

1. INTRODUÇÃO

De acordo com dados da ONU, o número de idosos, pessoas com 60 anos de idade ou mais, pode aumentar de 962 milhões em 2017 para 1,4 bilhão até o ano de 2030, alcançando possíveis 2,1 bilhões em 2050.

A taxa de crescimento da população com 60 anos avança cerca de 3% ao ano, o que representa um crescimento mais acelerado do que todos os outros grupos etários mais jovens. Com isso, vários problemas de saúde surgem. Segundo a OMS, somente no Brasil a osteoporose afetou mais de 10 milhões de pessoas em 2017.

Outro dado importante é o crescente número de acidentes envolvendo fraturas, queimaduras e mutilações de tecidos. Conforme dados do SUS, entre 2009 e 2018 houve um crescimento de 33% na quantidade de internações em todo o país devido somente a acidentes de trânsito, totalizando 1,6 milhão de feridos.

Tais dados apresentados acima sugerem uma demanda para o reparo de tecidos envolvendo ossos, cartilagem, pele, entre outros. Atualmente, como tentativa de solução para esse cenário existem bancos de tecidos para transplante, porém esse tipo de solução para o problema é falho em partes, pois, além da escassez desse insumo, cada indivíduo possui um perfil genético e estrutural próprio.¹ As tecnologias de Bioimpressão 3D possibilitam que tais dificuldades possam ser minimizadas ou até mesmo superadas pela grande disponibilidade de materiais que pode ser

1 Minvielle *et al.* ([2014] 2019).

utilizada de maneira customizada à necessidade da reposição tecidual desejada.

Essa noção de customização de produtos está no centro do que é conhecido como customização em massa na indústria; contudo o princípio não pode ser transferido diretamente para a área da saúde, mas deve ser adaptado à complexidade dos organismos e dos seres vivos. Para isso, novos modos de fabricação de produtos devem ser explorados, como a manufatura aditiva e a bioimpressão 3D, uma vez que existe a possibilidade de fabricação de geometrias complexas, orgânicas e isomórficas podendo simular propriedades naturais do corpo humano nos níveis mecânico, biológico, microestrutural e de permeabilidade.²

Ambos processos já são alternativas comprovadamente viáveis para técnicas de fabricação em massa de produtos customizados em vários cenários industriais, apesar de suas aplicações serem principalmente associadas e aplicadas em produção de protótipos de peças mecânicas.³ Todavia, ao longo dos últimos anos, tanto a academia como a indústria médica vêm apresentando diversas investidas na pesquisa e no desenvolvimento de equipamentos para a fabricação de tecidos e órgãos. Com as novas tecnologias de manufatura aditiva, o conceito de customização em massa se apresenta cada vez mais viável para a área médica.

O presente trabalho pretende explorar o cenário acadêmico e o industrial da bioimpressão 3D ao redor do mundo mostrando e analisando números sobre a localidade com maiores índices de pesquisas, quais tecnologias vêm sendo desenvolvidas e quais tipos de tecidos vêm sendo fabricados, bem como servir de guia para futuros trabalhos e pesquisas, apresentando, de forma sintética e clara, o nível de maturidade de cada tecnologia e podendo direcionar novos estudos que auxiliem a biofabricação de tecidos para a população.

² Gómez *et al.* ([2016] 2019).

³ Id. *ibid.*

1.1 ESTRATÉGIA UTILIZADA PARA A REDAÇÃO DESTE LIVRO

A partir de uma revisão literária e mercadológica, foi possível realizar o levantamento do panorama das tecnologias de bioimpressão 3D de órgãos e tecidos para a medicina regenerativa. Com o levantamento teórico, foi feita a busca de definições e palavras-chave sobre o tema estudado e, a partir do levantamento mercadológico, a busca de empresas com potencial de fornecimento de ferramentas e insumos necessários para a prestação do serviço de bioimpressão 3D.

A metodologia aplicada para sistematizar, de forma estruturada e com garantia de repetibilidade, o processo de busca e a composição da base de dados científicos foi a Systematic Search Flow (SSF),⁴ composta de quatro grupos principais de atividades, que, por sua vez, são subdivididos em tarefas específicas, como observado na Tabela 1.

Tabela 1 Systematic Search Flow.

Protocolo de pesquisa					Análise	Síntese	Escrita
1	2	3	4	5	6	7	8
Estratégia de busca	Consulta em base de dados	Gestão de documentos	Padronização e seleção	Composição do portfólio	Consolidação dos dados	Elaboração dos relatórios	Construção da escrita

Fonte: adaptada de Ferenhof e Fernandes.⁵

1.1.1 ESTRATÉGIA DE BUSCA

Consiste ou se baseia na busca de procedimentos que definem os mecanismos da pesquisa e na recuperação de informações online. Para a redação deste livro, foram selecionados os termos relacionados com o tema indicados na Tabela 2.

⁴ Ferenhof e Fernandes ([2016] 2019).

⁵ Id. ibid.

Tabela 2 Estrutura e palavras-chave de busca.

Período	A ser definido na busca			
Bases de dados científicos	ISI – <i>Web of Science</i>	Scopus		
Base de dados de patentes	WIPO – <i>Patentoscope</i>			
Termos centrais	3d print ou 3DP	bioprint		
	additive manufacture	3D bioprint		
Palavras-chave	medicine	tissue	regenerative medicine	biomedic
	organ	hard tissue	tissue regeneration	biologic
	implant	soft tissue	tissue reconstruction	
	bio fabrication	cells	tissue engineering	
Tipo de tecido	Cardiovascular	Neural	Dermatológico	
	Ósseo	Ophtalmologic	Cartilage	
Propriedades	bio absorbable	bio degradable	bio compatible	
Categoria de materiais	Polymer, Plastic	ceramic, bioglass		
	metal	bioink		
	hydrogel			
Biomateriais	polycaprolactone, pcl	alginate	phosphate, tcp	agarose
	polylactic acid, pla	hyaluronic	polyethylene	hyaluronan
	poly vinyl, pva	calcium	hemihydrate	chitosan
	gelatin	magnesium	carbohydrate	fibrin
	cellulose	hydroxyapatite	polyester	
Tecnologias de bioimpressão	extrusion based – ebb	droplet, inder, inkjet – dbb	laser based – lbb	
	industry 4.0	personalization	deep learn	cryptograph
Termos correlatos	custom	artificial intelligence	internet of things, IOT	collaborative robot
	on demand	big data	blockchain	
Equipamentos correlatos	magnetic resonance, mri	ultrasound	computed tomography,	
	radiography, x-ray	dicom	bioreactor	

Devido às áreas de impressão 3D e de bioimpressão serem confluentes, o autor definiu buscar ambos termos de maneira paralela e separada a fim de que uma maior compreensão sobre o estado atual da ciência fosse trazida à tona. Desse modo, foi possível entender como os pesquisadores e inventores estão publicando suas pesquisas e invenções na área da biofabricação de órgãos e tecidos.

No momento da pesquisa sobre os materiais, as áreas de impressão 3D e de bioimpressão foram concatenadas em um único objeto, pois a utilização da maioria dos materiais em estudo está diretamente ligada à biofabricação de órgãos e tecidos, não havendo justificativa da separação entre os termos centrais da pesquisa.

Para o levantamento dos dados comerciais, como tamanho do mercado e ecossistema (quantidade, por estado, de hospitais, profissionais da saúde, leitos e afins) e a quantidade disponível de fabricantes de recursos necessários para a implementação comercial dos serviços de biofabricação de órgãos e tecidos, pesquisas (artigos científicos, livros e Google) também foram conduzidas pelo pesquisador.

1.1.2 MECANISMO DE BUSCAS

No período de busca desejado, podem ser pesquisados artigos e periódicos científicos nas bases acadêmicas ISI – Web of Science e Elsevier – Scopus, e as patentes na plataforma de busca de patentes WIPO – Patentscope. Nessa fase, a composição das *strings* de busca com a concatenação dos termos é feita a partir da utilização de operadores lógicos, que podem diferir nas plataformas. A pesquisa poderá ser feita de maneira estruturada proporcionando que cada termo tenha uma indexação própria, facilitando sua compilação na consolidação dos resultados. Os operadores lógicos utilizados nas distintas bases podem ser encontrados na Tabela 3.

Tabela 3 Operadores lógicos e palavras reservadas para a base de dados.

Operadores	Função
Operadores comuns para todas as bases	
AND	Operador lógico “E”
OR	Operador lógico “OU”
ALL	Operador de busca para todos os campos
>	Operador lógico “MAIOR QUE”
<	Operador lógico “MENOR QUE”
Operadores para <i>Patentoscope</i>	
TI	Título da patente em todas as línguas
FP	Conteúdo da página de rosto
DP	Ano de deferimento
TO	Operador lógico “ENTRE”
Operadores para <i>Web of Science</i>	
TS	
TI	Título da publicação
PY	Ano de publicação
- (entre parênteses junto com PY)	Operador lógico “ENTRE”
Operadores para <i>Scopus</i>	
TITLE-ABS-KEY	
TITLE	Título da publicação
PUBYEAR	Ano de publicação

As buscas podem ser realizadas de modo a possibilitar o conhecimento dos artigos científicos e das patentes por meio de um cruzamento entre o título das publicações e suas palavras-chave.

Vale ressaltar que o uso de asterisco “*” é necessário para abranger termos com prefixo ou sufixos variados, como, por exemplo, “3D print*”, que fará buscas para os termos “3D print”, “3D printed” e “3D printing”, garantindo que a pesquisa tenha maior fidelidade com a área de atuação.

1.1.3 GESTÃO DE DOCUMENTOS

Depois de cada instrução executada nos bancos de dados, os dados quantitativos das publicações, ou seja, a quantidade de publicações por país de origem e a quantidade de artigos por ano de publicação, devem ser armazenados em planilhas eletrônicas do software Google Sheets e Microsoft Excel. Já os documentos sele-

cionados para a composição do portfólio de leitura são armazenados no software Mendeley, para sua posterior consulta e maior compreensão do tema.

1.1.4 PADRONIZAÇÃO E SELEÇÃO

A partir da criação de filtros de seleção para o portfólio dos arquivos selecionados, é possível agrupar os artigos para futura consulta de modo prático e estruturado, possibilitando consultar os diversos assuntos abrangidos de forma sistemática.

1.1.5 COMPOSIÇÃO DO PORTFÓLIO

Nesta fase, é realizada a leitura na íntegra dos artigos selecionados. Além disso, uma segunda filtragem poderá ser aplicada para excluir os que não demonstraram completa aderência ao tema investigado.

1.2 MAPEAMENTO ESTRATÉGICO

As análises são conduzidas com a utilização de planilhas eletrônicas permitindo que a combinação e o agrupamento dos dados levantados trouxessem intuições relevantes sobre o tamanho, o crescimento e a distribuição da bibliografia sobre o tema estudado. No momento de síntese, os dados levantados a respeito do tema são condensados em relatórios com a finalidade da elucidação de novos conhecimentos sobre isso. Tal fase, destinada à consolidação dos resultados obtidos pela escrita científica, é formada por meio do resgate do objetivo da revisão de literatura, dos resultados da análise e da síntese do conhecimento.