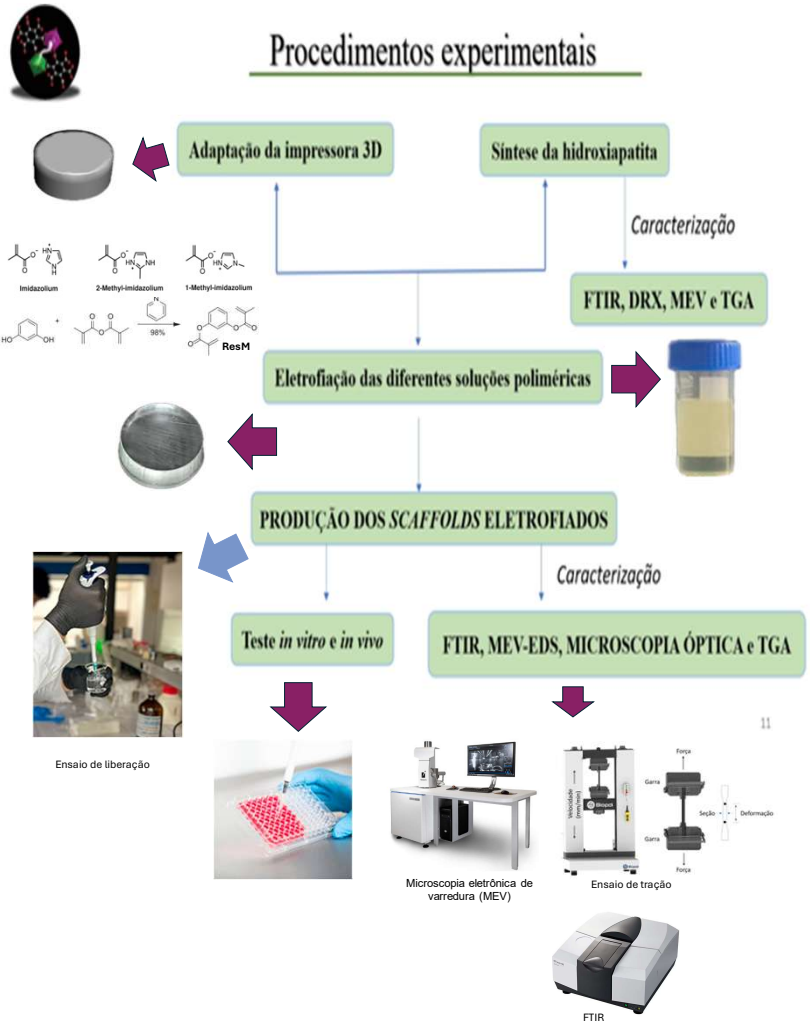
BIOSCAFFOLDS 3D:
do design de lentes oculares à avaliação do tratamento em ceratite ulcerativa e uveíte

Departamento de química fundamental da universidade federal de Pernambuco (UFPE)
Samuel Henrique da Silva Monteiro (escola de aplicação do Recife-UPE)
Prof. Dr. Severino Alves Junior (orientador), Profa. Dra. Iane B. Vasconcelos e Me. Maria Lima (coorientadoras)

• INTRODUÇÃO

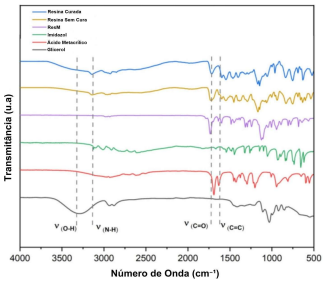
A ceratite e a uveíte são inflamações oculares que podem comprometer severamente a visão, sendo a primeira associada ao uso inadequado de lentes de contato e a segunda causada por infecções, doenças autoimunes ou traumas. O tratamento convencional com dexametasona é eficaz, mas apresenta alto custo e efeitos adversos, como a síndrome de Cushing em uso sistêmico, tornando necessária a busca por alternativas mais seguras e acessíveis. Bioscaffolds biodegradáveis emergem como solução promissora, mimetizando a matriz extracelular e permitindo a liberação controlada de fármacos. A impressão 3D por fotopolimerização viabiliza a produção personalizada desses dispositivos, reduzindo custos e otimizando propriedades estruturais. Neste estudo, utilizou-se resorcinol dimetacrilato (ResM), um monômero inovador com grupos hidroxila esterificados por metacrilato, para a fabricação de implantes oculares funcionais via impressão 3D, explorando seu potencial para terapias avançadas.

• METODOLOGIA



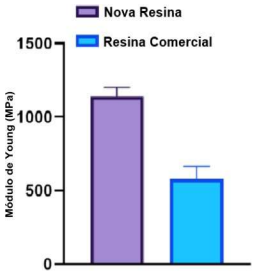
• Fontes das imagens:
Síntese de sais de imidazol e ResM: https://www.scielo.br/j/jbchs/a/CB85zvbThvVTzpjS5jddp5L/?lang=em
MEV: https://afinkopolimeros.com.br/o-que-e-microscopia-eletronica-mev/
Ensaio tração: https://biopdi.com.br/artigos/modulo-de-elasticidade-ou-modulo-de-young/
FTIR:https://www.shimadzu.com.br/analitica/produtos/espectroscopia-molecular/ftir/espectrofotometro-ftir/irtracer-100/index.html
In vitro https://bcrj.org.br/servicos/estudos-de-toxicidade-e-demais-estudos-in-vitro/citotoxicidade/citotoxicidade-biocompatibilidade-iso-10-993-5/
*TODAS as outras imagens não referenciadas são autorais.

• RESULTADOS



Os espectros de infravermelho da resina desenvolvida e fornece informações essenciais sobre suas estruturas e sobre o agente de reticulação ResM . A síntese de ResM por metacrilação do resorcinol é confirmada por uma banda em torno de 1720 cm^{-1}, característica do alongamento vibracional da carbonila (C=O) em ésteres α,β-insaturados, indicando a derivatização para um grupo metacrilato. No espectro FTIR do ResM, a ausência da banda larga correspondente aos grupos hidroxila (3300–3000 cm^{-1}) confirma que todas as hidroxilas foram modificadas, evidenciando que a funcionalização foi completamente realizada. As bandas de alceno, encontradas nos precursores ácido metacrílico e ResM, desaparecem na resina curada (1615 cm^{-1}), o que confirma o consumo das duplas ligações de alceno durante o processo de fotopolimerização. A banda relacionada ao alongamento vibracional N-H do imidazol (3115 cm^{-1}) permanece na resina impressa, conforme esperado.

Figura 1. Espectros de FTIR da resina curada (linha azul) comparados com seus precursores e com a resina não curada (linha amarela): Agente reticulador ResM (linha roxa); Imidazol (linha verde); Ácido metacrílico (linha vermelha); Glicerol (linha preta).



Esses valores medem a resistência à tração do material, ou seja, a força máxima que ele pode suportar antes de se romper (figura 2). Isso indica que a resina nova é mais rígida e menos propensa a deformações elásticas sob carga. Isso sugere que ela pode manter sua integridade estrutural quando submetida a forças mecânicas.

Figura 2. Módulo de Young para as amostras impressas.

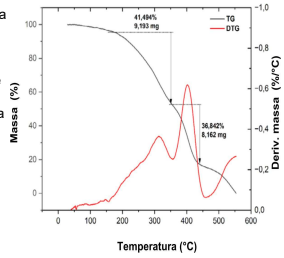


Figura 3. Curvas de TG e termogravimetria derivada (DTG) da resina impressa.

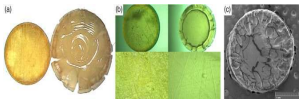
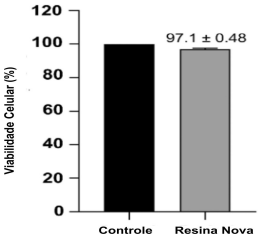


Figura 4. Especímenes cilíndricos de 7,5 × 2,5 mm antes e após os testes de inchaço.(a) Micrografia de microscópio USB universal antes e após o teste de inchaço de 48 horas; (b) Micrografias ópticas e ampliações da superfície antes e após o teste de inchaço de 48 horas; (c) Imagem de microscopia eletrônica de varredura após o teste de inchaço de 48 horas.



O resultado está apresentado na Figura 5, onde a viabilidade celular das células VERO após exposição à resina foi de 97,1%, em comparação com o controle (100% de viabilidade celular). Isso indica que a resina possui excelente biocompatibilidade com células normais, abrindo caminho para o desenvolvimento de dispositivos para liberação de fármacos

Figura 5. Viabilidade celular (%) das células VERO após 24 horas de exposição às amostras da resina (com significância estatística, $p < 0,0001$).

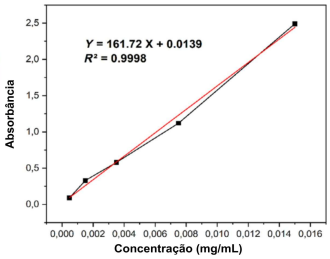


Figura 6. Curva de calibração para fosfato de dexametasona sódica em solução tampão salina fosfatada.

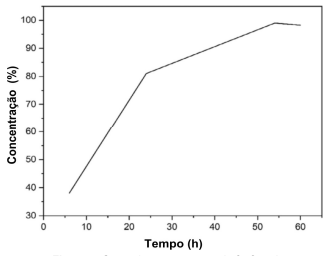


Figura 7. Curva de concentração de fosfato de dexametasona sódica liberada ao longo do tempo.

Para a realização dos testes de liberação de dexametasona, foi construída uma curva de calibração a partir de soluções-padrão (0,475–15,0 μg/mL) diluídas em PBS (figura 6). A equação linear obtida foi y=161,72x+0,0139y=161,72x+0,0139. A liberação do fármaco (figura 7) foi rápida nas primeiras 6 horas (38%) e atingiu 81% em 24 horas, sendo completa após 60 horas. A rápida dissolução do fosfato de dexametasona, altamente solúvel em água, foi influenciada pelo grau de hidratação da resina, indicando um mecanismo de liberação controlado pela intumescência do material.

• CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou o potencial da resina de metacrilato de imidazólio reticulada com ResM para sistemas de liberação de fármacos. As análises confirmaram sua polimerização, estabilidade térmica (até 170°C) e propriedades mecânicas superiores às da resina comercial. A liberação de dexametasona ocorreu em até 48 horas, influenciada pela hidratação do meio.A combinação de ResM e fotopolimerização viabiliza implantes personalizados, mitigando limitações dos tratamentos convencionais. Esses achados reforçam sua aplicabilidade biomédica e contribuem para o avanço de alternativas acessíveis na engenharia de liberação de fármacos.

UFPE
BSTR - Laboratório de Terras Raras
Secretaria de Educação
GOVERNO DE PERNAMBUCO ESTADO DE MUDANÇA
ESCOLA DE APLICAÇÃO DO RECIFE
UPE UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO

Bibliografia