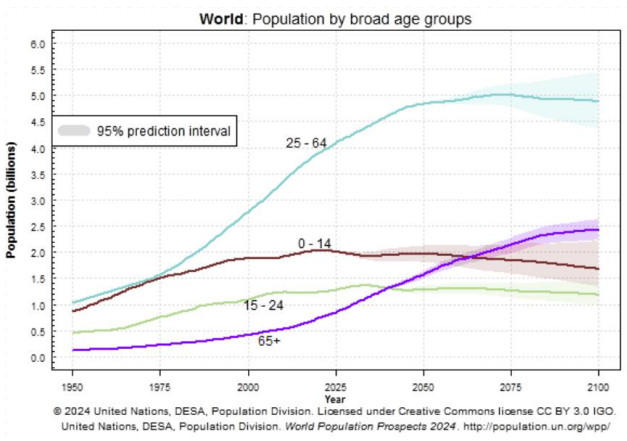
cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Desenvolvimento e otimização de biotintas à base de alginato e hidroxiapatita para bioimpressão 3D aplicada à engenharia de tecido ósseo

Alana da Cunha Goldstein[1,2]; Heshiley Cristhiane Correia[1,3]; Sara Gemini-Piperni[1,2]

1 Laboratório de Biotecnologia, Bioengenharia e Biomateriais Nanoestruturados (UFRJ) | **2** Programa de Pós-graduação em Ciências Morfológicas (PCM/ICB/UFRJ) | **3** Sicore Energy, Ltda.

Introdução



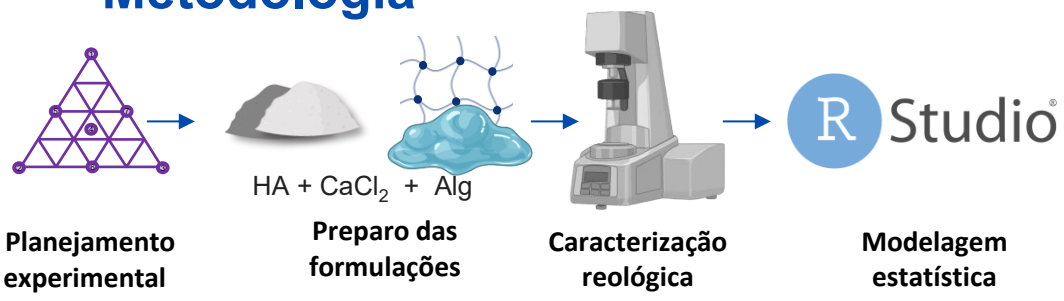


- Osteoporose
- Tumores ósseos
- Infecções ósseas
- Doenças metabólicas

Objetivo

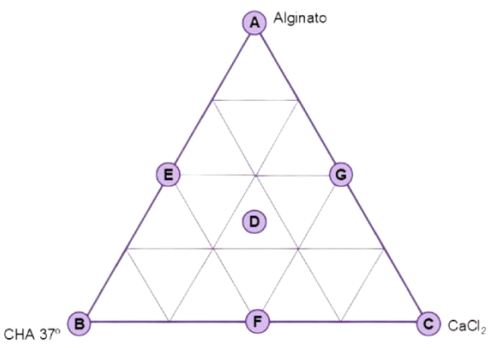
Desenvolver e caracterizar preliminarmente formulações de biotintas à base de alginato e hidroxiapatita, utilizando planejamento de misturas e modelagem reológica para orientar sua otimização.

Metodologia



Planejamento experimental | **Preparo das formulações** | **Caracterização reológica** | **Modelagem estatística**

Resultados e Discussão



Mix	Pseudocomponentes		
	Alginato	CHA37	$CaCl_2$
A	1	0	0
B	0	1	0
C	0	0	1
D	1/3	1/3	1/3
E	1/2	1/2	0
F	0	1/2	1/2
G	1/2	0	1/2

Figura 1: Diagrama triangular do planejamento de misturas da biotinta. Pseudocomponentes codificados.

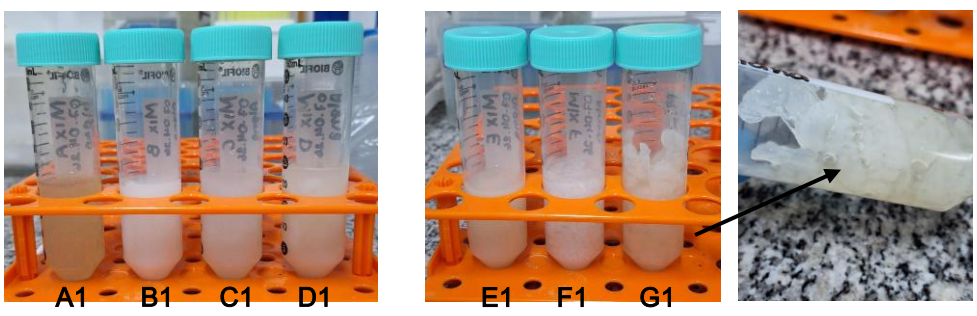


Figura 2. Avaliação preliminar das formulações iniciais (A1–G1). A1 e E1 apresentaram aspecto viscoso; B1, aspecto líquido; e C1, D1, F1 e G1 apresentaram grumos, mais intensos em G1. Esses resultados motivaram ajustes nas concentrações para melhorar a processabilidade das biotintas.

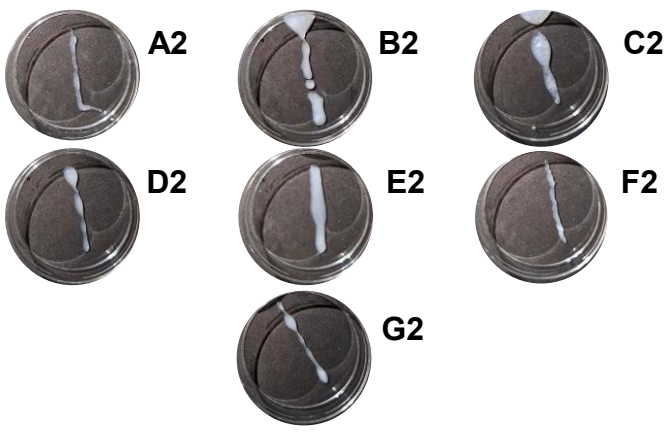


Figura 3. Avaliação preliminar da extrusão manual das formulações A2-G2 em placas de Petri.

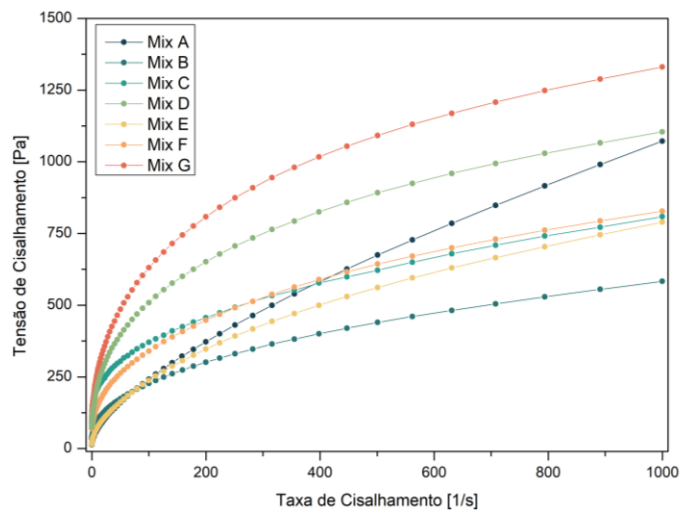
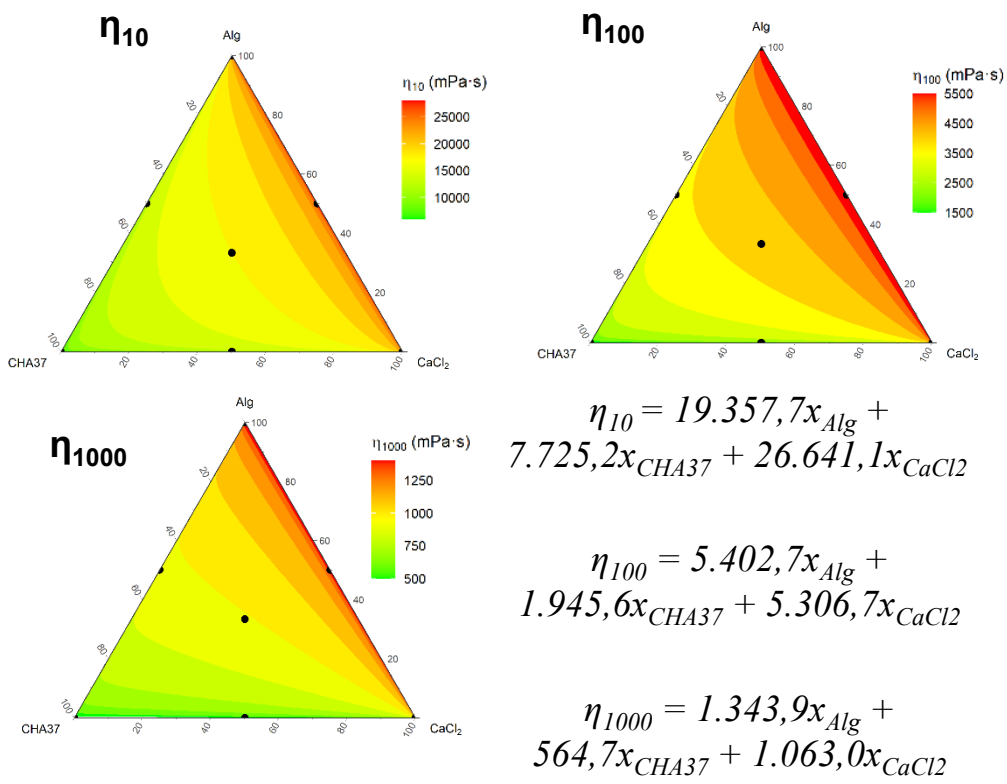


Figura 4. Tensão de cisalhamento em função da taxa de cisalhamento das sete formulações de biotinta (A3–G3) na faixa de 0 a 1000 s^{-1}.



$$\eta_{10} = 19.357{,}7x_{Alg} + 7.725{,}2x_{CHA37} + 26.641{,}1x_{CaCl2}$$

$$\eta_{100} = 5.402{,}7x_{Alg} + 1.945{,}6x_{CHA37} + 5.306{,}7x_{CaCl2}$$

$$\eta_{1000} = 1.343{,}9x_{Alg} + 564{,}7x_{CHA37} + 1.063{,}0x_{CaCl2}$$

Figura 5. Mapas ternários e equações da viscosidade predita (η) nas taxas de cisalhamento de 10 (η_{10}), 100 (η_{100}) e 1000 s^{-1} (η_{1000}), obtidos por modelos lineares em coordenadas codificadas. Os modelos lineares apresentaram R^2 ajustado de 0,848 (η_{10}), 0,878 (η_{100}) e 0,952 (η_{1000}).

Conclusões

O planejamento experimental, os ensaios reológicos e a modelagem permitiram investigar a influência das composições sobre a viscosidade das formulações. O comportamento pseudoplástico observado e os mapas ternários obtidos serão utilizados para a seleção de formulações candidatas, que serão posteriormente submetidas a ensaios padronizados de printabilidade.

Referências e Agradecimentos

HILÁRIO, F. F. et al. Planejamento de misturas e visualização da região ótima com planilhas no Excel: um tutorial. **Química Nova**, v. 44, n. 7, p. 874–881, 2021. DOI: https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170750. | KOONS, G. L.; DIBA, M.; MIKOS, A. G. Materials design for bone-tissue engineering. **Nature Reviews Materials**, v. 5, p. 584–603, 2020. DOI: https://doi.org/10.1038/s41578-020-0204-2. | SHAMS, E. et al. A review on alginate-based bioinks, combination with other natural biomaterials and characteristics. **Journal of Biomaterials Applications**, v. 37, n. 2, p. 355–372, 2022. DOI: https://doi.org/10.1177/08853282221085690.

UFRJ | PCM UFRJ | Labcn | Programa de Pesquisa em Bioengenharia e Terapias Celulares | CAPES | CNPq | FAPERJ