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

SÍNTESE DE SCAFFOLDS HÍBRIDOS DE VIDRO BIOATIVO 58S/PVA POR IMPRESSÃO 3D PARA APLICAÇÕES OSTEOTERAPÊUTICAS

Diogo Maia M. dos Santos[1], Felipe G. Araújo[1] Eduardo Henrique M. Nunes[1], Manuel Noel Paul Georges Houmard[1]

1. Universidade federal de Minas Gerais

Introdução

No Brasil, a expectativa de vida poderá subir de 77,6 anos em 2024 para 80,6 em 2050 [1], ampliando os desafios associados à perda de qualidade óssea. Mais de 2 milhões de enxertos ósseos são realizados anualmente no mundo [2], e as limitações dos enxertos autólogos impulsionam a demanda por biomateriais, cujo mercado foi avaliado em US$ 152,58 bilhões em 2023[3]. O vidro bioativo 58S favorece a formação de hidroxiapatita e a ligação ao osso. O PVA mitiga a fragilidade da fase inorgânica e melhora a coesão e a processabilidade por impressão 3D.

Objetivos

O objetivo desse projeto é controlar a arquitetura dessas estruturas e conciliar bioatividade, integridade estrutural e processabilidade, com vistas a futuras aplicações na regeneração óssea.

Metodologia

A solução de PVA (pH 2) foi homogeneizada com TEOS e TEP, seguida da adição gota a gota de CME como precursor de cálcio. Após a transição sol–gel, as malhas foram impressas por extrusão (robocasting), envelhecidas a 40 °C por 48 h e secas a 60 °C por 24 h. As amostras foram caracterizadas por MEV, EDS, micro-CT, FTIR e DRX. A biomineralização foi avaliada por imersão em SBF a 37 °C, e a citocompatibilidade, por citometria de fluxo após exposição de fibroblastos MRC-5 aos extratos.

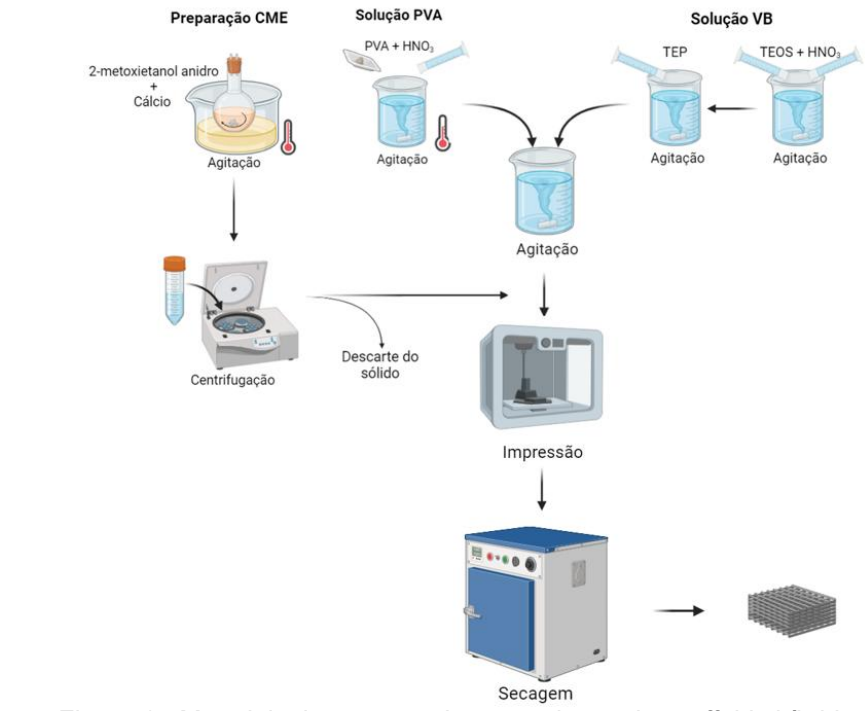


Figura 1 - Metodologia empregada na produção de scaffolds híbridos com CME por impressão 3D.

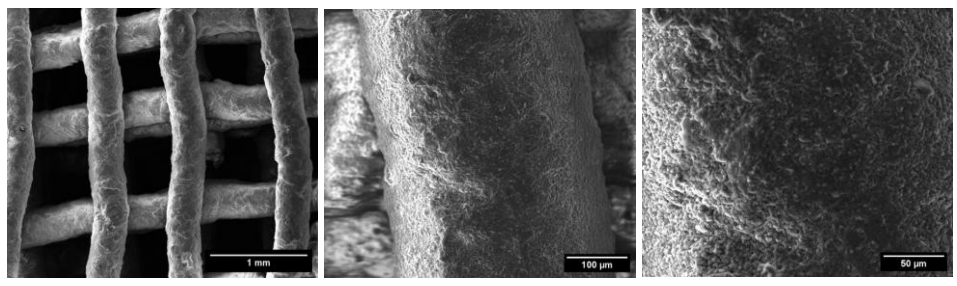


Figura 2 - Micrografias por MEV de scaffolds híbridos em diversos aumentos indicando a trama utilizada.

As bandas de FTIR atribuídas a ligações Si–O–C sugerem interações covalentes entre a fase inorgânica e o PVA, compatíveis com a hibridização do Tipo II. A análise elementar detectou Si, Ca e P após a síntese com CME.

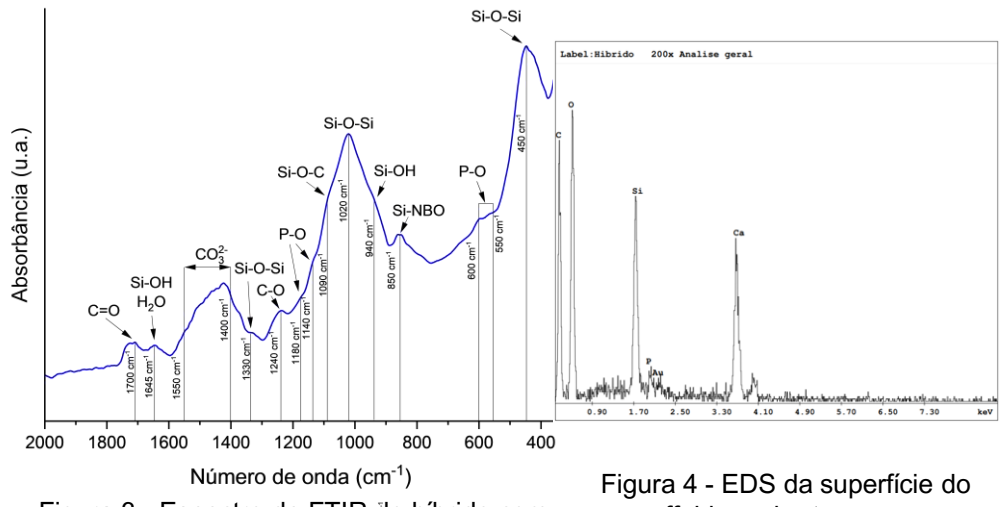


Figura 3 - Espectro de FTIR do híbrido com proporção 50/50 m/m % entre fases inorgânica de vidro 58S e orgânica de PVA

Figura 4 - EDS da superfície do scaffold recoberta por ouro, evidenciando a presença de cálcio e fósforo na composição.

DRX e FTIR indicaram a formação de hidroxiapatita carbonatada após 24 h em SBF, com intensificação das reflexões de DRX em tempos de imersão mais longos. Após exposição ao extrato, os fibroblastos MRC-5 mantiveram a morfologia fusiforme e a confluência, com viabilidade de 93,8 ± 0,3%, acima do limiar de 70%.

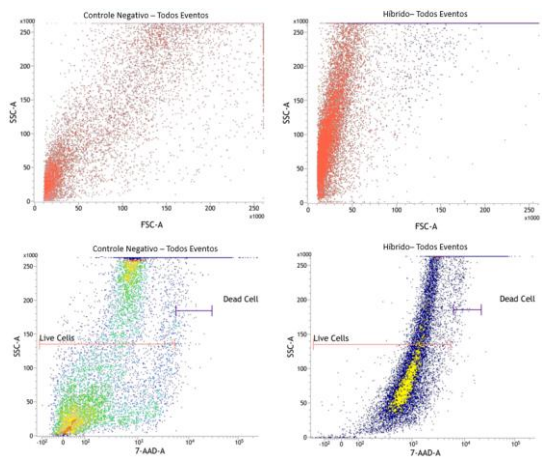


Figura 5- Painéis de citometria de fluxo do controle negativo e de scaffolds híbridos

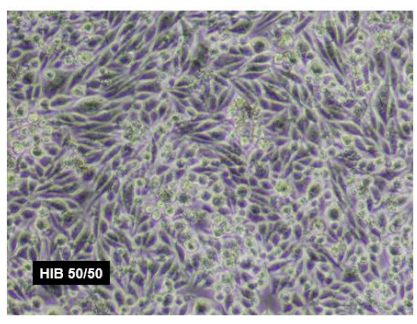


Figura 6 - Microscopia óptica de culturas em extratos do material híbrido apresentando alta confluência e morfologia característica da linhagem

Resultados e Discussão

O MEV revelou textura homogênea, sem segregação de fases detectável em escala micrométrica. A microtomografia mostrou canais abertos e contínuos, com espaçamento médio entre filamentos de 256,7 ± 96,2 µm e fração volumétrica de vazios de 64,7 ± 3,2%. Essa arquitetura pode favorecer o transporte de fluidos e a vascularização.

Conclusões

A rota proposta demonstrou a viabilidade de fabricar scaffolds híbridos de vidro bioativo 58S e PVA por manufatura aditiva em temperaturas brandas, sem etapa de sinterização. As estruturas apresentaram porosidade interconectada, formação de hidroxiapatita carbonatada após imersão em fluido corporal simulado e citocompatibilidade nas condições avaliadas. Esses resultados sustentam a investigação do material para futuras aplicações na regeneração de defeitos ósseos.

Referências e Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPEMIG, ao CNPq e à CAPES pelo auxílio financeiro e pela concessão de bolsas de estudo.

1- IBGE, Esperança de vida ao nascer, Https://Cidades.Ibge.Gov.Br/Brasil/Pesquisa/53/49645?Tipo=grafico&indicador=49649 (2024). https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/53/49645?tipo=grafico&indicador=49649 (acessado em 20 de Agosto de 2026).
2- Y.M. Dinçel, Bone graft types, in: R. Kummoona (Ed.), Bone Grafting, IntechOpen, Rijeka, 2018: pp. 27–39. https://doi.org/10.5772/intechopen.79449.
3- C.E. Gillman, A.C. Jayasuriya, FDA-approved bone grafts and bone graft substitute devices in bone regeneration, Materials Science and Engineering: C 130 (2021) 112466. https://doi.org/10.1016/j.msec.2021.112466.