



VIII Congresso Científico
Internacional IMEPAC

Inteligência Artificial:
Desafios e Oportunidades.

AVANÇOS E DESAFIOS DA BIOIMPRESSÃO 3D NA MEDICINA REGENERATIVA: PERSPECTIVAS CLÍNICAS E TECNOLÓGICAS

Área temática: Tecnologia e Saúde

Lucas Rodrigues Garcia¹

André Fernando Gil Alcon Cabral²

DOI: 10.47224/revistamaster.v10i20.788

Resumo

O objetivo desse resumo é revisar os avanços da bioimpressão 3D no contexto da medicina regenerativa, destacando suas aplicações clínicas e os desafios que ainda limitam sua ampla aplicabilidade. A medicina regenerativa, ao integrar biologia celular, engenharia de materiais e biotecnologia, visa restaurar tecidos e órgãos lesados, com a bioimpressão 3D se destacando como uma solução inovadora para a criação de tecidos complexos. Este estudo utilizou uma abordagem qualitativa, com revisão narrativa da literatura, analisando artigos das bases PubMed e SciELO, resultando na seleção de 6 estudos relevantes. Conclui-se que, embora haja avanços nas biotintas e técnicas de deposição, questões como a vascularização de tecidos espessos e a formulação ideal de biotintas ainda representam limitações significativas para a aplicação clínica da bioimpressão 3D. A bioimpressão 3D mostrou potencial em áreas como enxertos dérmicos e cartilagens, mas a replicação de órgãos complexos ainda apresenta desafios.

Palavras-chave: Medicina; Regenerativa; Bioimpressão.

Abstract:

The objective of this summary is to review the advances of 3D bioprinting in the context of regenerative medicine, highlighting its clinical applications and the challenges that still limit its broad applicability. Regenerative medicine, by integrating cellular biology, materials engineering, and biotechnology, aims to restore damaged tissues and organs, with 3D bioprinting standing out as an innovative solution for creating complex tissues. This study used a qualitative approach, conducting a narrative literature review by analyzing articles from the PubMed and SciELO databases, resulting in the selection of 6 relevant studies. It is concluded that, although there have been advances in biotinks and deposition techniques, issues such as vascularization of thick tissues and the ideal formulation of biotinks still present significant limitations for the clinical application of



VIII Congresso Científico Internacional IMEPAC

Inteligência Artificial:
Desafios e Oportunidades.

3D bioprinting. 3D bioprinting has shown potential in areas such as dermal grafts and cartilages, but the replication of complex organs still presents challenges.

Keywords: Medicine; Regenerative; Bioprinting.

Afiliações:

[1] Graduando em Medicina; Centro Universitário IMEPAC - Araguari,
lucas.rgarcia@aluno.imepac.edu.br

[1] Doutor em Psicologia; Universidade Federal de Minas Gerais – Belo Horizonte,
andre.cabral@imepac.edu.br

1 INTRODUÇÃO

A medicina regenerativa é um campo interdisciplinar que visa restaurar a estrutura e função de tecidos e órgãos lesados, integrando biologia celular, engenharia de materiais e biotecnologia (SAINI et al., 2021). A engenharia de tecidos, voltada para a criação de substitutos biológicos, culminou no desenvolvimento da bioimpressão 3D, que alia precisão estrutural e integração celular para construir arquiteturas biológicas complexas. A bioimpressão 3D utiliza biotintas para replicar a microarquitetura de tecidos nativos (KONSTANTINOS LOUKELIS et al., 2024). Ela permite a produção de modelos acelulares e construtos celulares vivos que promovem proliferação e integração com o hospedeiro. A aplicação clínica da bioimpressão amplia opções terapêuticas, como enxertos personalizados (Jovic et al., 2020). Apesar dos avanços, ainda existem desafios, como a reprodução de tecidos vascularizados e a limitação das biotintas em equilibrar viabilidade celular e propriedades mecânicas (JOVIC et al., 2020; FONSECA et al., 2025). Isso limita sua aplicação clínica em larga escala, demandando novos estudos para otimizar protocolos de biofabricação. Este trabalho analisa os principais avanços da bioimpressão 3D e discute suas aplicações emergentes e desafios, além de explorar como a medicina regenerativa tem impulsionado o desenvolvimento dessas tecnologias.



VIII Congresso Científico Internacional IMEPAC

Inteligência Artificial:
Desafios e Oportunidades.

2 METODOLOGIA

Este estudo de revisão narrativa tem como objetivo analisar a revolução da medicina regenerativa à luz dos avanços da bioimpressão 3D. A questão central foi: "Como a bioimpressão 3D tem avançado na conjuntura atual para a ampliação da medicina regenerativa?". O material foi composto por artigos publicados entre março e abril de 2025 em periódicos nacionais e internacionais, indexados nas bases PubMed e SciELO, com o uso do operador booleano AND. Os descritores, selecionados pelos DeCS, foram: Bioimpressão (Bioprinting), Órgãos (Organs), Medicina (Medicine), e Regenerativa (Regenerative). A busca resultou em 492 publicações. Os critérios de inclusão foram artigos publicados nos últimos 5 anos, com acesso gratuito ao texto completo, originais, de revisão ou revisões sistemáticas. Após a aplicação desses critérios, 352 artigos foram excluídos, restando 140. Após leitura de títulos e resumos, 134 artigos foram descartados por não abordarem diretamente o tema, resultando em uma amostra final de 6 artigos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A bioimpressão 3D, como extensão da medicina regenerativa, se destaca pela inovação, oferecendo soluções além das terapias convencionais. O avanço nas biotintas, deposição e estratégias de maturação tecidual (Jovic et al., 2020; Fonseca et al., 2025) evidencia o progresso da área, embora desafios como a vascularização de tecidos espessos e a replicação da microarquitetura funcional ainda limitem sua aplicação clínica. Um desafio principal é a engenharia de sistemas vasculares eficazes, essenciais para a sobrevivência dos tecidos, que dependem de um fornecimento adequado de nutrientes e oxigênio. Estratégias como impressão de canais vasculares e incorporação de fatores angiogênicos estão sendo exploradas, mas exigem mais avanços técnicos e biológicos (Fonseca et al., 2025). Outro ponto crítico é a formulação das biotintas, que deve



VIII Congresso Científico Internacional IMEPAC

Inteligência Artificial:
Desafios e Oportunidades.

equilibrar viabilidade celular, suporte mecânico e propriedades biológicas específicas. Além disso, Fonseca et al. (2025) ressaltam a necessidade de otimizar o comportamento celular pós-impressão, o que demanda uma abordagem multidisciplinar. Clinicamente, a bioimpressão 3D já apresenta resultados promissores, como enxertos dérmicos e modelos para testes farmacológicos (Jovic et al., 2020). Contudo, a replicação de órgãos inteiros enfrenta dificuldades como organização multicelular precisa e sinais bioquímicos dinâmicos, limitando sua aplicação a contextos experimentais ou casos personalizados. A medicina regenerativa, ao exigir soluções eficazes e personalizadas, impulsiona a bioimpressão 3D (Fonseca et al., 2025). A fabricação sob demanda de tecidos e órgãos redefine as terapias, mas também traz questões éticas, regulatórias e econômicas, promovendo a transição de abordagens paliativas para curativas. Para concretizar o potencial da bioimpressão 3D, será necessário adotar abordagens integrativas, como modelagem computacional, inteligência artificial para otimização de projetos biológicos e métodos avançados de cultivo (Jovic et al., 2020; Fonseca et al., 2025). A criação de plataformas normativas específicas para avaliar a segurança e eficácia será essencial para sua adoção clínica ampla. Diante desse cenário, a bioimpressão 3D configura-se como uma inovação tecnológica disruptiva, um agente transformador da medicina contemporânea, cujo sucesso futuro dependerá da superação de desafios científicos, tecnológicos e éticos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises confirmam que a bioimpressão 3D é um avanço importante na medicina regenerativa. O estudo destaca os principais avanços da bioimpressão, suas aplicações emergentes e os desafios que limitam sua translacionalidade, como vascularização e formulação de biotintas. A pesquisa contribui para o entendimento das potencialidades e limitações da tecnologia, destacando seu papel transformador na medicina. Como perspectiva futura, ressalta-se a necessidade de abordagens integrativas e de normativas específicas para consolidar a bioimpressão como prática clínica segura e eficaz.



**VIII Congresso Científico
Internacional IMEPAC**

Inteligência Artificial:
Desafios e Oportunidades.

5 REFERÊNCIAS

BERTASSONI, Luiz E. Bioprinting of Complex Multicellular Organs with Advanced Functionality—Recent Progress and Challenges Ahead. *Advanced Materials*, v. 34, n. 3, p. 2101321, 2021. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35060652/#full-view-affiliation-2> . Acesso em: 20 abr. 2025.

FONSECA, Ana Clotilde; MELCHELS, Ferry P. W.; FERREIRA, Miguel J. S.; *et al.* Emulating Human Tissues and Organs: A Bioprinting Perspective Toward Personalized Medicine. *Chemical Reviews*, v. 120, n. 19, p. 11093–11139, 2025. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32937071/> . Acesso em: 15 abr. 2025.

JOVIC, Thomas H.; COMBELLACK, Emman J.; JESSOP, Zita M.; *et al.* 3D Bioprinting and the Future of Surgery. *Frontiers in Surgery*, v. 7, n. 1, 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33330613/> . Acesso em: 15 abr. 2025.

KONSTANTINOS LOUKELIS; NIKOS KOUTSOMARKOS; MIKOS, Antonios G; *et al.* Advances in 3D bioprinting for regenerative medicine applications. *Regenerative Biomaterials*, 2024. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8584432/#jcm-10-04966-f001> . Acesso em: 17 abr. 2025.

MOTA, Carlos; CAMARERO-ESPINOSA, Sandra; BAKER, Matthew B.; *et al.* Bioprinting: From Tissue and Organ Development to in Vitro Models. *Chemical Reviews*, v. 120, n. 19, p. 10547–10607, 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32407108/> . Acesso em: 15 abr. 2025.

SAINI, Gia; SEGARAN, Nicole; MAYER, Joseph L.; *et al.* Applications of 3D Bioprinting in Tissue Engineering and Regenerative Medicine. *Journal of Clinical*



**VIII Congresso Científico
Internacional IMEPAC**

Inteligência Artificial:
Desafios e Oportunidades.

Medicine, v. 10, n. 21, p. 4966, 2021. Disponível em:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8584432/> . Acesso em: 18 abr. 2025.