduos de vidrarias de laboratório como matéria-prima visando o desenvolvimento de um material com adequado grau de compatibilidade com o meio biológico.

Material e Métodos

O resíduo de vidro de borossilicato proveniente de vidrarias de laboratório quebradas foi higienizado e cominuído com um pulverizador manual. Posteriormente, o pó passou por um moinho de bolas por 2 horas, foi seco em temperatura ambiente e peneirado (Tamis, 200 mesh, abertura de 45µm). Em seguida, o pó foi caracterizado por fluorescência de raios X por dispersão em comprimento de onda (WDXRF - Rigaku ZSX Primus II).

O calcário dolomítico, utilizado como agente espumante, foi adquirido em um comércio da região de Ponta Grossa, Paraná. Para a remoção de alguns sedimentos utilizou-se uma peneira de aço inox (Tamis, 200 mesh, abertura de 45µm). A amostra foi caracterizada por difratometria de raios X (XRD – Rigaku Ultima IV) e WDXRF.

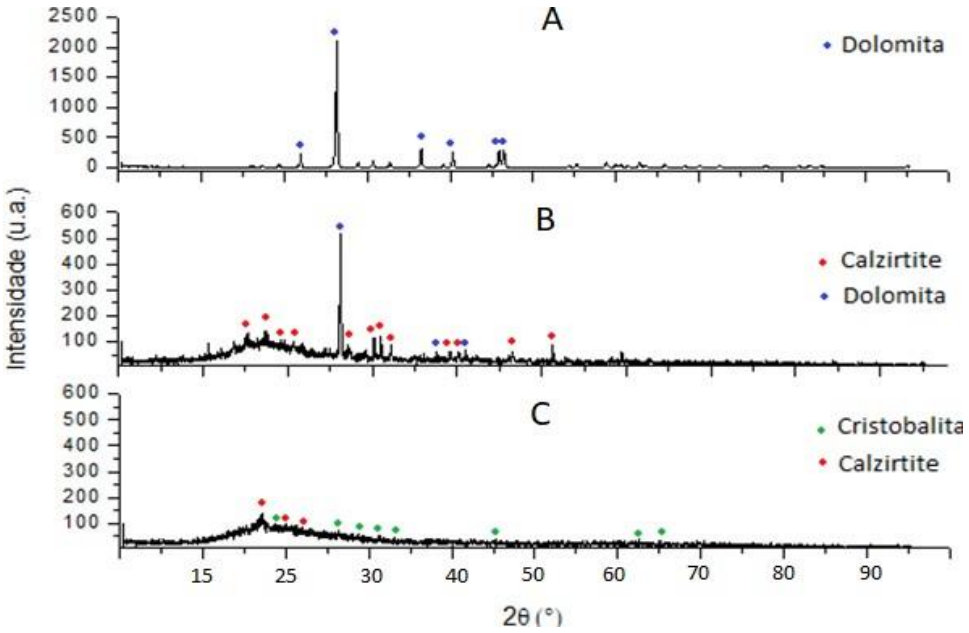
Foi ajustada a concentração de pó de vidro, calcário dolomítico e aditivos inorgânicos para a confecção dos blocos vítreos. Os pós foram homogeneizados sob agitação por uma hora. A massa cerâmica obtida foi moldada em forma de blocos retangulares, que foram prensados uniaxialmente. Os blocos foram calcinados a 760°C por 120 minutos. Após a queima os blocos (*scaffolds*) foram cortados e submetidos a análises físico-químicas, adaptando a ASTM C20-00 de 2015.

A avaliação da bioatividade dos *scaffolds* foi realizada em fluído corporal simulado, preparada de acordo com T. Kokubo (1990). Os blocos foram mergulhados na solução de SBF e levadas a um banho maria para simular a temperatura do corporal de 37°C. Os mesmos foram retirados após 10 e 30 dias e caracterizados por espectroscopia de energia dispersiva (EDS) acoplado a um microscópio eletrônico de varredura (SEM – Tescan Vega 3).

Resultados e Discussão

Pelos padrões de difração obtidos na Figura 1, que compara o agente espumante em A, e as massas preparadas para confecção dos blocos antes e após a queima, B e C, respectivamente, é possível observar os picos característicos da fase de dolomita, material usado como agente espumante nos blocos. O pico relacionado a esta fase não aparece no difratograma C, o que indica a completa transformação do material em CO_2, originando os poros na estrutura dos blocos, além de óxidos de cálcio e magnésio que acabam se incorporando a estrutura vítrea. No difratograma B nota-se a presença de uma segunda fase, calzirtite ($CaZr_3TiO_9$), em vermelho, possivelmente presente nas vidrarias inutilizadas. Já no difratograma C encontra-se também a fase de cristobalita, característica do vidro.

Figura 1: Difratogramas das amostras de (A) calcário dolomítico, (B) pó antes do tratamento térmico e (C) após tratamento térmico.



(Fonte: O autor)

A análise físico-química mostrou um material com característica de poros abertos interconectados, o que é fundamental para a utilização como *scaffolds*. Com o objetivo de avaliar o tipo de poros e a microestrutura dos materiais foi realizada análise de SEM após os blocos serem inseridos em solução de SBF por 10 dias e 20 dias, como ilustram as Figuras 2 e 3.

Figura 2: Microscopia dos blocos após 10 dias em SBF.

a. **b.**



(Fonte: O autor)

Figura 3: Microscopia dos blocos após 20 dias em SBF.

a. **b.**



(Fonte: O autor)

Depois de 10 dias em solução foi possível observar a formação de compostos com morfologia característica de fosfatos de cálcio. Nota-se que esses compostos se concentram nos poros dos blocos cerâmicos, aparecendo também, mais discretamente, na superfície do material. Após 20 dias, a morfologia do material depositado acabou se alterando para a forma de cristais alongados, também característico da hidroxiapatita.

Devido a formação de fases semelhantes a fosfatos de cálcio sobre o material, pode-se afirmar que os *scaffolds* confeccionados com espumas vítreas apresentam certa bioatividade, o que pode auxiliar e estimular a regeneração de tecidos ósseos naturais.

Conclusões

O vidro de borossilicato se mostrou adequado para a produção de espumas vítreas devido a formação de blocos com grande porosidade, característica essencial para a aplicação como *scaffolds*. O ensaio de bioatividade em SBF resultou na deposição de fases morfologicamente semelhantes aos fosfatos de cálcio. Também é evidente que o tempo de contato com o SBF influenciou na morfologia do material depositado.

Agradecimentos

CNPq, Fundação Araucária, CAPES e C-Labmu.

Referências

[1] OLIVEIRA, H. A. et al. Produção de agregado sintético de argila com reaproveitamento de resíduo de vidro. **Matéria**, v. 24, n. 1 2019.

[2] VELIS, C. A. et al. Up-cycling waste glass to minimal water adsorption/absorption lightweight aggregate by rapid low temperature sintering: Optimization by dual process-mixture response surface methodology. **Environmental Science and Technology**, v. 48, n. 13, 2014.

[3] POKORNY A.; VICENZI J.; BERGMANN C. P. Effects of the alumina addition in the microstructure of foam glass. In: 56º CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 2008, Curitiba. **Anais eletrônicos.** Curitiba: FIEP/CIETEP, v.54, n.329, 2251-2262.

[4] OLIVEIRA, S. M. et al. Engineering Endochondral Bone: In Vivo Studies. **Tissue Eng. Part A**., v.15, n.3, 2009.

[5] SANTOS, M. L. et al. Síntese de hidroxiapatita pelo método sol-gel utilizando Precursores alternativos: nitrato de cálcio e ácido fosfórico. **Ecl. Quím.**, v. 30, n. 3, 2005.

[6]- TURRER C. L.; FERREIRA F. P. M. Biomateriais em Cirurgia Craniomaxilofacial: princípios básicos e aplicações. **Rev. Bras. Cir. Plást.**, v. 23, n.5, 2008.

[7]- KOKUBO, T. et al. Solutions able to reproduce in vivo surface-structure changes in bioactive glass-ceramic. **J. Biomed. Mater. Res.**, v. 24, 1990.