

MANUFATURA ADITIVA PARA PRODUÇÃO DE PEÇAS DE VESTUÁRIO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

¹ Samagaia Garcia da Silva, Susana; Mestranda; Universidade Estadual de Santa Catarina, susana.sgds@edu.udesc.br

² Hansch Beuren, Fernanda; Dra; Universidade Estadual de Santa Catarina, fernanda.beuren@udesc.br

RESUMO

Conhecida como impressão 3D, a manufatura aditiva proporciona economia em matéria-prima e personalização de produtos. Esse artigo tem como objetivo identificar as lacunas sobre a produção de vestuário por meio da manufatura aditiva e destacar as lacunas encontradas. A pesquisa é de natureza básica, a abordagem é quali-quantitativa, seus objetivos são exploratórios e procedimentos técnicos embasam-se no método Systematic Search Flow (SSF).

Palavras-chave: Manufatura aditiva; Modeclix; Produtos de vestuário; Impressão 3D.

SUMMARY

Known as 3D printing, additive manufacturing provides savings in raw materials and product customization. This article aims to identify gaps in clothing production through additive manufacturing and highlight the gaps found. The research is of a basic nature, the approach is quali-quantitative, its objectives are exploratory and technical procedures are based on the Systematic Search Flow (SSF) method.

Keywords: Additive manufacturing; Modeclix; Clothing products; 3D printing.

1. Introdução

Pesquisas emergem acerca da manufatura aditiva, ou impressão 3D, por esta apresentar soluções econômicas, tanto no sentido de matéria-prima quanto na produção sob medida e exclusiva. O mesmo ocorre quando se pesquisa manufatura aditiva na produção de roupas.

No entanto, a junção dos termos ainda é restrita. Tão logo, a China apresenta-se como um país precursor na investigação do assunto nas bases de dados Scopus e Web of Science, e no que tange o resultado mais significativo, destacam-se os resultados apresentados por Blomfield e Bostrock (2018), de

¹ Mestranda na Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Av. Madre Benvenuta, 1907, Itacorubi, Florianópolis, Brasil. E-mail: susana.sgds@edu.udesc.br

² Doutora em Engenharia de Produção pelo Departamento de Tecnologia Industrial, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Av. Madre Benvenuta, 1907, Itacorubi, Florianópolis, Brasil. E-mail: fernanda.beuren@udesc.br



Londres. No Brasil, no entanto, um grande polo têxtil e de vestuário, a pesquisa no assunto ainda é escassa. Assim, a revisão sistemática da literatura busca apresentar as lacunas encontradas, e apresenta um caminho para novos estudos.

Portanto, tem-se como objetivo deste artigo apresentar as lacunas encontradas após uma revisão sistemática e bibliométrica da literatura, que contempla a produção de peças de vestuário por meio da manufatura aditiva. Para tal resultado, a metodologia utilizada caracteriza-se como de natureza básica, a sua abordagem é qualiquantitativa e os objetivos são exploratórios. Os procedimentos técnicos utilizados referem-se à revisão sistemática e bibliométrica de acordo com método apresentado por Farenhof e Fernandes (2016).

Tão logo, o presente artigo estrutura-se da seguinte forma: fundamentação teórica, procedimentos metodológicos, apresentação dos resultados e as considerações finais.

2. Revisão da literatura

A revisão da literatura apresenta um estudo propício que contempla a manufatura aditiva para produção de peças de vestuário.

2.1 Modeclix: um estudo promissor no campo da fabricação aditiva em peças de vestuário

Bloomfield e Borstrock (2018) apresentam um estudo promissor no que tange a junção da manufatura aditiva com o vestuário — a qual terá maior explanação além das lacunas encontradas — chamada de Modeclix. Esse ‘tecido’ consiste em um sistema de links, sendo cada link caracterizado como uma série de curvas, que formam elos com quatro braços, criados a partir de um perfil no software CAD, conforme Figuras 1 e 2. Cada braço de elo pode ser conectado e desconectado pela parte de trás, e a junção de vários links formam uma espécie de painel. Esses painéis, por sua vez,

são então dispostos em CAD para preencher o volume de construção disponível da máquina AM³ usada. [...] Painéis de 22x22 links que equivalem a 484 links são então dispostos como folhas usando um modificador de matriz no software [e] 20 painéis duplicados são empilhados uns sobre os outros no software para preencher todo volume de construção disponível (BLOOMFIELD e BOSTROCK, 2018, p. 5, tradução

³ AM: Do termo inglês *additive manufacturing*, traduzido, Manufatura Aditiva.



literal).

Na sequência do processo, o arquivo digital é processado pelo software de impressão 3D, onde ‘é cortado em fatias de 0,1 mm e cada fatia digital é enviada para a máquina AM e desenhada pelo laser na camada de pó de nylon. Cada camada é processada em sequência, uma de cada vez, para construir a pilha completa’ (BLOOMFIELD e BOSTROCK, 2018, p. 5, tradução literal). O nylon, por sua vez, pode ser tingido por corantes utilizados pela indústria têxtil.

Figura 1: link de quatro elos



Fonte: Bloomfield e Bostrock (2018)

Figura 2: vários links



Fonte: Bloomfield e Bostrock (2018)

Portanto, o Modeclix (BLOOMFIELD e BOSTROCK, 2018), diferente das primeiras peças apresentadas por Danit Peleg (GOMES, 2016), que consistiam em peças de estrutura rígida, forma um tecido fluido, que permite a fabricação de peças de vestuário, bem como a sua desconstrução manual e sua reutilização, apresentando assim uma solução sustentável e confortável na fabricação de peças de vestuário.

3. Metodologia

A partir de uma pesquisa abordada na disciplina de Sistema-Produto-Serviço, do Programa de Pós-Graduação em Design de Vestuário e Moda (PPGModa), do Centro de Artes (Ceart), da Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc), sob o tema manufatura aditiva para peças de vestuário, fez-se a revisão sistemática da literatura, na qual foram identificadas as lacunas. Diante disso, tornou-se necessária maior explanação acerca do assunto emergente, e a necessidade da continuidade da pesquisa.

Tão logo, a pesquisa embasa-se no método de Farenhof e Fernandes (2016), que orientam a pesquisa em quatro fases, a saber: 1) pesquisa; 2) análise; 3) síntese; e 4) escrita. Portanto, na primeira fase de pesquisa, utilizaram-se as bases de dados Scopus e Web of Science, disponíveis no Portal Capes. Os filtros utilizados para ambas as *queries* foram os seguintes:

- 1) Título, resumo e palavras-chave;
- 2) 2017 – 2021;
- 3) Somente artigos.

A primeira *query* utilizada é composta das palavras-chave “3D printing”, seguida do operador booleano *AND* e da palavra “clothing”, conforme Quadro 1.

Quadro 1: Pesquisa nas bases de dados

Palavras utilizadas	Total Scopus	Total Web of Science	Somados
“3D printing” AND “clothing”	52	42	94

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Paralelamente, a análise bibliométrica apresenta os países emergentes em pesquisas sobre o tema. O Quadro 2 mostra os resultados da primeira *query* pesquisada:

Quadro 2: Pesquisas nas bases de dados, países emergentes

País	Total Scopus	Total Web of Science
China	13	9
Coreia do Sul	9	5
Estados Unidos	8	7

Reino Unido	5	1
-------------	---	---

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Na sequência, utilizou-se outra *query*, com as palavras-chave “*additive manufacturing*”, seguidas do operador booleano *AND* e da palavra-chave “*clothing*”, e obteve-se os resultados conforme Quadro 3.

Quadro 3: Pesquisa nas bases de dados

Palavras utilizadas	Total Scopus	Total Web of Science	Somados
“ <i>Additive manufacturing</i> ” <i>AND</i> <i>clothing</i>	24	102	126

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Na segunda pesquisa, os países que se destacam em pesquisas em cada base de dados são apresentados no Quadro 4:

Quadro 4: Pesquisas nas bases de dados, países emergentes

País	Total Scopus	Total Web of Science
China	3	21
Estados Unidos	6	19
Alemanha	0	10
Canadá	1	9
Reino Unido	8	5

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Ao final da pesquisa, obteve-se um total de 220 artigos. Em ambas as *queries* e ambas as bases de dados, limitadas pelos os filtros supracitados, e, após exclusão dos materiais duplicados, restaram 79 artigos para leitura e análise de acordo com a fase dois, apresentada por Farenhof e Fernandes (2016). Tão logo, após leitura do título, do resumo e das palavras-chave, sete artigos destacam-se, os quais se constituíram como os resultados apresentados no resumo dos artigos, conforme fase três, e explanados nos resultados, conforme a fase quatro.

4. Resultados

Os resultados encontrados a partir da leitura dos sete artigos relacionam as lacunas de pesquisa referente à manufatura aditiva e impressão 3D, e consoante os autores Farenhof e Fernandes (2016), ‘a síntese dos dados permite a geração de novos conhecimentos, pautados nos resultados apresentados por pesquisas anteriores’ (FARENHOF e FERNANDES, 2016, p. 560), enquanto a escrita, a próxima fase posta em prática, objetiva consolidar os resultados encontrados por meio da ‘escrita científica’ (FARENHOF e FERNANDES, 2016, p. 561).

Desse modo, as lacunas encontradas dividem-se em sete novos assuntos, relacionados aos seus respectivos autores, aos temas dos artigos e aos respectivos anos de publicação, conforme abaixo:

Quadro 5: Lacuna apresentada, autores e ano de pesquisa

Matéria-prima que apresenta conforto têxtil	<p>Kim, Seong e Chun, 2019</p> <p>Spahiu, Canaj e Shehi, 2020</p> <p>Chakraborty e Biswas, 2020</p> <p>Gavancho, Quispe e Gavancho, 2021</p> <p>Khajavi, 2021</p>
---	---

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

De acordo com Kim, Seong e Chun (2019), é necessário o desenvolvimento de um material que seja flexível e expresse os movimentos e as curvas do corpo humano. Chakraborty e Biswas (2020) e Gavancho, Quispe e Gavancho (2021) destacam a necessidade de produzir um filamento que não seja rígido e que não proporcione uma experiência desconfortável para o usuário.

Na sequência, o Quadro 6 apresenta nova lacuna, seus respectivos autores, títulos de artigo e ano de publicação:

Quadro 6: Lacuna apresentada, autores e ano de pesquisa

Matéria-prima sustentável	Chakraborty e Biswas, 2020
---------------------------	----------------------------

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

De acordo com os autores, o uso do filamento plástico impede a produção em escala de peças do vestuário em 3D, bem como apontam a fabricação insustentável do filamento, que não proporciona um método simples de descarte e de reciclagem.

A próxima lacuna encontrada refere-se à modelagem de negócios, conforme apresentado abaixo:

Quadro 7: Lacuna apresentada, autores e ano de pesquisa

Modelo de negócio específico à manufatura aditiva	Jin <i>et al.</i> , 2021
---	--------------------------

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

A proposta de Jin *et al.* apresenta um modelo de negócios inovador, que atenda consumidores dispostos a utilizar roupas personalizadas, porém os autores salientam que ‘o modelo de negócios MSC-CM proposto neste artigo é apenas um modelo de negócios genérico e não é adequado para todas as empresas de vestuário que utilizam impressão 3D’ (Jin *et al.*, 2021, p. 16, tradução literal).

A próxima lacuna abordada refere-se ao custo das matérias-primas, cujos resultados estão no Quadro 8.

Quadro 8: Lacuna apresentada, autores e ano de pesquisa

Diminuição no custo de matérias-primas	Koener, 2017
	Chakraborty e Biswas, 2020
	Khajavi, 2021

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Nesse sentido, Chakraborty e Biswas (2020) ressaltam que o custo alto da matéria-prima utilizada para impressão 3D pode esmorecer as intenções de fabricantes e de varejistas de utilizar a impressão 3D para produção em massa, e Koener (2017) destaca o custo da matéria-prima como limitador a produção de peças.

Na sequência da apresentação de lacunas, o custo dos equipamentos também demonstra ser uma limitação para continuidade de pesquisas.

Quadro 9: Lacuna apresentada, autores e ano de pesquisa

Diminuição no custo dos equipamentos	Chakraborty e Biswas, 2020 Khajavi, 2021
--------------------------------------	---

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Khajavi (2021) aponta como limitação o custo das máquinas, enquanto Chakraborty e Biswas (2020) destacam o alto custo de manutenção das impressoras como limitador para utilização frequente da impressão 3D.

O Quadro 10 apresenta outra lacuna pertinente, no que se refere a programas para modelagem de peças de vestuário:

Quadro 10: lacuna apresentada, autores e ano de pesquisa

Programas para modelagem de peças de vestuário	Kim, Seong e Chun, 2019
--	-------------------------

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Os autores argumentam que os programas disponíveis para modelagem ‘são projetados para funcionar bem com os campos de engenharia e construção’ (KIM; SEONG e CHUN, 2019, p. 23, tradução literal). Também afirmam que designers criam seus modelos e contratam outro profissional para adequar o projeto para impressora 3D, e que tal obstáculo limita o designer. Também asseveram a relevância de três funções específicas nesse programa de modelagem, sendo a ‘função de implementar facilmente as formas do corpo humano; a função de ajustar os tamanhos principais, como tamanhos de peito, tamanhos de cintura [etc]; a função de adicionar padrões às roupas’ (p. 24, tradução literal).

Finalmente, Bloomfield e Bostrock (2018), que apresentam o estudo do Modeclix, revelam como lacuna de pesquisa a manufatura localizada, ou seja, a expansão de centros de manufatura aditiva, em que os arquivos prontos são enviados para impressão. Os autores descrevem que ‘os benefícios da fabricação localizada incluem tempos de transporte e entrega reduzidos e produção escalável em várias instalações para atender a períodos de alta demanda com a opção de reduzir quando a demanda cair’ (p. VER, tradução literal).

Quadro 11: lacuna apresentada, autores e ano de pesquisa

Fabricação localizada	Bloomfield e Bostrock, 2018
-----------------------	-----------------------------

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Assim, apresentadas as lacunas, nota-se que são diversas as limitações, principalmente no que tange o conforto têxtil dos materiais, a sustentabilidade dos materiais, os altos custos de matéria-prima e de equipamentos, bem como a sua manutenção. Porém, a inovação e a tecnologia são assuntos emergentes e que possibilitam pesquisa e análise frequentes.

5. Considerações Finais

Após apresentação das lacunas encontradas, compreende-se que o tema é promissor. Ainda apresenta limitações e obstáculos, no entanto, é uma possibilidade exequível para marcas que produzam peças de vestuário por meio da manufatura aditiva. Constitui-se, ainda, numa opção exclusiva para consumidores que cada vez mais buscam autenticidade e sustentabilidade.

A partir das pesquisas nas bases de dados, este estudo contempla diversas lacunas, que servirão para novas pesquisas. No que se refere ao Brasil, que participa com 2% da produção mundial em manufatura aditiva, ainda tem-se muito a pesquisar e produzir.

Os achados desta pesquisa demonstram a sua importância, e quiçá, a manufatura aditiva, utilizada na produção de peças de vestuário com filamentos biodegradáveis, possa transformar a produção escalada e poluidora da indústria do vestuário em uma produção exclusiva e sustentável.

REFERÊNCIAS

BLOOMFIELD, Mark; BORSTROCK, Shaun. Modeclix. The additively manufactured adaptable textile. **Materials Today Communications**, [S.L.], v. 16, p. 212-216, set. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.mtcomm.2018.04.002>. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Modeclix.-The-additively-manufactured-adaptable-Bloomfield-Bostrock/f13ac0d8191a2af8b8207a83dd36fac3a56300f3>. Acesso em: 8 set. 2022.

CHAKRABORTY, Samit; BISWAS, Manik Chandra. 3D printing technology of polymer-fiber composites in textile and fashion industry: a potential roadmap of concept to consumer. **Composite Structures**, [S.L.], v. 248, p. 1-14, set. 2020. Elsevier BV.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.compstruct.2020.112562>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263822320314367?via%3Dihub>. Acesso em: 8 set. 2022.

FERENHOF, Helio Aisenberg; FERNANDES, Roberto Fabiano. Desmistificando a Revisão de Literatura como base para Redação Científica: Método SSF. **Revista ACB**, v. 21, n. 3, p. 550-563, 2016.

GAVANCHO, Jean Roger Farfán; QUISPE, Wilber Antonio Figueroa; GAVANCHO, Dayvis Victor Farfán; HUAMÁN, Beto Puma; CONDORI, Victor Manuel Lima; ALCA, George Jhonatan Cahuana. Development and Print of Clothing through Digitalized Designs of Natural Patterns with Flexible Filaments in 3D Printers. **International Journal Of Advanced Computer Science And Applications**, [S.L.], v. 12, n. 4, p. 60-76, 2021. The Science and Information Organization.
<http://dx.doi.org/10.14569/ijacsa.2021.0120409>. Disponível em:
<https://thesai.org/Publications/ViewPaper?Volume=12&Issue=4&Code=IJACSA&SerialNo=9>. Acesso em: 8 set. 2022.

GOMES, Juliana Neves. **Moda e impressão 3d**: estado da arte, tecnologia, materiais e inovação. 2019. 77 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Têxtil e Moda, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, São Paulo, 2019. Disponível em:
<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/100/100133/tde-11122019-114850/en.php>. Acesso em: 8 set. 2022.

JIN, Yuran; JI, Shoufeng; LIU, Li; WANG, Wei. Business model innovation canvas: a visual business model innovation model. **European Journal Of Innovation Management**, --, v. --, n. --, p. 1-25, jun. 2021. --. Disponível em:
<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/EJIM-02-2021-0079/full/html>. Acesso em: 24 jun. 2022

KHAJAVI, Siavash H. Additive Manufacturing in the Clothing Industry: towards sustainable new business models. **Applied Sciences**, [S.L.], v. 11, n. 19, p. 1-18, 27 set. 2021. MDPI AG.
<http://dx.doi.org/10.3390/app11198994>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/19/8994>. Acesso em: 8 set. 2022.

KIM, Sohyun, SEONG, Hyunjin, HER, Yusun. A study of the development and improvement of fashion products using a FDM type 3D printer. **Fashion and Textiles**, [S.I.], v. 6, p. 327-345, jan. 2019. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em:
<https://fashionandtextiles.springeropen.com/track/pdf/10.1186/s40691-018-0162-0.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2022.

SPAHIU, Tatjana; CANAJ, Eriseta; SHEHI, Ermira. 3D printing for clothing production. **Journal of Engineered Fibers and Fabrics**, [S.L.], v. 15, p. 155892502094821, jan. 2020. SAGE Publications.



<http://dx.doi.org/10.1177/1558925020948216>.

Disponível

em:

<https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1558925020948216>. Acesso em: 8 set. 2022

