

Bioimpressão 3D de órgãos humanos para transplantes em pacientes com câncer

Nívia Larice Rodrigues de Freitas; Universidade Nilton Lins; nivialaric@gmail.com;
Ana Rayssa Costa Gonçalves Moraes; Universidade Estadual do Rio Grande do Norte;
Emanuelle da Rocha Silva; Universidade Cruzeiro do Sul;
Fábia Gonçalves Ribeiro Alves; Universidade Federal de Alfenas;
Nataline Ferreira Crescencio; Faculdade de Ciências Médicas e da Saúde de Juiz de Fora;
Odailson Nogueira dos Santos; Centro Universitário Fametro;
Grasiele Mattei Ise dos Santos; Centro Universitário UNIFACIG;
Paulo Victor Chaves Nobre; Centro Universitário Maurício de Nassau;

1. Introdução

O câncer representa uma das doenças mais devastadoras e prevalentes no mundo, é caracterizada-se pelo crescimento descontrolado de células anormais que podem invadir tecidos saudáveis e afetar órgãos vitais¹. Os tratamentos tradicionais, como quimioterapia e radioterapia, embora eficazes no combate ao câncer, frequentemente resultam em danos irreversíveis aos órgãos, levando muitos pacientes a precisar de transplantes para restaurar a função desses órgãos danificados^{1,2}. A medicina moderna tem sido marcada por uma série de avanços, com o transplante de órgãos emergindo como uma das maiores conquistas da medicina contemporânea³. O transplante é um procedimento crucial para restaurar a função de órgãos vitais comprometidos, substituindo-os por órgãos saudáveis de doadores vivos ou falecidos, com o objetivo de melhorar a qualidade de vida do paciente^{1,3}. Este procedimento tem possibilitado uma nova oportunidade de vida para pacientes com doenças crônicas e degenerativas graves, incluindo os acometidos pelo câncer, ao substituir órgãos danificados e restaurar a funcionalidade vital do organismo^{2,3}. Contudo, apesar de sua eficácia e de salvar milhares de vidas, a escassez de órgãos ainda representa um grande desafio, com mais de 65 mil pessoas aguardando por um transplante no Brasil, sendo que a maior parte dessas pessoas necessita de rins, com cerca de 37 mil na fila de espera³. A situação se torna ainda mais crítica quando se considera que pacientes com câncer, frequentemente submetidos a tratamentos agressivos como a quimioterapia, podem desenvolver falhas nos órgãos vitais, o que torna a espera por um transplante ainda mais angustiante^{1,4}.

Embora os avanços nos transplantes de órgãos sejam inegáveis, a desigualdade no acesso a órgãos e as questões éticas envolvendo a alocação de doadores são problemáticas⁴. Essas desigualdades regionais e a limitação de doadores representam barreiras significativas no processo de transplante e demandam uma reflexão ética aprofundada sobre a distribuição justa dos recursos^{3,5}. Além disso, o tratamento de doenças complexas como o câncer, que pode afetar múltiplos órgãos, apresenta desafios adicionais, uma vez que o tratamento convencional pode prejudicar ainda mais a funcionalidade dos órgãos já comprometidos^{3,6}. No Brasil, o Sistema Único de Saúde (SUS) é responsável por mais de 90% dos transplantes realizados, destacando o país como um dos maiores transplantadores do mundo^{4,6}. Porém, a crescente demanda por órgãos e a escassez de doadores, agravada pela pandemia de COVID-19, geram uma pressão imensa sobre o sistema de saúde, tornando evidente a necessidade urgente de alternativas para suprir essa carência^{2,4}. Nesse contexto, surge a bioimpressão 3D, uma tecnologia promissora para a medicina regenerativa, oferecendo a possibilidade de criar órgãos personalizados a partir de células vivas, biomateriais e fatores de crescimento^{1,5,7}.

Essa técnica, ao permitir a impressão de tecidos tridimensionais, oferece uma solução inovadora para pacientes com câncer, que frequentemente necessitam de transplantes devido aos danos causados aos órgãos por tratamentos como quimioterapia e radioterapia^{8,9}. Ademais, a bioimpressão 3D possibilita a fabricação de tecidos que imitam a estrutura e função dos órgãos naturais, além de criar redes de vascularização essenciais para o funcionamento adequado do órgão^{1,3}. Isso pode aumentar a viabilidade dos transplantes, pois o órgão impresso seria mais compatível com o paciente, reduzindo o risco de rejeição imunológica e aumentando as chances de sucesso do procedimento^{1,10}. Diante do exposto, essa pesquisa tem como objetivo explorar a viabilidade da bioimpressão para o transplante de órgãos em pacientes com câncer, analisando as inovações tecnológicas que tornam essa possibilidade mais realista e os desafios que ainda precisam ser superados.

2. Material e Métodos

A presente pesquisa é uma revisão integrativa da bibliografia que visa analisar criticamente os estudos sobre a Impressão 3D de órgãos humanos para transplante em pacientes com câncer. O processo de seleção das publicações seguiu critérios rigorosos, incluindo somente aquelas publicadas nos últimos cinco anos (2021-2025) e em língua portuguesa, com o objetivo de garantir a atualidade e a relevância das informações. A pesquisa focou na análise detalhada das publicações, sem a utilização de tabelas, priorizando a identificação das informações mais pertinentes e confiáveis. As fontes foram obtidas de bases de dados renomadas, como PubMed, SciELO e Google Scholar, e utilizaram descritores relevantes em português, como “Bioimpressão”, “Câncer” e “Transplante de órgãos”, para garantir a qualidade e a relevância dos dados coletados.

Das 114 publicações inicialmente identificadas, uma seleção criteriosa levou à inclusão de 10 artigos após a exclusão daqueles que não atendiam aos critérios estabelecidos, como os anteriores a 2021, os tangenciais ao tema, os escritos em idiomas estrangeiros ou disponíveis apenas em formato incompleto. A coleta e interpretação dos dados seguiram os objetivos iniciais do estudo, com discussões periódicas que permitiram organizar as informações em documentos específicos, facilitando a consulta e análise detalhada durante a redação final. A coleta e interpretação dos dados seguiram os objetivos traçados no início do estudo por meio de discussões periódicas. Na fase subsequente, os dados foram organizados em documentos específicos, facilitando a consulta e a análise detalhada durante a redação do trabalho final. Este método de organização estruturada possibilitou uma visão clara das lacunas existentes e orientou a identificação de direcionamentos futuros para a pesquisa. As perguntas orientadoras utilizadas para a categorização dos dados estavam intrinsecamente ligadas ao cerne do estudo, abordando questões como “Quais os desafios enfrentados na utilização da bioimpressão para o desenvolvimento de órgãos para transplante em pacientes com câncer?” e “Quais os principais obstáculos tecnológicos e éticos relacionados ao transplante de órgãos impressos em 3D para pacientes com câncer?”, de forma aprofundada. Além disso, a pesquisa explorou as questões éticas envolvidas na impressão 3D de órgãos humanos, discutindo as implicações morais e sociais dessa tecnologia no contexto médico e científico.

3. Resultados e Discussão

A engenharia de tecidos, área fundamental para o avanço da bioimpressão 3D, é responsável por criar substitutos biológicos que restauram a função de órgãos danificados².

No caso de pacientes com câncer, que muitas vezes enfrentam falhas nos órgãos vitais devido aos tratamentos, essa tecnologia pode representar uma solução eficaz, permitindo a regeneração de órgãos como fígado, rins e coração^{1,2,8}. A bioimpressão 3D, envolve três etapas fundamentais, o pré-processamento, processamento e pós-processamento. Ademais, permite a criação de modelos tridimensionais com alta precisão, utilizando imagens de tomografias ou ressonâncias magnéticas^{1,2}. As biotintas utilizadas no processo são compostas por células vivas e biomateriais que devem ser altamente biocompatíveis e biodegradáveis, garantindo a sobrevivência celular e a regeneração dos tecidos^{1,3,9}. Somado a isso, a bioimpressão 3D pode ser uma ferramenta crucial no desenvolvimento de novos tratamentos para câncer, ao criar modelos personalizados de tumores que ajudam os pesquisadores a testar terapias mais eficazes e adaptadas às condições clínicas dos paciente^{4,6}. A criação de tecidos específicos, como pele ou cartilagem, também pode ser útil em tratamentos complementares para pacientes com câncer, acelerando a recuperação de áreas danificadas por cirurgias ou radioterapia⁶.

Com a contínua evolução da bioimpressão 3D e suas aplicações na medicina regenerativa, essa tecnologia tem o potencial de transformar a forma como os transplantes de órgãos são realizados, especialmente para pacientes com câncer^{1,5,6}. A possibilidade de criar órgãos personalizados e regenerar tecidos danificados oferece novas perspectivas para a medicina, abrindo caminho para tratamentos mais eficazes, seguros e personalizados⁶. Esse avanço representa uma verdadeira revolução no tratamento do câncer, permitindo não apenas salvar vidas, mas também melhorar a qualidade de vida dos pacientes que enfrentam doenças graves e complicações decorrentes de tratamentos oncológicos^{7,9,10}.

No entanto, a construção de órgãos completos, como fígado ou pulmões, ainda apresenta desafios consideráveis, principalmente na criação de redes vasculares funcionais e na integração de diferentes tipos de células para formar um órgão funcional^{1,2,3,5}. Mesmo assim, a pesquisa na área continua a avançar rapidamente, e em um futuro próximo, a bioimpressão 3D pode ser capaz de produzir órgãos inteiros que possam ser utilizados em transplantes para pacientes com câncer^{1,2}. Uma vez que, a escassez de órgãos e a rejeição imunológica são dois dos maiores obstáculos enfrentados pelos pacientes na fila de transplante^{1,3,5}. Além disso, a bioimpressão 3D pode ser utilizada não apenas para transplantes, mas também para o desenvolvimento de novos medicamentos, criando modelos de tecidos que simulam com maior precisão o comportamento dos tumores³. Esses modelos oferecem uma plataforma mais eficaz para testes clínicos, permitindo o desenvolvimento de tratamentos mais personalizados e eficazes para pacientes oncológicos^{1,3,10}.

Outrossim, com a bioimpressão 3D, a personalização dos órgãos de acordo com as necessidades específicas de cada paciente, pode reduzir a dependência de doadores e melhorar as chances de sucesso dos transplantes^{1,2}. Isso representa uma grande revolução, especialmente para pacientes com câncer, cujos órgãos vitais podem ser danificados pelos tratamentos agressivos, como a quimioterapia^{1,2,3}. No entanto, a bioimpressão 3D ainda enfrenta desafios técnicos significativos, como a criação de redes vasculares eficientes, fundamentais para a sobrevivência dos órgãos bioimpressos^{4,9}. A vascularização é um aspecto crucial, pois sem ela, os órgãos não conseguem receber oxigênio e nutrientes necessários para seu funcionamento⁴. Embora alguns progressos tenham sido feitos na criação de redes vasculares integradas, ainda é necessário desenvolver técnicas mais sofisticadas para a criação de órgãos totalmente funcionais^{4,5}.

No campo ético, a bioimpressão de órgãos humanos levanta questões significativas. A criação de órgãos personalizados para transplantes oferece enormes benefícios, mas também exige uma reflexão sobre as implicações sociais e morais dessa tecnologia¹⁰. A possibilidade de criar órgãos humanos por meio da impressão 3D pode gerar preocupações sobre o acesso a

essas tecnologias, especialmente em países ou regiões com recursos limitados. Além disso, surge a questão sobre o consentimento e a regulamentação em torno da manipulação de células humanas para a criação de órgãos. A tecnologia poderia ser usada para fins não médicos, como a clonagem de órgãos ou tecidos com fins de pesquisa ou experimentação, gerando dilemas éticos sobre os limites da ciência e o respeito pela dignidade humana^{7,10}. Por fim, a biopressão 3D de órgãos para transplante oferece um futuro promissor para a medicina, particularmente no tratamento de câncer, onde a personalização e a precisão podem fazer toda a diferença no sucesso dos tratamentos e na qualidade de vida dos pacientes. No entanto, a tecnologia ainda enfrenta desafios técnicos e éticos que precisam ser abordados de forma responsável e cuidadosa. O futuro da bioimpressão será, sem dúvida, uma combinação de inovação tecnológica e reflexão ética profunda, a fim de garantir que seus benefícios sejam acessíveis, seguros e equitativos para todos.

4. Conclusões

Em suma, a bioimpressão 3D emerge como uma fronteira inovadora na medicina, oferecendo soluções revolucionárias para a regeneração de órgãos danificados, especialmente em pacientes oncológicos. Com seu imenso potencial para transformar os paradigmas atuais de tratamento, essa tecnologia abre portas para a criação de órgãos personalizados, desenvolvidos a partir das próprias células dos pacientes, minimizando o risco de rejeição e superando a escassez de doadores. Contudo, os benefícios dessa tecnologia vêm acompanhados de questões éticas profundas que merecem atenção cuidadosa. A criação de órgãos humanos por meio da impressão 3D levanta debates sobre a acessibilidade dessas inovações, especialmente em contextos socioeconômicos desiguais, e sobre os limites morais da manipulação celular. O uso dessas técnicas para fins além da medicina, como a clonagem de órgãos ou a experimentação, impõe uma reflexão sobre os dilemas éticos que surgem à medida que a ciência avança em um ritmo acelerado.

Portanto, enquanto a bioimpressão 3D promete redefinir o tratamento do câncer e a medicina regenerativa, seu pleno potencial só poderá ser realizado se acompanhada por uma regulamentação ética rigorosa e uma análise crítica das suas implicações sociais. O futuro dessa tecnologia dependerá de um equilíbrio delicado entre inovação científica e responsabilidade ética, assegurando que seus benefícios sejam disseminados de forma equitativa e segura, garantindo um avanço significativo na qualidade de vida dos pacientes, sem comprometer os princípios fundamentais que regem a dignidade humana.

Palavras-Chave: Bioimpressão; Câncer; Transplante de órgãos.

Divulgação

Os autores e revisores não relataram qualquer conflito de interesse durante a sua avaliação. Logo, o Congresso Pan-Amazônico de Oncologia detém os direitos autorais, tem a aprovação e a permissão dos autores para divulgação deste resumo, por meio eletrônico.

5. Referências

CARDOSO VENTURA F, et al. Aplicação da impressão 3D em projeto de extensão no ensino superior em hospital de tratamento de câncer. Ver Foco (Interdisciplinary Studies Journal). 2024;17(5). Disponível em: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=cr>

awler&jrnl=1981223X&AN=177734635&h=QNqyZ1GIX2aMVh9paOk8aLecmCzZrkvl3Qh
jQUec4P2f0n5vMuJUinrbZIJ7LjGnadHgA7vde0tRa8jB5M3voQ%3D%3D&crl=c. Acesso
em: 20 ago 2025.

GOBBI L, FERREIRA IZ, MAISONNETTE LH. Bioimpressão 3D como solução para a
redução das filas de espera de transplante de órgãos. In: Ciência, Cuidado e Saúde:
Contextualizando Saberes-Volume 2. Editora Científica Digital; 2024. P. 185-204. Disponível
em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/240416332.pdf>. Acesso em: 20 ago
2025.

RIBEIRO IL, et al. Aplicação de tecnologias 3D em saúde. Integra UERJ. 2024; p. 30.
Disponível em:
[http://www.telessaude.uerj.br/saude3d/wpcontent/uploads/sites/7/2025/02/ebook_saude_.pdf#](http://www.telessaude.uerj.br/saude3d/wpcontent/uploads/sites/7/2025/02/ebook_saude_.pdf#page=34)
page=34. Acesso em: 20 ago 2025.

DA SILVA PEREIRA KR, et al. Bioimpressão 3D na engenharia de tecidos e órgãos para
medicina regenerativa. Integra UERJ. 2024; p. 99. Disponível em:
[https://www.telessaude.uerj.br/saude3d/wpcontent/uploads/sites/7/2025/02/ebook_saude_.pdf](https://www.telessaude.uerj.br/saude3d/wpcontent/uploads/sites/7/2025/02/ebook_saude_.pdf#page=103)
#page=103. Acesso em: 20 ago 2025.

CAVALCANTE TSF, et al. Biotecnologia: avanços na engenharia de tecidos para regeneração
de órgãos e tecidos. Ver Contemporânea. 2024;4(10):e5963. Disponível em:
<https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/view/5963>. Acesso em: 20
ago 2025.

ESKANDAR K. Bioimpressão no transplante de órgãos: dos modelos experimentais às
perspectivas clínicas. Braz J Transplantation. 2025;28:e1825. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/bjt/a/7Fp8tV9zsSCpZtdD5cjdXsK/>. Acesso em: 20 ago 2025.

MALACRIDA AM, ZANARDO RT. Bioprinting e engenharia de tecidos: avanços, desafios e
futuro da medicina regenerativa. Nativa–Revista de Ciências Sociais do Norte de Mato Grosso.
2025;3(1). Disponível em:
<https://www.revistanativa.com.br/index.php/nativa/article/view/588>. Acesso em: 20 ago 2025.

FERREIRA FN, et al. Bioimpressão 3D de materiais biológicos para tratamento de lesões de
pele. Disponível em:
<https://pergamum.ucdb.br/pergamumweb/vinculos/00000d/00000d3c.pdf>. Acesso em: 20 ago
2025.

FURLAN NKC, BARBOSA MCC, JUNIOR MG. Avaliação de tecnologias e dispositivos para
a bioimpressão 3D de tecidos aplicados à área médica. Braz J Health Ver. 2024;7(2):e69310.
Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/69310>.
Acesso em: 20 ago 2025.

LARANJEIRA CS, ALLARCON E, MONTEIRO A. Questões ético-legais envolvidas na
tecnologia 3D na medicina. Integra UERJ. 2024; p. 396. Disponível em:
[https://www.telessaude.uerj.br/saude3d/wpcontent/uploads/sites/7/2025/02/ebook_saude_.pdf](https://www.telessaude.uerj.br/saude3d/wpcontent/uploads/sites/7/2025/02/ebook_saude_.pdf#page=400)
#page=400. Acesso em: 20 ago 2025.