

# Análise Exploratória de Domínios Tecnológicos em Patentes de Bioimpressão

## *Exploratory Analysis of Technological Domains in Bioprinting Patents*

Andréia Cristina Galina<sup>1</sup>, Rita Pinheiro-Machado<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Tecnologia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

<sup>2</sup>Instituto Nacional da Propriedade Industrial, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

### Resumo

A bioimpressão utiliza técnicas de manufatura aditiva com *bioinks* para construir estruturas biológicas tridimensionais, sendo promissora em áreas como medicina regenerativa, engenharia de tecidos e farmacologia. Com o crescente impacto dessa tecnologia na saúde, este estudo teve como objetivo analisar tendências e domínios tecnológicos em patentes relacionadas à bioimpressão. A metodologia adotou abordagem exploratória e quantitativa, com coleta de dados realizada na plataforma Orbit Intelligence, para os últimos 20 anos, e utiliza filtros de relevância e agrupamentos semânticos com base no descritor Medical Subject Headings (MESH). Os resultados indicam aumento contínuo no número de depósitos, com destaque para Estados Unidos, China, Japão e Europa. A classificação tecnológica predominante foi a B33Y (manufatura aditiva), sendo os principais depositantes instituições de pesquisa e desenvolvimento. Os domínios mais relevantes envolvem estruturas implantáveis, processos de fabricação e materiais inovadores, demonstrando o potencial estratégico da bioimpressão no cenário tecnológico global.

Palavras-chave: Bioimpressão; Domínio Tecnológico; Análise de Patentes.

Áreas Tecnológicas: Engenharia Biomédica. Impressão 3D na Saúde. Propriedade Intelectual.

### Abstract

Bioprinting uses additive manufacturing techniques with *bioinks* to construct three-dimensional biological structures, showing great promise in fields such as regenerative medicine, tissue engineering, and pharmacology. Given the growing impact of this technology in the health sector, this study aimed to analyze trends and technological domains in patents related to bioprinting. The methodology adopted an exploratory and quantitative approach, with data collected from the Orbit Intelligence platform over the past 20 years. Relevance filters and semantic groupings were applied based on the Medical Subject Headings (MeSH) descriptor. The results indicate a continuous increase in patent filings, with notable contributions from the United States, China, Japan, and Europe. The predominant technological classification was B33Y (additive manufacturing), with the main assignees being research and development institutions. The most relevant domains involve implantable structures, manufacturing processes, and innovative materials, highlighting the strategic potential of bioprinting in the global technological landscape.

Keywords: Bioprinting; Technological Domains; Patent Analysis.

## 1 Introdução

A impressão 3D ou manufatura aditiva, é definida como “[...] o conjunto das mais variadas técnicas de transformação da matéria prima em um objeto com três dimensões materializado, camada por camada, a partir de um desenho digital auxiliado por computador [...]” (Sampaio *et al.*, 2022, p. 752), trata-se de uma tecnologia revolucionária, inventada em 1984 por Charles W. Hull, cofundador da 3-D Systems Corp. (Califórnia), com patente concedida em 1986 (US4575330A) pelo escritório americano de patentes (Hull, 2015), sendo uma das tecnologias emergentes da chamada indústria 4.0 (Khorasani *et al.*, 2022). Essa impressora se baseava em estereolitografia, uma tecnologia que solidifica resinas por luz ultravioleta permitindo imprimir objetos via dados digitais, marcando o início da revolução das impressoras 3D.

A patente de Hull foi apontada por Sampaio *et al.* (2023) como um dos marcos fundamentais para o desenvolvimento científico e tecnológico dessa tecnologia. Elencada em diversos estudos e por diferentes agências como tecnologia inovadora, emergente, de propósito geral e com alto potencial econômico (Berman, 2012; Rifkin, 2012; Mehrpouya *et al.*, 2019; Andrade, 2023).

O processo histórico de evolução científica e tecnológica da impressão 3D é apresentado por Sampaio *et al.* (2023), os quais indicam que, a partir da década de 1990, observa-se um aumento no número de publicações científicas e de depósitos de patentes relacionados ao tema. Ademais, a partir dos anos 2000, verifica-se um crescimento expressivo em relação a todo o período analisado (1950-2018), uma vez que os documentos identificados desde então correspondem a 97,24% dos artigos científicos e a 89,46% dos depósitos de patentes considerados no estudo.

Um relatório do Escritório Europeu de Patentes (EPO, 2023) indicou que o crescimento de depósitos de patentes de impressão 3D tem sido notável nas últimas décadas, apresentando entre 2013 e 2020 um crescimento das famílias de patentes relacionadas à tecnologia com taxa média anual de 26,3%. Isso é quase oito vezes mais rápido do que todos os campos de tecnologia combinados no mesmo período, que foi de apenas 3,3%. Por sua vez, Galina e Leta (2019) mostraram que a produção científica em impressão 3D tem crescido significativamente ao longo dos anos, com uma média anual de crescimento de 10,18%.

Importante destacar que o primeiro artigo científico sobre impressão 3D foi publicado por Kodama, em 1981. Nesse trabalho pioneiro, Kodama descreveu uma maneira de criar modelos plásticos pela solidificação de um fotopolímero usando raios ultravioleta, destacando que a técnica permitia a obtenção de formas com toda sua complexidade estrutural (Queiroz; Reis; De Oliveira,

2023). Esse estudo marcou o início da revolução da impressão 3D, que, desde então, evoluiu significativamente, tornando-se mais acessível e versátil, abrangendo diversas tecnologias e aplicações em diferentes áreas. Ressalta-se que hoje é impossível imaginar um setor da economia no qual não se encontre soluções da impressão 3D, desde o agrícola, passando pelos setores automotivo, aeroespacial, farmacêutico, construção civil, *design*, alimentos, educacional, chegando até a saúde.

Galina e Leta (2020) afirmam que o campo de pesquisa em impressão 3D apresenta caráter multifacetado, extrapolando as áreas de engenharia, ciência da computação e ciência dos materiais, nas quais a tecnologia teve sua origem. O estudo evidencia que a área das ciências da saúde, especialmente a medicina, apresenta crescente articulação com a impressão 3D em publicações científicas e anais de conferências. Observa-se, ainda, a expansão do tema, sobretudo em artigos vinculados às áreas de Bioquímica, Genética e Biologia Molecular, o que sugere uma mudança recente na tendência das pesquisas em impressão 3D em direção ao campo das ciências da saúde.

A utilização da impressão 3D na área de saúde é extremamente promissora e disruptiva, e os maiores benefícios do uso dessas tecnologias de impressão se dão pela customização e personalização de produtos (Alzoubi; Aljabali; Tambuwala, 2023), como próteses; pela grande redução de custos de fabricação (Koprnický; Šafka; Ackermann, 2018); pela ausência de rejeição em transplantes (Agarwal *et al.*, 2020); e, devido à flexibilidade ilimitada e prototipagem rápida para aplicações na saúde (Javaid *et al.*, 2022).

Essa especialização da impressão 3D em tecidos e órgãos passou a ser denominada bioimpressão, com a utilização de biomateriais, também chamados “biotintas”, como materiais celulares, proteínas, polissacarídeos, entre outros (Oficina Española de Patentes y Marcas, 2021). Galina e Leta (2020) identificaram em um grafo de coocorrência de palavras-chave de artigos científicos sobre impressão 3D que os termos *bioprint* e *bioplotter* começaram a se destacar no período de 2013 a 2017. Já as revistas científicas especializadas sobre o assunto, que são a *International Journal of Bioprinting* e a *Bioprinting*, tiveram início nos anos de 2015 e 2016, respectivamente; indicando o quão recente é esse fenômeno.

Exemplos de aplicações e desenvolvimentos na área de saúde são: impressão de células e tumores para estudos de doenças (Zhao *et al.*, 2014); fabricação de cartilagem, ossos, dentes, vasos sanguíneos e pele celularizada (Michael *et al.*, 2013); produção de tecidos, órgãos, moléculas orgânicas e organismos (Mironov, 2003; Boland *et al.*, 2003); desenvolvimento de enxertos vasculares, talas traqueais, tecido cardíaco, estruturas cartilaginosas e de modelos de moléculas para investigação (Murphy; Atala, 2014); coroas

dentárias, implantes personalizados e modelos anatômicos (Ventola, 2014); e de sistemas biológicos para substituição de animais em testes de drogas.

É importante ressaltar que a evolução no campo da bioimpressão tem sido célere. A impressão do primeiro órgão a partir de células (uma bexiga) ocorreu em 1999; em 2002, um rim não funcional em miniatura foi produzido com riqueza de detalhes; em 2010, os primeiros vasos sanguíneos; em 2012, o primeiro fígado; em 2018, tecido pancreático; em 2019, válvula cardíaca; e, em 2020, uma língua com nanossensores (Rezvani Ghomi *et al.*, 2021).

Como um dos avanços mais recentes, destaca-se o teste de bioimpressão em microgravidade conduzido na Estação Espacial Internacional, com o objetivo de explorar a viabilidade da impressão de órgãos completos nessas condições, consideradas propícias para tal finalidade. Essa iniciativa aponta, ainda, para a possibilidade de implantação de unidades de biofabricação fora da atmosfera terrestre (Sims, 2021).

Ressalta-se a bioimpressão como uma área de desenvolvimento tecnológico emergente, com elevado potencial de aplicação direta, cuja evolução torna-se relevante de ser acompanhada tanto no âmbito científico quanto no tecnológico.

A evolução de qualquer tecnologia pode ser monitorada levando-se em consideração os domínios tecnológicos dos depósitos de patentes que vêm sendo realizados ao longo do tempo. Para tanto, é utilizado o sistema de Classificação Internacional de Patentes (CIP) (do inglês IPC, *International Patent Classification*), existente e aperfeiçoado desde 1971, com a coordenação da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI), adotada atualmente, por mais de 100 países.

A CIP estabeleceu um sistema de classificação por ramo ou natureza da técnica, ou seja, a área do conhecimento de campo técnico que permitiu a concepção da invenção. O sistema contém oito seções, sendo elas: A – Necessidades humanas; B – Operações de processamento e transporte; C – Química e metalurgia; D – Têxteis e papel; E – Construções fixas; F – Engenharia mecânica, iluminação, aquecimento, refrigeração, armas, explosão; G – Física; e H – Eletricidade. As seções são divididas em classes e subclasses; e as subclasses se dividem em grupos e subgrupos. Cabe ressaltar que revisões periódicas são realizadas para atualizar a classificação com novas tecnologias que vão surgindo, como aspectos ligados à bioimpressão, por exemplo.

Tal abordagem conduz à constituição de um sistema objetivo de acesso a documentos de patentes, superando barreiras como o idioma na formulação de palavras-chave para a recuperação da informação. Nesse sentido, deve

ser compreendida como uma ferramenta relevante para o acesso ao conteúdo tecnológico presente em documentos patentários, abrangendo mais de 70 mil subdivisões de classificações tecnológicas, o que possibilita elevada precisão na recuperação de produtos e processos protegidos em aspectos específicos de determinada tecnologia.

Nesse contexto, o presente estudo tem por objetivo analisar a evolução dos depósitos de famílias de patentes relacionadas à bioimpressão, com foco nos domínios tecnológicos.

## 2 Metodologia

A etapa inicial da recuperação de dados consistiu na definição dos descritores técnicos relacionados à bioimpressão, com base no vocabulário controlado Medical Subject Headings (MESH). A plataforma utilizada para a recuperação das famílias de patentes foi a Orbit Intelligence, da Questel, reconhecida pela OMPI por sua qualidade de dados. Essa credibilidade é evidenciada pelo uso da plataforma no estudo “WIPO Technology Trends 2019 – Artificial Intelligence” (WIPO, 2019).

Os dados desta pesquisa foram recuperados dia 21 de junho de 2024, abrangendo os últimos 20 anos e tendo como base as famílias de patentes. A estratégia de busca foi estruturada em três passos: no primeiro passo, foram definidos três grupos de termos – o primeiro grupo abrange palavras relacionadas à impressão 3D e suas variações; o segundo inclui termos que se referem à aplicação da impressão 3D na área de saúde, como biofabricação; e o terceiro passo possui sinônimos de bioimpressão.

Foram realizadas quatro análises: evolução da quantidade de famílias de patentes no tempo; Classificação Internacional de Patentes (IPC, do inglês); países; e cessionários com maior número de pedidos de proteção por família de patentes. Todas essas informações estão relacionadas ao domínio tecnológico, permitindo mapear a evolução da bioimpressão e as aplicações com interesse de proteção industrial para exploração comercial.

Nas análises que utilizam *rankings*, aplicou-se um filtro que considera as 20 primeiras classificações.

## 3 Resultados e Discussão

Os resultados são apresentados nas seguintes seções: recuperação de dados; evolução das famílias de patentes ao longo do tempo; IPCs mais proeminentes e seus respectivos domínios tecnológicos; principais domínios e países protagonistas; e diversidade tecnológica dos maiores cessionários.

### 3.1 Recuperação de Dados

Com o intuito de evidenciar as relações entre os três conjuntos de termos empregados, bem como suas interseções e a evolução dos resultados, tais relações foram representadas graficamente por meio de um diagrama de conjuntos do tipo Venn-Euler, conforme apresentado no Gráfico 1. Adicionalmente, foram incluídos os termos correspondentes a cada grupo.

Os dois primeiros grupos foram relacionados por meio da intersecção (passo 2), ou seja, é necessário que os termos relacionados a ambos os grupos estivessem presentes no título ou resumo da patente. Esse processo resultou na recuperação de 461 famílias de patentes.

O resultado dessa intersecção foi combinado com o grupo de bioimpressão (passo 3), resultando em 1.116 famílias de patentes. É importante destacar que tal resultado difere da soma dos resultados parciais do passo 3 (461+675=1.136), pois 20 famílias dentro do grupo de bioimpressão já haviam sido recuperadas anteriormente, eliminando, assim, dados duplicados na análise.

### 3.2 Evolução das Famílias de Patentes ao Longo do Tempo

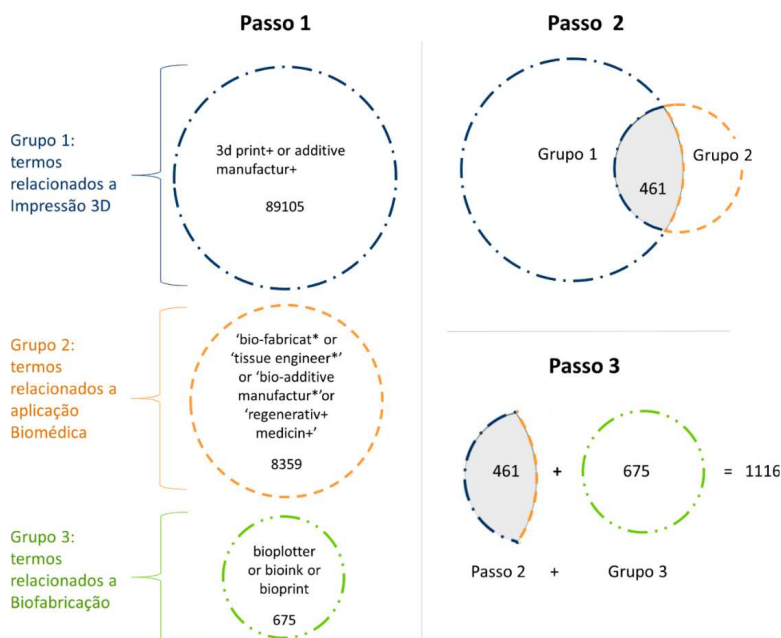
A evolução do número de famílias de patentes relacionadas à bioimpressão nos últimos 20 anos está apresentada no Gráfico 2. A primeira família de patente identificada remonta a 1989, mas, somente a partir de 2010, existem famílias de patentes depositadas em todos os anos subsequentes. A linha pontilhada do gráfico representa o

total de famílias de patentes. Ressalta-se que a coleta de dados foi realizada em junho de 2024 e, em razão do período de sigilo de 18 meses a partir da data de depósito, bem como dos prazos legais aplicáveis aos depósitos via PCT, é esperado um menor número de documentos recuperados nos dois anos mais recentes da amostra, uma vez que os dados ainda não se encontram plenamente consolidados.

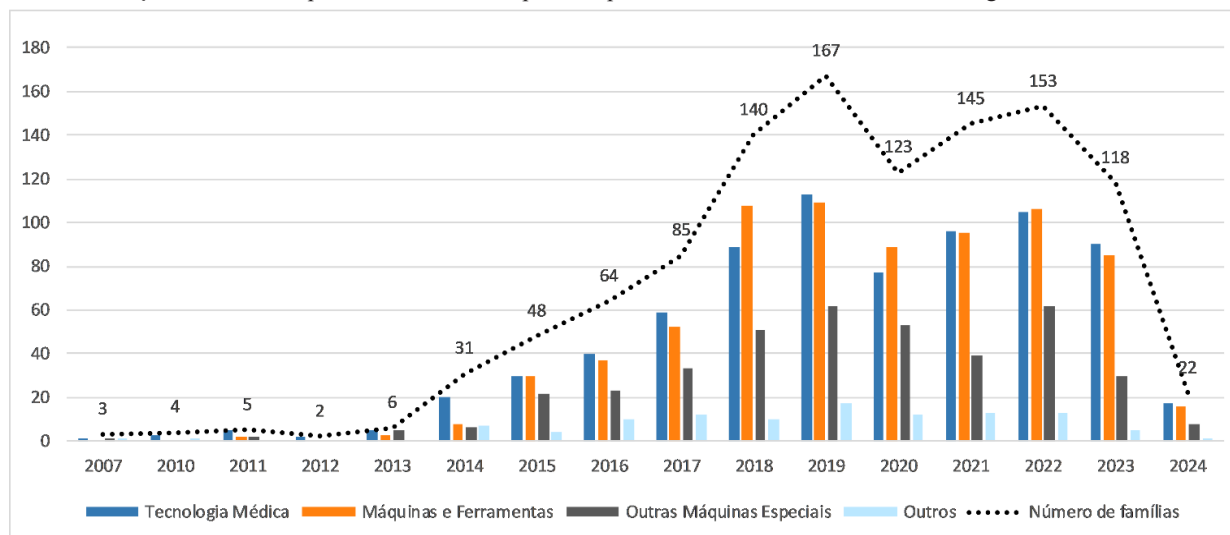
Os três principais domínios tecnológicos estão destacados pelas colunas coloridas no Gráfico 2. Vale ressaltar que uma única família de patentes pode estar associada a múltiplos domínios tecnológicos, por esse motivo, a soma dos domínios tecnológicos supera o número de famílias.

O Gráfico 2 evidencia o expressivo aumento no número de depósitos, observável pela inclinação da curva de crescimento em três períodos distintos. O primeiro crescimento notável ocorreu entre 2013 e 2017, quando o número de famílias de patentes saltou de seis para 85. O segundo período de crescimento significativo aconteceu entre 2017 e 2018, marcado pela maior inclinação da curva no período analisado, com um aumento de 85 para 140 famílias de patentes. Em seguida, observa-se uma queda no número de depósitos, coincidindo com a pandemia de Covid-19, período em que esforços intelectuais e financeiros foram direcionados para a solução de problemas relacionados à crise sanitária. A partir de 2020, o número de depósitos voltou a crescer, até o ano seguinte, 2021. Na sequência, conforme esperado em razão do período de sigilo e dos prazos legais, observa-se um quantitativo de famílias de patentes inferior ao projetado. Todavia, esse resultado deve ser relativizado, uma vez que não reflete integralmente os valores correspondentes aos dois anos mais recentes da série analisada.

Gráfico 1 – Intersecção dos descritores utilizados na estratégia de busca de patentes em bioimpressão



Fonte: Elaborado pelas autoras deste artigo

**Gráfico 2** – Evolução do total de depósitos de famílias de patentes por ano, indicando os domínios tecnológicos

Fonte: Elaborado pelas autoras deste artigo

Cabe notar que, embora as primeiras famílias de patentes estivessem ligadas ao domínio da Engenharia Mecânica e Elétrica, a partir de 2010, começaram a surgir famílias de patentes relativas a Tecnologias Médicas. Outro ponto de destaque é que, apenas em 2018, pela primeira vez, o domínio Máquinas e Ferramentas superou Tecnologias Médicas, com esses dois domínios oscilando entre a primeira e segunda posição. Os três domínios mais proeminentes são Tecnologias Médicas com 37,44%, Máquinas e Ferramentas, com 36,80% e Outras Máquinas Especiais com 19,75%. Os outros domínios apresentam um total muito inferior aos demais.

Esses domínios serão explorados em maior detalhe nas análises subsequentes.

### 3.3 As IPCs mais Proeminentes e seus Domínios Tecnológicos

O Quadro 1 apresenta as relações entre as 20 IPCs com o maior número de depósitos por família, categorizados pelos domínios tecnológicos.

As IPCs de maior destaque e maior número de depósitos são: B33Y, que se refere à Fabricação Aditiva de Objetos Tridimensionais com 22,1% dos depósitos; A61L, que trata de Métodos ou Aparelhos para Esterilizar Materiais ou Objetos em Geral, com 17,7%; e B29C, que se refere à Moldagem ou União de Matérias Plásticas, com 10,9%. Juntas, essas IPCs representam 50,7% de todos os depósitos.

A classificação IPC B33Y destaca-se como a mais proeminente no domínio de Máquinas e Ferramentas, com 740 registros, apresentando também relevância no campo da Tecnologia Médica, com 504 depósitos.

A classe A61L, por sua vez, lidera no domínio da Tecnologia Médica, totalizando 649 depósitos. A terceira classificação mais expressiva, B29C, concentra o maior número de documentos no domínio de Outras Máquinas Especiais, com 323 famílias de patentes. Por fim, a classe C12N, relativa a Microrganismos ou Enzimas, evidencia-se no campo da Biotecnologia, contabilizando 268 famílias de patentes.

Quanto aos domínios tecnológicos mais proeminentes em número de famílias de patentes, tem-se: Máquinas e Equipamentos, com 2.427 famílias, seguido de Tecnologia Médica, com 2.304 famílias, Outras Máquinas Especiais, com 1.510, e Biotecnologia, com 1.416.

Em relação aos cinco grupos de domínios tecnológicos identificados, o grupo de Engenharia Mecânica é o mais representativo, abrangendo 40,2% do total de depósitos (4.181), com os domínios Máquinas e Ferramentas e Outras Máquinas Especiais sendo os principais. O grupo de Instrumentos compreende 26,0% do total, seguido por Química com 32,7%, Engenharia Elétrica com 1,0%, e, por fim, Outros com 0,1%.

### 3.4 Principais Domínios e Países Protagonistas

A classificação dos domínios tecnológicos por país para um *ranking* de 20 nações é apresentada no Quadro 2. Nele, pode-se observar que oito países são do continente europeu (Suécia, França, Turquia, Reino Unido, Alemanha, Espanha, Itália e Polônia); seis são asiáticos (China, Coreia do Sul, Índia, Japão, Singapura e Taiwan); dois são americanos (Estados Unidos e Brasil); um é da Eurásia (Rússia); e um é da Oceania (Austrália). Além disso, duas organizações cujos dados representam o esforço em inúmeros países aparecem no quadro: a Organização Europeia de Patentes

(OPE), conhecida como Escritório Europeu de Patentes (EPO), que congrega praticamente todos os depósitos da Europa (é um escritório regional); e a Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI), que é uma agência especializada das Nações Unidas (ONU), administradora do Tratado de Cooperação em Matéria de Patentes (PCT, do inglês), congregando depósitos de todos os 157 países signatários. Portanto, as duas não podem ser comparadas aos países isoladamente.

Embora os Estados Unidos tenham sido pioneiros no desenvolvimento da maioria das tecnologias relacionadas à impressão 3D, a China atualmente lidera em número de pedidos de patentes, com 37,6% do total. Isso se destaca especialmente nos domínios relacionados à Tecnologia Médica, com 371 famílias de patentes; Máquinas e Ferramentas, com 350; e Outras Máquinas Especiais, com 148, refletindo uma ênfase significativa nos domínios Engenharia Mecânica e Instrumentos. Os Estados Unidos, por sua vez, detêm 26,0% dos pedidos de patentes, apresentando um perfil mais diversificado que o da China, com destaque em Máquinas e Ferramentas com 155; Tecnologia Médica, com 154; e Biotecnologia, com 134. Em terceiro lugar, a Coreia possui 13,7% das patentes concentradas em Máquinas e Ferramentas, com 91 famílias; Tecnologia Médica, com 69; Biotecnologia, com 59; e Outras Máquinas Especiais, com 58.

Os quatro domínios tecnológicos mais importantes no campo da bioimpressão para a maioria dos países são: Tecnologia Médica (742 depósitos), Máquinas e Ferramentas (731), Outras Máquinas Especiais (392) e Biotecnologia (383). Esses domínios apresentam pouca variação em suas posições, refletindo a importância consistente dessas áreas para o desenvolvimento tecnológico e inovação global.

Os cinco primeiros países no *ranking* somam 85,8%, de todos os pedidos, enquanto os 12 restantes possuem uma participação inferior a 2% cada. Destaca-se que os três países líderes – China, Estados Unidos e Coreia – juntos representam 77,4% do total de depósitos. A importância dos grupos tecnológicos, em termos do total de patentes depositadas, segue a seguinte ordem: Engenharia Mecânica, com 40,3%; Química que abrange 29,6%; e Instrumentos, com 28,4%. Vale ressaltar que o grupo de Química abrange 11 domínios tecnológicos; Engenharia Mecânica, sete; Engenharia Elétrica conta com cinco; Instrumentos também com cinco; e o grupo Outros com apenas dois domínios tecnológicos.

Os países que ocupam posições entre o 10º e o 20º lugar no *ranking* têm foco mais limitado, com ausência de pedidos de patentes em vários domínios tecnológicos.

### 3.5 Diversidade Tecnológica dos Maiores Cessionários

No Quadro 3, apresenta-se o *ranking* dos 20 maiores cessionários, categorizando-os como empresa ou universidade. Entre eles, foram identificadas nove empresas e 11 universidades.

Enquanto as empresas possuem, em média, interesse em aproximadamente 11 domínios tecnológicos, as universidades demonstram interesse em cerca de seis domínios tecnológicos.

As empresas com maior diversificação em termos de quantidade de domínios tecnológicos são: Revotek, empresa chinesa fundada em 2014, especializada em bioimpressão 3D e bioengenharia, com 16 domínios; Cellink Bioprint, empresa sueca fundada em 2016, líder no campo da bioimpressão 3D, desenvolvendo *bioprinters* e *bioinks*, com 15 domínios; e empatadas com 13 domínios, são duas: Organovo (empresa americana, fundada em 2007, especializada em criar modelos de tecidos humanos para pesquisa médica); e Aspect Biosystems (empresa canadense, fundada em 2013, especializada em *bioprinting* microfluídico 3D e engenharia de tecidos). Entre as universidades mais diversificadas, destacam-se: Universidade de Ciência e Tecnologia de Pohang e Universidade Sungkyunkwan, ambas da Coreia, com oito domínios cada; e as Universidades de Zhejiang, de Shenzhen e de Tsinghua, todas chinesas, com sete domínios tecnológicos.

Entre os 20 principais cessionários, a Organovo se sobressai como a única com interesse bem distribuído em três dos quatro grupos de domínios tecnológicos, sendo 26 famílias de patentes em Instrumentação, 23 em Engenharia Mecânica e 22 em Química. Seu maior foco está em

Biotecnologia com 13 famílias de pedidos de patentes e Tecnologia Médica, com 12, o que reflete o maior interesse da empresa em aplicações biotecnológicas.

Os cessionários Revotek, Cellink, Rokit Healthcare, Universidade de Zhejiang, Aspect Biosystems, Poietis, Sichuan Revotek Biotechnology, Universidade de Shanghai, Universidade de Peking e Regenovo apresentam maior interesse comercial em explorar o grupo de Engenharia Mecânica, especialmente nos domínios de Máquinas e ferramentas e Outras máquinas especiais, o que evidencia um foco no desenvolvimento de máquinas e equipamentos. Por outro lado, as Universidades de Donghua e Sungkyunkwan demonstram maior interesse em Tecnologias Médicas.

Entre as 20 principais cessionárias, as três primeiras concentram 30% dos pedidos de depósitos de patentes, enquanto as cinco primeiras respondem por 43% dos depósitos.

**Quadro 1 – Total de depósitos de patentes divididos por IPC e domínios tecnológicos**

GRUPO	INSTRUMENTOS					ENG. MECÂNICA						ENG. ELÉTRICA					QUÍMICA										OUTROS CAMPOS		SOMA	%( 10399)		
	ANÁLISE MAT. BIOLÓGICOS	MEDIÇÃO	TECNOLOGIA MÉDICA	CONTROLE	ÓTICA	MÁQUINAS E FERRAMENT.	OUTRAS MÁQ. ESPECIAIS	MÁQ. TÊXTEIS E DE PAPEL	PROC. E APARELHOS TÉRMICOS	TRANSPORTE	MÓTORES, BOMBAS E TURBINAS	MANUSEIO	TEC. AUDIOVISUAL	TEC. DE INFORMÁTICA	AP. E MÁQ. ELÉTRICAS	TELECOMUNICAÇÕES	SEMICONDUCTORES	QUÍMICA DE MAT. BÁSICOS	BIOTECNOLOGIA	TECNOLOGIA AMBIENTAL	METALURGIA DE MATERIAIS	MICROESTRUTURA E NANOTECNOLOGIA	QUÍMICA ORG. FINA	TEC. DE SUPERFÍCIE E REVEST.	QUÍMICA MACROMOLEC. E POLÍMEROS	FARMACÊUTICOS	QUÍMICA ALIMENTAR	ENG. QUÍMICA			ENG. CIVIL	OUTROS BENS DE CONSUMO
B33Y	27	14	504	8	9	740	343	28	3	1	0	6	2	17	2	4	1	77	252	2	30	7	7	12	96	67	7	32	0	1	2299	22,1
A61L	20	4	649	5	10	448	184	19	0	1	0	2	0	9	1	3	0	67	170	1	19	6	9	6	106	86	4	9	0	1	1839	17,7
B29C	11	10	161	6	4	301	323	24	3	1	0	5	2	9	2	1	1	36	132	1	7	3	3	10	31	18	3	28	0	1	1137	10,9
C12N	36	5	159	8	3	181	106	20	0	1	0	5	0	5	2	2	1	37	268	1	3	5	6	6	37	60	5	12	0	0	974	9,4
A61F	7	5	210	4	3	125	61	15	0	0	0	1	0	6	0	2	0	9	51	0	5	1	0	6	9	26	1	6	0	1	554	5,3
C12M	19	10	87	5	2	144	94	21	2	1	0	7	1	5	1	1	2	16	194	0	2	2	1	7	10	24	2	26	0	1	687	6,6
A61K	13	1	88	0	2	69	43	5	0	0	0	1	0	2	0	1	1	12	41	0	2	3	10	0	31	106	2	3	0	1	437	4,2
C09D	4	2	63	0	0	72	41	3	0	0	0	0	0	2	0	0	0	103	43	0	2	3	5	1	21	7	2	4	0	0	378	3,6
C08L	1	0	73	0	1	67	67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	31	0	3	3	2	1	94	16	1	0	0	0	376	3,6
C08J	0	0	60	0	3	47	76	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	22	0	2	1	4	0	67	19	0	0	0	0	312	3,0
G01N	47	16	28	5	1	34	18	7	0	0	0	2	0	3	1	0	0	6	47	0	0	2	1	4	1	14	0	6	0	0	243	2,3
C07K	2	0	29	0	0	19	10	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	8	34	0	2	3	4	2	10	17	1	1	0	0	145	1,4
A61P	9	0	31	0	0	21	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	21	0	0	1	2	2	5	38	0	1	0	1	148	1,4
C12Q	18	2	20	1	0	19	12	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	38	0	0	2	1	3	4	12	0	1	0	0	141	1,4
A61B	3	1	36	4	0	21	11	3	0	0	0	2	0	1	0	2	0	3	14	0	1	0	0	1	1	4	1	2	0	1	112	1,1
B41J	3	5	19	2	1	21	19	36	0	0	0	1	2	3	0	2	0	3	23	0	0	0	0	3	0	3	0	6	0	0	152	1,5
B29K	0	2	21	0	2	32	33	3	1	1	0	0	0	0	1	0	0	7	12	0	0	1	0	2	5	2	2	3	0	0	130	1,3
C08G	0	0	28	0	2	19	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	0	0	0	3	0	33	9	0	1	0	0	121	1,2
C08F	0	0	19	0	4	20	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	0	1	0	3	0	29	5	0	1	0	0	109	1,0
B29L	2	1	19	1	1	27	27	5	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	12	0	0	1	0	1	2	0	0	2	0	0	105	1,0
Soma % (10399)	222	78	2304	49	48	2427	1510	195	10	6	0	33	7	63	10	18	7	432	1416	5	79	44	61	67	592	533	31	144	0	8	10399	
	26,0%					40,2%						1,0%					32,7%										0,1%					

Fonte: Elaborado pelas autoras deste artigo

**Quadro 2** – Número de pedidos de patente por país por domínio tecnológico

GRUPO	INSTRUMENTOS					ENG. MECÂNICA						ENG. ELÉTRICA					QUÍMICA										OUTROS CAMPOS		SOMA	% (2944)		
	ANÁLISE MAT. BIOLÓGICOS	MEDIÇÃO	TECNOLOGIA MÉDICA	CONTROLE	ÓTICA	MÁQUINAS E FERRAMENT.	OUTRAS MÁQ. ESPECIAIS	MÁQ. TÊXTEIS E DE PAPEL	PROC. E APARELHOS TÉRMICOS	TRANSPORTE	MOTORES, BOMBAS E TURBINAS	MANUSEIO	TEC. AUDIOVISUAL	TEC. DE INFORMÁTICA	AP. E MÁQ. ELÉTRICAS	TELECOMUNICAÇÕES	SEMICONDUCTORES	QUÍMICA DE MAT. BÁSICOS	BIOTECNOLOGIA	TECNOLOGIA AMBIENTAL	METALURGIA DE MATERIAIS	MICROESTRUTURA E NANOTECNOLOGIA	QUÍMICA ORG. FINA	TEC. DE SUPERFÍCIE E REVESTIMENTO	QUÍMICA MACROMOLEC. E POLÍM.	FARMACÊUTICOS	QUÍMICA ALIMENTAR	ENG. QUÍMICA			ENG. CIVIL	OUTROS BENS DE CONSUMO
China	4	1	371	2	1	350	148	5	0	0	0	0	6	0	1	0	12	76	0	21	2	3	3	76	21	0	5	0	0	0	1108	37,6
E. Unidos da América	24	6	154	7	4	155	113	17	1	1	0	4	1	6	2	2	1	27	134	1	2	5	4	6	24	42	3	19	0	1	766	26,0
República da Coreia	5	5	69	1	1	91	58	5	1	2	0	0	2	4	1	2	0	52	59	1	2	4	2	2	15	12	1	7	0	0	404	13,7
Índia	3	1	38	0	4	28	6	2	0	0	0	2	1	1	1	1	0	7	14	0	2	1	1	1	4	12	1	1	0	2	134	4,6
OPE	1	1	27	1	0	26	11	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	7	21	0	1	0	1	0	7	5	1	2	0	0	115	3,9
OMPI	1	1	11	1	0	13	10	2	1	0	0	0	1	0	0	0	1	2	10	0	2	0	0	1	1	2	0	4	0	0	64	2,2
Austrália	3	3	9	1	0	11	10	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	10	0	1	0	0	0	1	4	0	0	0	0	60	2,0
Suécia	2	2	7	0	1	14	9	2	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	12	1	1	0	0	1	0	1	0	2	0	0	58	2,0
França	1	0	8	0	0	11	7	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	1	3	0	2	0	0	49	1,7	
Reino Unido	2	1	8	0	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	29	1,0	
Rússia	0	0	11	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	24	0,8	
Brasil	0	0	4	0	1	4	3	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	1	0	2	1	0	0	1	1	23	0,8	
Japão	0	0	3	0	0	2	1	3	0	0	0	0	2	1	0	2	0	0	6	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	22	0,7	
Turquia	0	0	7	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	18	0,6	
Alemanha	0	0	3	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	18	0,6	
Espanha	0	1	2	0	0	4	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0,4	
Singapura	0	0	2	0	0	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	12	0,4	
Itália	0	0	3	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	11	0,4	
Taiwan	0	0	3	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	10	0,3	
Polônia	0	0	2	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0,2	
<i>Soma</i>	<i>46</i>	<i>22</i>	<i>742</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>731</i>	<i>392</i>	<i>46</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>1</i>	<i>10</i>	<i>7</i>	<i>22</i>	<i>5</i>	<i>9</i>	<i>2</i>	<i>111</i>	<i>383</i>	<i>3</i>	<i>32</i>	<i>13</i>	<i>12</i>	<i>15</i>	<i>138</i>	<i>113</i>	<i>8</i>	<i>43</i>	<i>1</i>	<i>4</i>	<i>2944</i>	
	837					1186						45					871										5					
% (2944)	28,4%					40,3%						1,5%					29,6%										0,2%					

Fonte: Elaborado pelas autoras deste artigo

Quadro 3 – Cessionários por domínio tecnológico

GRUPO	INSTRUMENTOS					ENG. MECÂNICA					ENG. ELÉTRICA				QUÍMICA								SOMA	% (653)		
	ANÁLISE MAT. BIOLÓGICOS	MEDIÇÃO	TECNOLOGIA MÉDICA	CONTROLE	ÓTICA	MÁQUINAS E FERRAMENT.	OUTRAS MÁQ. ESPECIAIS	MÁQ. TÊXTEIS E DE PAPEL	PROC. E APARELHOS TÉRMICOS	MANUSEJO	TEC. AUDIOVISUAL	TEC. DE INFORMÁTICA	AP. E MÁQ. ELÉTRICAS	SEMICONDUCTORES	QUÍMICA DE MAT. BÁSICOS	BIOTECNOLOGIA	TECNOLOGIA AMBIENTAL	METALURGIA DE MATERIAIS	MICROESTRUTURA E NANOTECNOLOGIA	QUÍMICA ORG. FINA	TECNOLOGIAS DE SUPERFÍCIE E REVESTIMENTO	QUÍMICA MACROMOLEC. E POLÍMEROS			FARMACÊUTICOS	ENG. QUÍMICA
Organovo	8	4	12	2	0	5	9	9	0	0	0	2	0	0	2	13	0	0	0	0	1	0	5	1	73	11,18
Revotek	1	1	12	1	0	16	15	2	1	0	1	0	0	1	1	9	0	1	0	0	2	0	1	5	70	10,72
Cellink Bioprinting	1	1	5	1	2	12	10	3	1	0	0	2	0	0	0	10	0	1	0	0	1	0	2	2	54	8,27
Rokit Healthcare	0	2	4	0	0	13	9	2	1	0	0	1	1	0	0	6	1	0	0	0	0	0	2	0	42	6,43
Zhejiang Univ.	0	0	13	0	0	12	6	1	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	2	1	0	41	6,28
Boc	2	2	4	0	0	7	5	0	0	1	0	0	0	0	2	8	0	0	1	0	0	2	2	1	37	5,67
Sichuan Univ.	0	0	14	0	0	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5	1	0	35	5,36
Aspect Biosystems	2	1	5	1	0	5	5	1	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	1	1	0	0	2	2	30	4,59
Poietis	0	0	4	0	0	7	5	3	0	1	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	1	2	30	4,59
Pohang Univ. of Sci. & Tech. Postech	0	0	7	0	0	6	2	1	0	0	0	0	0	0	7	4	0	0	0	0	1	1	0	0	29	4,44
Shenzhen Inst. - Chinese Acad. Sci.	0	0	9	1	0	6	3	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	1	2	0	0	26	3,98
Sichuan Revotek Biotechnology	1	0	4	0	0	9	5	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	26	3,98
South China Univ. Of Technology	0	0	12	0	0	11	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	26	3,98
Shanghai Univ.	0	0	5	0	0	10	7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	24	3,68
Tsinghua Univ.	0	0	7	0	0	7	2	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	1	0	22	3,37
Peking Univ.	0	0	7	0	0	8	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	20	3,06
Yangzhou Univ.	1	0	7	0	0	6	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	3,06
Donghua Univ.	0	0	9	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	17	2,60
Sungkyunkwan Univ.	0	0	6	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	1	0	0	0	1	0	0	16	2,45
Regenovo Biotechnol.	0	0	2	0	0	6	2	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	2,30
<i>Soma</i>	16	11	148	6	3	165	97	23	3	2	1	6	1	1	13	92	1	4	3	1	4	16	21	15		
	184					290					9				170								653			
	28,18%					44,41%					1,38%				26,03%											

■ - Empresa      ■ - Universidade

Fonte: Elaborado pelas autoras deste artigo

## 4 Considerações Finais

A pesquisa analisou 1.116 famílias de patentes relacionadas à bioimpressão, buscando entender a evolução dos domínios tecnológicos nesse campo. Como principais pontos, pode-se destacar:

**Crescimento Acentuado de Patentes:** observa-se um aumento significativo no número de depósitos de patentes de bioimpressão, principalmente entre 2013 e 2017 e a partir de 2020. Esse crescimento reflete o avanço da área e o crescente interesse em bioimpressão.

**Domínios Tecnológicos Predominantes:** os mais frequentes nas patentes de bioimpressão são: Máquinas e Ferramentas (37,7%), Tecnologia Médica (37,4%) e Outras Máquinas Especiais (19,7%), indicando que a pesquisa e o desenvolvimento em bioimpressão estão focados em áreas como equipamentos, dispositivos médicos e tecnologias específicas para a área.

**Concentração de Patentes na Ásia e Estados Unidos:** a maioria das famílias de patentes de bioimpressão (85,8%) provém de países da Ásia, principalmente China e Coreia do Sul, e dos Estados Unidos. Essa concentração geográfica destaca a liderança desses países no desenvolvimento tecnológico da bioimpressão.

**Empresas e Universidades como cessionárias:** as empresas demonstram maior interesse em uma variedade de domínios tecnológicos (cerca de 11), com destaque para a Cellink (empresa sueca) e a Revotek (empresa chinesa), ambas especializadas em bioimpressão 3D; enquanto as universidades focam em aproximadamente seis domínios, com destaque para as Universidades de Pohang e de Sungkyunkwan, ambas da Coreia, com oito domínios cada; e as Universidades de Zhejiang, de Shenzhen e de Tsinghua, todas chinesas. Essas universidades exploram diferentes áreas ligadas à bioimpressão, incluindo biotecnologia, engenharia mecânica, química e desenvolvimento de máquinas e equipamentos.

## 5 Perspectivas Futuras

Diante do expressivo crescimento dos depósitos de patentes em bioimpressão, é provável que essa tecnologia se consolide como estratégica na interface entre engenharia, biotecnologia e saúde. Destaca-se seu potencial para o desenvolvimento de órgãos funcionais, terapias personalizadas e modelos biológicos aplicados à medicina de precisão. Será importante acompanhar a evolução dessa tecnologia, visto que sua inserção em áreas ligadas ao setor da saúde constitui um fenômeno relativamente recente.

Os resultados apresentados podem servir de base para estudos mais aprofundados sobre bioimpressão, além

de auxiliar na formulação de estratégias de inovação e vigilância tecnológica. Também foi possível identificar as lacunas que podem ser exploradas em futuras pesquisas, ampliando o potencial de desenvolvimento nesse campo emergente.

Ademais, frente à importância de tal segmento tecnológico, espera-se uma ampliação dos investimentos em infraestrutura e marcos regulatórios voltados para a biofabricação, consolidando a bioimpressão como vetor de inovação com impacto crescente nos campos científico, sanitário e econômico.

## Referências

- AGARWAL, S. *et al.* Current developments in 3D bioprinting for tissue and organ regeneration – a review. **Front Mech Eng.**, v. 6, 30 out. 2020. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/mechanical-engineering/articles/10.3389/fmech.2020.589171/full>. Acesso em: 5 fev. 2025.
- ALZOUBI, L.; ALJABALI, A. A. A.; TAMB UWALA, M. M. Empowering precision medicine: the impact of 3D printing on personalized therapeutic. **AAPS PharmSciTech**, v. 24, n. 8, p. 1–33, 1º dez. 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1208/s12249-023-02682-w>. Acesso em: 5 fev. 2025.
- ANDRADE, R. **As tecnologias transversais e o futuro do setor produtivo** [2023]. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/353-as-tecnologias-transversais-e-o-futuro-do-setor-produti-vo>. Acesso em: 5 fev. 2025.
- BERMAN, B. 3-D printing: the new industrial revolution. **Business Horizons**, v. 55, n. 2, p. 155-162, 1 mar. 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007681311001790>. Acesso em: 5 fev. 2025.
- BOLAND, T. *et al.* Cell and organ printing 2: fusion of cell aggregates in three-dimensional gels. **Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol**, v. 272, n. 2, p. 497-502, jun. 2003.
- EPO – EUROPEAN PATENT OFFICE. Innovation trends in additive manufacturing. **Additive Manufacturing**, n. 73, set. 2023. Disponível em: <https://link.epo.org/web/service-support/publications/en-additive-manufacturing-study-2023-full-study.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2025.
- GALINA, A. C.; LETA, J. 3D printing as a research domain: mapping the main areas of knowledge. In: CATALANO, G. *et al.* (org.). **Proceedings of the 17th International Conference on Scientometrics and Informetrics, ISSI 2019**. Rome, Italy, September 2-5, 2019. Leiden: ISSI Society, 2019. p. 1641-1651.

GALINA, A. C.; LETA, J. 3D Printing: a research domain of multiple facets? **JSCIRES**, v. 9, n. 2, p. 111–119, 5 jul. 2020. Disponível em: <https://www.jscires.org/article/350>. Acesso em: 5 fev. 2025.

HOCKNEY, S. *et al.* Next generation organoid engineering to replace animals in cancer drug testing. **Biochem Pharmacol**, v. 213, p. 115586, Jul. 2023.

HULL, C. W. The birth of 3D printing. **Research-Technology Management**, v. 58, n. 6, p. 25-30, 1º nov. 2015. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.5437/08956308X5806067>. Acesso em: 5 fev. 2025. DOI:10.5437/08956308X5806067.

JAVOID, M. *et al.* 3D printing applications for healthcare research and development. **Global Health Journal**, v. 6, n. 4, p. 217-226, 1º dez. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2414644722000744>. Acesso em: 5 fev. 2025.

KHORASANI, M. *et al.* A review of Industry 4.0 and additive manufacturing synergy. **Rapid Prototyping Journal**, v. 28, n. 8, p. 1462-1475, 19 abr. 2022. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/rpj-08-2021-0194/full/html>. Acesso em: 5 fev. 2025.

KOPRNICKY, J.; ŠAFKA, J.; ACKERMANN, M. Using of 3D printing technology in low cost prosthetics. **Materials Science Forum**, v. 919, p. 199-206, 2018. Disponível em: <https://www.scientific.net/MSF.919.199>. Acesso em: 5 fev. 2025.

MEHRPOUYA, M. *et al.* The potential of additive manufacturing in the smart factory Industrial 4.0: a review. **Applied Sciences**, v. 9, n. 18, p. 3865, jan. 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/9/18/3865>. Acesso em: 5 fev. 2025.

MICHAEL, S. *et al.* Tissue engineered skin substitutes created by laser-assisted bioprinting form skin-like structures in the dorsal skin fold chamber in mice. **PLoS One**, v. 8, n. 3, e57741, 2013.

MIRONOV, V. Printing technology to produce living tissue. **Expert Opin Biol Ther**, v. 3, n. 5, p. 701-704, ago. 2003.

MURPHY, S. V.; ATALA, A. 3D bioprinting of tissues and organs. **Nat Biotechnol**, v. 32, n. 8, p. 773-785, ago. 2014.

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS. **Programa Iberoamericano de Propiedad Industrial – Impressão 3D**: um panorama de pedidos de patente depositados em países do IBEPI, 2021. 62p. Disponível em: [https://inpi.justica.gov.pt/Portals/6/PDF%20INPI/IBEPI/AF\\_Libro-Patentes3D-POR-BRA.pdf?ver=ImsqmbklrKA7e](https://inpi.justica.gov.pt/Portals/6/PDF%20INPI/IBEPI/AF_Libro-Patentes3D-POR-BRA.pdf?ver=ImsqmbklrKA7e) toNoiaueg%3d%3d&timestamp=1646415862655. Acesso em: 5 fev. 2025.

QUEIROZ, L. de A.; REIS, P. H. R. G.; DE OLIVEIRA, R. M. Análise sobre as impressões 3D na medicina. **Revista FT**, v. 27, n. 123, 3 jul. 2023. Disponível em: <https://revistaft.com.br/analise-sobre-as-impressoes-3d-na-medicina/>. Acesso em: 5 fev. 2025.

REZVANI GHOMI, E. *et al.* Future of additive manufacturing in healthcare. **Current Opinion in Biomedical Engineering**, v. 17, p. 100255, 1 mar. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468451120300507>. Acesso em: 5 fev. 2025.

RIFKIN, J. The Third Industrial Revolution: how the Internet, green electricity, and 3-D printing are ushering in a sustainable era of distributed capitalism. **The World Financial Review**, 2012. Disponível em: <https://worldfinancialreview.com/the-third-industrial-revolution-how-the-internet-green-electricity-and-3-d-printing-are-usher-ing-in-a-sustainable-era-of-distributed-capitalism/>. Acesso em: 5 fev. 2025.

SAMPAIO, I. S. *et al.* Impressão 3D: da pesquisa ao setor produtivo: um estudo exploratório sobre sua evolução histórica, origem, tecnologias, aplicações e inovações. **Gestão & Planejamento**, v. 23, jan. 2022. DOI: 10.53706/gep.v.23.7427.

SAMPAIO, I. *et al.* Mapeamento científico e tecnológico sobre Impressão 3D. **Peer Review**, v. 5, p. 457-481, 2 out. 2023.

SIMS, J. Why astronauts are printing organs in space. **BBC**, 1º jun. 2021. Disponível em: <https://www.bbc.com/future/article/20210601-how-transplant-organs-might-be-printed-in-outer-space>. Acesso em: 5 fev. 2025.

VENTOLA, C. L. Medical applications for 3D printing: current and projected uses. **PT**, v. 39, n. 10, p. 704-711, Out. 2014.

WIPO – WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION. **WIPO Technology Trends 2019: Artificial Intelligence**. Geneva: World Intellectual Property Organization, 2019. 158p. Disponível em: [https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo\\_pub\\_1055.pdf](https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_1055.pdf). Acesso em: 5 fev. 2025.

ZHAO, Y. *et al.* Three-dimensional printing of Hela cells for cervical tumor model in vitro. **Biofabrication**, v. 6, n. 3, p. 035001, Sept. 2014.

## Sobre as Autoras

---

### Andréia Cristina Galina

*E-mail:* andreia.galina@alumni.usp.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3670-9172>

Doutora em Química Biológica com ênfase em Educação, Gestão e Difusão em Biociências pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em 2024.

Endereço profissional: Avenida Venezuela, n. 82, Saúde, Rio de Janeiro, RJ. CEP: 20081-312.

---

### Rita Pinheiro-Machado

*E-mail:* ritap@inpi.gov.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2882-4143>

Doutora em Química Biológica com ênfase em Educação, Gestão e Difusão em Biociências pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em 2004.

Endereço profissional: Rua Mayrink Veiga, n. 9, 12º andar, Centro, Rio de Janeiro, RJ. CEP: 20090-910.