

## Tecnologias de manufatura aditiva aplicadas à produção de órteses

### RESUMO

A impressão 3D tem sido foco constante de pesquisas e avanços quanto aos materiais e técnicas existentes, oferecendo amplas possibilidades de aplicação. No campo médico, essas técnicas são bastante exploradas, sobretudo no que se refere à produção de órteses. O presente estudo de revisão bibliográfica consiste em uma análise das publicações em eventos e periódicos científicos disponíveis nas bases *Web of Science* e *Scopus*, a fim de compreender de que forma as tecnologias de impressão 3D vêm sendo utilizadas na produção de órteses. A estratégia de busca utilizou como descritores: *Orthotic Devices*; *Orthosis*; *Orthoses*; *3D Printing*; *Additive Manufacture*, e retornou 332 artigos, dos quais, após análise, resultou em 27 artigos. Os resultados apontam que as principais técnicas de impressão utilizadas são a modelagem por deposição fundida e a sinterização seletiva a laser. Quanto aos materiais, o ácido polilático e a acrilonitrila-butadieno-estireno são os mais utilizados. A maior parte das pesquisas se concentra em países da Europa e América do Norte, com apenas um estudo do Brasil, sugerindo que este ainda é um campo com amplas possibilidades a serem exploradas por aqui.

**PALAVRAS-CHAVE:** Órteses. Impressão 3D. Manufatura Aditiva.

**Ana Lya Moya Ferrari**

[analva\\_mf@hotmail.com](mailto:analva_mf@hotmail.com)

Universidade Estadual Paulista (UNESP)  
Faculdade de Arquitetura, Artes e  
Comunicação

**Aline Darc Piculo dos Santos**

[alinedarcps@gmail.com](mailto:alinedarcps@gmail.com)

Universidade Estadual Paulista (UNESP)  
Faculdade de Arquitetura, Artes e  
Comunicação

**Fausto Orsi Medola**

[fausto.medola@unesp.br](mailto:fausto.medola@unesp.br)

Universidade Estadual Paulista (UNESP)  
Faculdade de Arquitetura, Artes e  
Comunicação

## INTRODUÇÃO

Os processos de manufatura aditiva (MA) ou impressão 3D conquistaram cada vez mais espaço ao longo dos anos. As crescentes pesquisas na área trazem avanços quanto aos materiais e técnicas existentes e oferecem alternativas e possibilidades para sua aplicação nos mais variados campos. A popularização e a redução de custos das impressoras, aliadas a maior disponibilidade de *softwares* e projetos *open source* também contribuem para a expansão dessas tecnologias.

A MA é um processo produtivo caracterizado pela deposição direta de material definindo o formato do objeto produzido, previamente modelado em ambiente virtual com o auxílio de *softwares* CAD (*Computer Aided Design*), o que a difere de processos produtivos tradicionais baseados na remoção de material ou na deposição de materiais em moldes (OLSSON; HELLSING; RENNIE, 2017; PAHONIE *et al.*, 2017).

O método de produção por MA abre espaço para novas possibilidades no design dos objetos. Através da deposição de materiais apenas onde é necessário, a impressão 3D se torna uma alternativa mais simples, ou até mesmo a única alternativa para a reprodução de formas complexas. Dependendo do material utilizado, tal processo pode ser mais rápido e, por vezes, econômico do que técnicas tradicionais, uma vez que a complexidade da peça não está necessariamente associada ao custo produtivo. Outra vantagem da impressão 3D é a possibilidade de produzir peças únicas ou em pequena escala, o que torna mais viável a personalização dos objetos (OLSSON; HELLSING; RENNIE, 2017; TELFER, 2012).

No campo médico, a impressão 3D tem tido crescente aplicação. Dentre suas aplicações destacam-se a produção de implantes personalizados e dispositivos médicos (DODZIUK, 2016). Especialmente no campo da ortopedia e da reabilitação, as MA encontram espaço na produção de órteses, dispositivos utilizados para apoiar, alinhar e estabilizar membros e articulações, otimizando o posicionamento funcional (DESHAIES, 2005). A impressão 3D aliada às técnicas de engenharia reversa como o escaneamento do membro, permite a produção de dispositivos com alta precisão anatômica. Para Baronio, Harran e Signoroni (2016), o uso dessa tecnologia deve ainda se expandir nos próximos anos devido à redução de custos de produção e a constante evolução dos materiais e das tecnologias disponíveis.

Para Chimento, Highsmith e Crane (2011), mesmo que alguns dos materiais usados na impressão 3D sejam mais caros que os materiais usados tradicionalmente na fabricação de órteses, a velocidade de produção e maior liberdade na produção de formas diferenciadas ainda é um fator positivo. Além disso, é possível utilizar a impressão 3D para produção de um molde com a geometria externa desejada para posterior preenchimento com gesso e outros materiais.

O presente estudo tem como objetivo realizar uma análise do estado atual de pesquisas envolvendo a aplicação de tecnologias de MA na produção de órteses. Dessa forma, espera-se compreender o panorama atual da área, bem como identificar possíveis demandas para futuros estudos.

## METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão sistemática da literatura a partir de publicações sobre manufaturas aditivas utilizadas na produção de órteses disponíveis em bases de dados científicos. As últimas atualizações de busca foram finalizadas no início de janeiro de 2018. Como critério metodológico, as buscas foram realizadas nas bases de dados científicos *Web Of Science* e *Scopus*, escolhidas devido à confiabilidade de suas publicações. Foram utilizados os seguintes descritores: *Orthotic Devices*; *Orthosis*; *Orthoses*; *3D Printing*; *Additive Manufacture*, aplicados de forma combinada, a fim de garantir maior abrangência de busca.

Dos resultados, foram descartados os artigos repetidos através de diferentes processos de busca e os artigos resultantes passaram por uma análise dos resumos, a fim de garantir que estes se encaixam nos critérios de inclusão estabelecidos: que tivessem sido publicados em periódicos ou anais de eventos e atendessem à temática desta pesquisa. Dessa forma, foram descartados artigos que atendessem aos critérios de exclusão: artigos que abordavam produção de próteses e implantes; artigos dos quais só se teve acesso ao resumo; artigos que não se encontravam na língua inglesa; e capítulos de livros. Os resultados dos estudos selecionados foram analisados através de estatística descritiva.

## DESENVOLVIMENTO (RESULTADOS E DISCUSSÕES)

A busca pelos termos combinados “*Orthotic Devices AND 3D Printing*” retornou 13 artigos pelo *Web of Science* e 12 pelo *Scopus*; “*Orthotic Devices AND Additive Manufacture*”, 7 artigos pelo *Web of Science* e 5 pelo *Scopus*; “*Orthoses AND 3D Printing*” 27 artigos pelo *Web of Science* e 101 pelo *Scopus*; “*Orthosis AND 3D Printing*” 28 artigos pelo *Web of Science* e 32 pelo *Scopus*; “*Orthoses AND Additive Manufacture*” 24 artigos pelo *Web of Science* e 39 pelo *Scopus* e “*Orthosis AND Additive Manufacture*” 25 artigos pelo *Web of Science* e 19 pelo *Scopus*, totalizando 332 artigos, sendo que, após verificação de estudos repetidos e da análise inicial, 27 atenderam os critérios estabelecidos e foram selecionados. Os resultados estão apresentados na Tabela 1:

Tabela 1 - Artigos selecionados

	Título	Ano	País	Publicado em
1	<i>Mass Customization of Foot Orthoses for Rheumatoid Arthritis Using Selective Laser Sintering</i>	2010	Reino Unido	<i>Transactions on Biomedical Engineering</i>
2	<i>Additive fabrication of custom pedorthoses for clubfoot correction</i>	2010	Estados Unidos	<i>Rapid Prototyping Journal</i>
3	<i>3D printed tooling for thermoforming of medical devices</i>	2011	Estados Unidos	<i>Rapid Prototyping Journal</i>
4	<i>Embracing additive manufacture: implications for foot and ankle orthosis design</i>	2012	Reino Unido	<i>BMC Musculoskeletal Disorders</i>
5	<i>Dose response effects of customized foot orthoses on lower limb kinematics and kinetics in pronated foot type</i>	2013	Reino Unido	<i>Journal of Biomechanics</i>

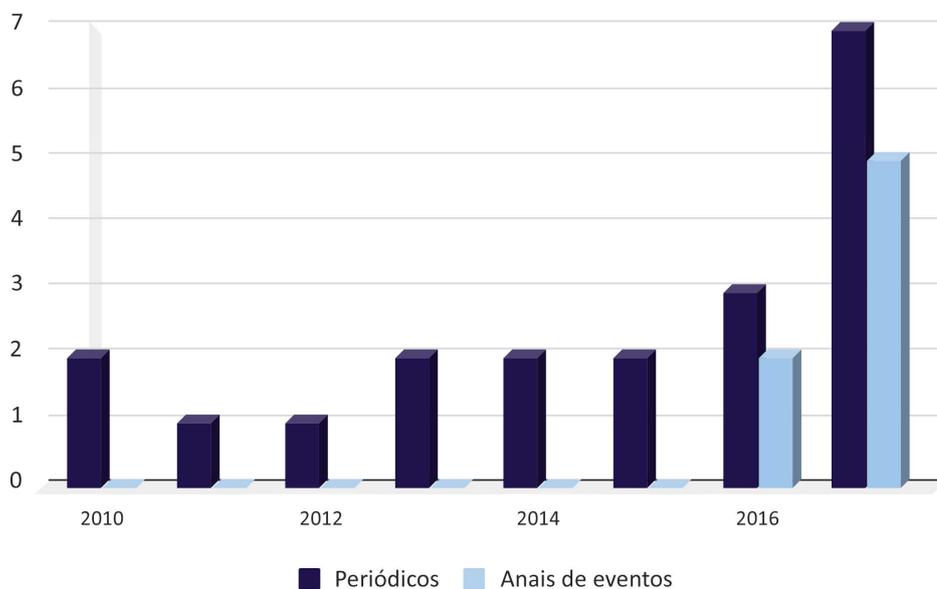
6	<i>Dose-response effects of customised foot orthoses on lower limb muscle activity and plantar pressures in pronated foot type</i>	2013	Reino Unido	<i>Gait and Posture</i>
7	<i>The use of a low cost 3D scanning and printing tool in the manufacture of custom-made foot orthoses: A preliminary study</i>	2014	Canadá	<i>BMC Research Notes</i>
8	<i>Pilot study of the wrist orthosis design process</i>	2014	República Tcheca	<i>Rapid Prototyping Journal</i>
9	<i>Comparing additive manufacturing technologies for customised wrist splints</i>	2015	Reino Unido	<i>Rapid Prototyping Journal</i>
10	<i>Case study: Hybrid model for the customized wrist orthosis using 3D printing</i>	2015	Coreia do Sul	<i>Journal of Mechanical Science and Technology</i>
11	<i>Design and Rapid Manufacturing of a customized foot orthosis: a first methodological study</i>	2016	Itália	Anais de evento
12	<i>Customized 3D printed ankle-foot orthosis with adaptable carbon fibre composite spring joint</i>	2016	Nova Zelândia	<i>Cogent Engineering</i>
13	<i>A Critical Analysis of a Hand Orthosis Reverse Engineering and 3D Printing Process</i>	2016	Itália	<i>Applied Bionics and Biomechanics</i>
14	<i>Process Planning for the Fuse Deposition Modeling of Ankle-Foot-Orthoses</i>	2016	Estados Unidos e China	Anais de evento
15	<i>Thermoplastic elastomer infill pattern impact on mechanical properties 3D printed customized orthotic insole</i>	2016	Malásia	<i>Journal of Engineering and Applied Sciences</i>
16	<i>Design and development of a customised knee positioning orthosis using low cost 3D printers</i>	2017	Portugal	<i>Virtual and Physical Prototyping</i>
17	<i>Concept and Design of a 3D Printed Support to Assist Hand Scanning for the Realization of Customized Orthosis</i>	2017	Itália	<i>Applied Bionics and Biomechanics</i>
18	<i>Ankle-Foot Orthosis Made by 3D Printing Technique and Automated Design Software</i>	2017	Coreia do Sul	<i>Applied Bionics and Biomechanics</i>
19	<i>Biomaterials: Polylactic Acid and 3D Printing Processes for Orthosis and Prosthesis</i>	2017	Romênia	<i>Materiale Plastice</i>
20	<i>A new approach to implement a customized anatomic insole in orthopaedic footwear of lower limb orthosis</i>	2017	Portugal	Anais de evento
21	<i>Low cost digital fabrication approach for thumb orthoses</i>	2017	Espanha	<i>Rapid Prototyping Journal</i>
22	<i>Prototyping of individual ankle orthosis using additive manufacturing technologies</i>	2017	Polônia	<i>Advances in Science and Technology Research Journal</i>
23	<i>Proposal of custom made wrist orthoses based on 3D modelling and 3D printing</i>	2017	Brasil	Anais de evento
24	<i>Design of a 3D Printed Lightweight Orthotic Device Based on Twisted and Coiled Polymer Muscle: iGrab Hand Orthosis</i>	2017	Estados Unidos	Anais de evento

25	<i>Using Reverse Engineering and Rapid Prototyping for Patient Specific Orthoses</i>	2017	Polônia	Anais de evento
26	<i>Experimental Characterization of the Mechanical Properties of Lightweight 3D Printed Polymer Materials for Biomechanical Application in Ankle-Foot Orthosis</i>	2017	Romênia	<i>Materiale Plastice</i>
27	<i>3D printed custom orthotic device development: A student-driven project</i>	2017	Estados Unidos	Anais de evento

Fonte: Autores

Apesar de ser um assunto abordado desde 2010, os resultados demonstram que a utilização de técnicas de impressão 3D aplicadas à produção de órteses representa uma tendência crescente, sobretudo a partir de 2016 que, juntamente com 2017, concentram mais da metade das publicações (Figura 1).

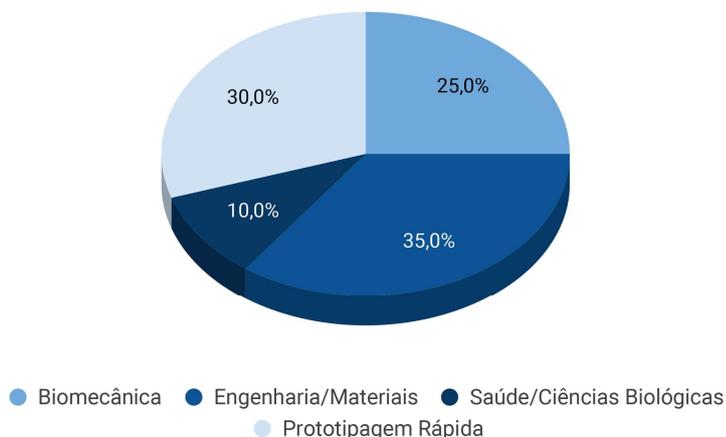
Figura 1 – Número de publicações por ano e meio de divulgação



Fonte: Autores

Os artigos publicados em periódicos científicos abrangem diversas áreas do conhecimento, com ênfase para periódicos das áreas da Engenharia e Prototipagem (Figura 2), o que sugere que a confecção de órteses através das tecnologias de manufatura aditiva é interdisciplinar, envolvendo não somente profissionais da saúde, comumente responsáveis pela produção desses dispositivos, mas também designers e engenheiros. Periódicos voltados à biomecânica também contaram com grande número de publicações, demonstrando que um número razoável de estudos é voltado à avaliação das órteses produzidas.

Figura 2 - Periódicos por área temática



Fonte: Autores

Os estudos foram realizados, em sua maioria, no continente europeu (Figura 3), com destaque para o Reino Unido, com cinco publicações neste levantamento. O Brasil é o único país da América do Sul com um artigo publicado sobre o tema. É possível observar que a temática é ainda pouco desenvolvida em países em desenvolvimento em comparação com países europeus e norte americanos. (Tabela 1).

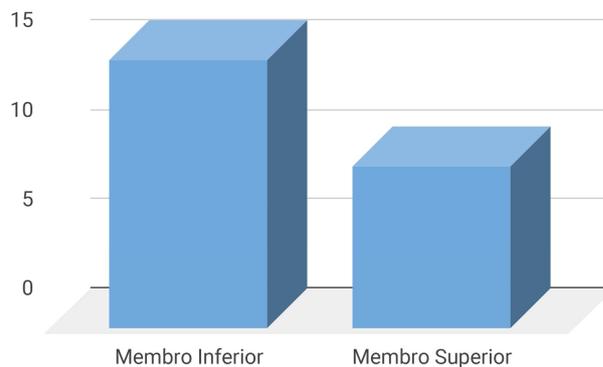
Figura 3 - Infográfico da dispersão de estudos por continente



Fonte: Autores

Apesar dos artigos abordarem diversos tipos de órteses, há uma predominância de estudos voltados para órteses dos membros inferiores, com quinze (62,5%) das pesquisas com esse enfoque (Figura 4).

Figura 4 - Divisão temática dos estudos por membros superiores ou inferiores

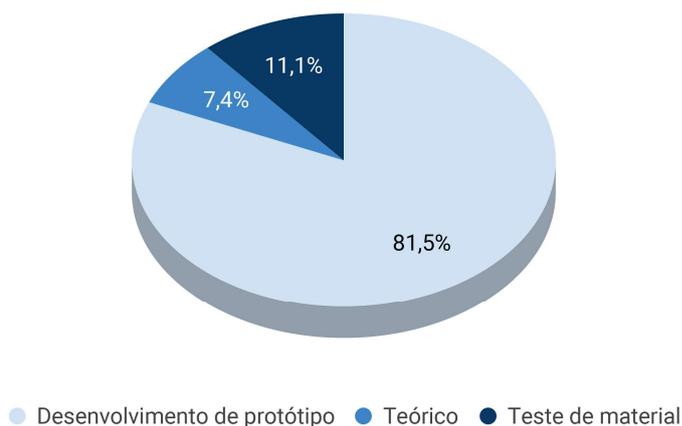


Fonte: Autores

Com relação ao tipo de estudo, foram encontrados artigos com diferentes abordagens. Mais de 80% dos artigos envolviam a utilização da impressão 3D na produção de protótipos, seja para confecção total do produto, apenas de algumas peças ou na produção de moldes para órteses (Figura 5). Dois dos artigos apresentavam estudos de ordem teórica, como revisões acerca de técnicas, materiais e aplicações das impressões 3D na produção de órteses. Outros três estudos testaram diferentes materiais utilizados na impressão 3D e suas implicações para o desempenho das órteses sem, entretanto, produzir um protótipo.

Dos vinte artigos que desenvolviam um protótipo como resultado, onze realizaram algum tipo de avaliação das órteses produzidas com pacientes ou voluntários. Tal dado condiz com a afirmação de Paterson *et al.* (2015), que destaca a necessidade de se avaliar e comparar o desempenho das órteses impressas com órteses tradicionais para verificar sua eficiência e usabilidade.

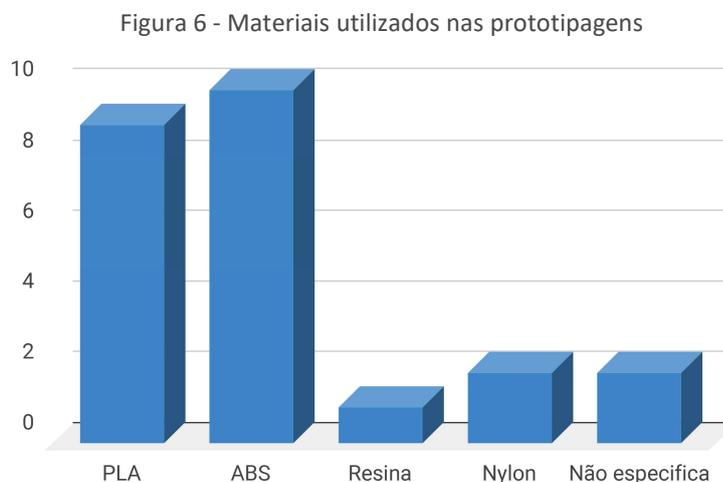
Figura 5 - Temática de cada estudos



Fonte: Autores

Dos estudos que abordavam a produção de protótipos, apenas dois deles não especificam o tipo de material utilizado e alguns ainda utilizaram mais de um tipo de material na impressão. Os filamentos como PLA (*polylactic acid*) e ABS (*acrylonitrile butadiene styrene*) foram os materiais mais utilizados, em nove e dez estudos respectivamente (Figura 6), sendo que três estudos utilizaram os dois materiais. Este achado corrobora com o estudo de Dimitrov, Schreve e Beer

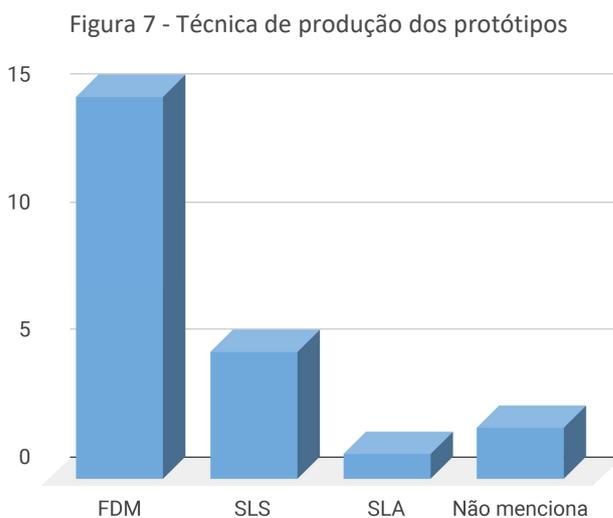
(2006) que aponta estes materiais como dois dos plásticos mais utilizados nas impressões 3D.



Fonte: Autores

O PLA tem características mecânicas que variam de acordo com a combinação de compósitos e tem como vantagem ser biodegradável (MICLAUS; REPANOVICI; ROMAN, 2017). Outro fator relevante quanto ao material utilizado é a estética da peça. Segundo Yang (2017), o ABS deixa uma superfície menos suave e é mais suscetível a perda de pequenos detalhes, quando comparado ao PLA. Entretanto, devem-se considerar os processos de pós-produção que tem como objetivo dar melhor acabamento aos objetos impressos.

O tipo de técnica utilizada nas impressões influencia no acabamento, nível de detalhamento e características mecânicas das peças. Apesar de dois dos artigos não especificarem o tipo de técnica de impressão utilizada na prototipagem, a modelagem por deposição fundida (FDM), a sinterização seletiva a laser (SLS) e a estereolitografia (SLA) foram os métodos utilizados pelos outros estudos (Figura 7).



Fonte: Autores

Na impressão por FDM, a construção do objeto é feita através da deposição de filamentos fundidos do material através do movimento da máquina extrusora sobre uma plataforma fixa de construção, geralmente formando primeiro o contorno com posterior preenchimento da peça (OLSSON; HELLSING; RENNIE, 2017). Para a impressão em FDM, os materiais PLA e ABS são os mais utilizados, o que explica a predominância dessa técnica de produção dentre os artigos analisados.

As impressões por SLS e SLA também são realizadas em camadas, em uma plataforma móvel de construção. Nestas técnicas, feixes de laser traçam as formas do objeto a ser impresso em um substrato de material (em pó para SLS e resina para SLA), camada por camada conforme a plataforma se move. Além disso, na impressão por SLS é possível produzir mais de um objeto simultaneamente, o que reduz o tempo de produção (TELFER, 2012). Dentre os estudos analisados, o pó de nylon foi utilizado na produção por SLS em dois estudos, enquanto outros artigos não especificaram o material utilizado para impressão SLS ou o tipo de resina utilizada para SLA. Segundo Dimitrov, Schreve e Beer (2006), as técnicas de impressão SLS e SLA foram os principais alvos das pesquisas em MA, estudando melhorias de processos e materiais.

Apesar da ampla utilização, o método de impressão por FDM com material ABS foi apontado por Paterson (2015) como o mais inadequado para a produção de órteses de punho quando comparado com outras técnicas, devido à qualidade final da superfície das peças, que necessitam de melhor acabamento.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo de revisão identificou um crescimento de pesquisas voltadas à aplicação de impressão 3D na produção de órteses ao longo dos últimos anos, com aumento significativo a partir do ano de 2016.

A versatilidade das técnicas e materiais apresentados nos artigos é reflexo da ampla variedade de possibilidades oferecidas pelas tecnologias de impressão. De acordo com as necessidades do paciente, é possível escolher o método que melhor atenda às suas necessidades, seja de acordo com a resistência da órtese, seu acabamento ou custo de produção. Além disso, quando aliada ao escaneamento corporal, uma órtese anatomicamente adequada pode reduzir o risco de não adaptação do paciente.

A estética desses dispositivos também pode ser ainda mais explorada, através de suportes mais finos e diferentes padrões de malhas vazadas, que utilizem menor quantidade de material, alternativa possibilitada pelas produções por manufaturas aditivas. Aqui, pode-se observar um campo para futuras pesquisas, com estudos que avaliem a quantidade de material mínima necessária para assegurar a resistência e a garantia das capacidades mecânicas da órtese.

Os estudos que comparam as propriedades dos materiais ou o desempenho das órteses impressas são fundamentais para oferecer dados concisos a serem considerados para a prescrição e desenvolvimento desses dispositivos.

Apesar da quantidade de pesquisas encontradas, a pouca quantidade de estudos realizados no Brasil demonstra que este ainda é um campo com potencial de ser mais explorado no país. Devem-se considerar, entretanto, as

limitações desta revisão, que se restringiu a duas das principais bases de pesquisas de periódicos e ao uso de descritores de assunto específicos podendo ter deixado de fora algumas publicações não indexadas às mesmas. A ampliação da busca em outras bases de dados e o uso de outros descritores pode resultar na identificação de trabalhos que não foram encontrados pelos procedimentos utilizados no presente estudo.

## 3D printing technologies applied to orthoses production

### ABSTRACT

*The 3D printing has been a constant focus of researches and improvements on existing materials and techniques, offering wide possibilities of application. In the medical field, these techniques are very explored, above all in regard to the production of orthoses. The present study of bibliographic review consists in an analysis of the publications in scientific events and journals available at the Web of Science and Scopus databases, in order to understand how the 3D printing technologies have been used in the production of orthoses. The search strategy used as descriptors: Orthotic Devices; Orthosis; Orthoses; 3D Printing; Additive Manufacture, and returned 332 papers, of which, after analysis, resulted in 27 papers. The results indicate that the main printing techniques used are Fused Deposition Modeling and Selective Laser Sintering. Regarding the materials, the Polylactic Acid and Acrylonitrile Butadiene Styrene are the most used. Most of the researches is concentrated in countries of Europe and North America, with only one study from Brazil, suggesting that this is still a field with wide possibilities to be explored around here.*

**KEYWORDS:** Orthosis. 3D printing. Additive Manufacturing.

---

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS

BARONIO, G.; HARRAN, S.; SIGNORONI, A. A Critical Analysis of a Hand Orthosis Reverse Engineering and 3D Printing Process. **Applied Bionics and Biomechanics**. v. 2016, 2016.

BARONIO, G.; VOLONGHI, P.; SIGNORONI, A. Concept and Design of a 3D Printed Support to Assist Hand Scanning for the Realization of Customized Orthosis. **Applied Bionics and Biomechanics**. v. 2017, pp. 8, 2017.

CHA, Y.H. et al. Ankle-Foot Orthosis Made by 3D Printing Technique and Automated Design Software. **Applied Bionics and Biomechanics**. v. 2017, pp. 6, 2017.

CHIMENTO, J.; HIGHSMITH, M.J.; CRANE, N. 3D printed tooling for thermoforming of medical. **Rapid Prototyping Journal**. v. 17, n.5, p. 387–392, 2011.

COOK, D. et al. Additive fabrication of custom pedorthoses for clubfoot correction. **Rapid Prototyping Journal**. v. 16, n. 3, p. 189-193, 2010.

DE SOUZA, M.A. et al. Proposal of custom made wrist orthoses based on 3D modelling and 3D printing. In: **39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (Embc)**. Proceedings... Coréia do Sul, 2017, p. 3789-3792.

DESHAIES, L.D. Órtese de Membro Superior. In: TROMBLY, C.A.; RADOMSKI, M.V. **Terapia Ocupacional Para Disfunções Físicas**. 5. Ed. São Paulo: Santos, 2005. Cap. 14. p. 313-349.

DIMITROV, D.; SCHREVE, K.; BEER, N. Advances in three dimensional printing: state of the art and future perspectives. **Rapid Prototyping Journal**. v. 12, n. 3, p. 136–147, 2006.

DODZIUK, H. Applications of 3D printing in healthcare. **Kardiochirurgia i Torakochirurgia Polska**. v. 13, n. 3, p. 283-293. 2016.

DOMBROSKI, C.E.; BALSDON, M.E.R.; FROATS, A. The use of a low cost 3D scanning and printing tool in the manufacture of custom-made foot orthoses: A preliminary study. **BMC Research Notes**, v. 7, n. 1, 2014.

FANTINI, M. et al. Design and Rapid Manufacturing of a customized foot orthosis: a first methodological study. In: **Advances On Mechanics, Design Engineering And Manufacturing**. Proceedings... Catania, Itália, 2016, p. 457-467.

FERNANDEZ-VICENTE, M.; CHUST, A. E.; CONEJERO, A. Low cost digital fabrication approach for thumb orthoses. **Rapid Prototyping Journal**, v. 23, n. 6, p. 1020-1031, 2017.

JIN, Y.; HE, Y.; SHIH, A. Process Planning for the Fuse Deposition Modeling of Ankle-Foot-Orthoses. In: **18th CIRP Conference on Electro Physical and Chemical Machining (ISEM XVIII)**, v. 42. Proceedings... Tóquio, Japão, 2016, p. 760-765.

KIM, H.; JEONG, S. Case study: Hybrid model for the customized wrist orthosis using 3D printing. **Journal of Mechanical Science and Technology**, v. 29, n. 12, p. 5151-5156, 2015.

KRIVONIAK, A.; SIRINTERLIKCI, A. 3D printed custom orthotic device development: A student-driven project. In: **124th ASEE Annual Conference and Exposition**. Proceedings... Columbus; Estados Unidos, 2017.

KUDELSKI, R. et al. Using Reverse Engineering and Rapid Prototyping for Patient Specific Orthoses. **2017 XIIIth International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH)**. 13th International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH), Lviv, Ukraine. p. 88-90. 2017.

MICLAUS, R.; REPANOVICI, A.; ROMAN, N. Biomaterials: Polylactic Acid and 3D Printing Processes for Orthosis and Prosthesis. **Materiale Plastice**. v. 54, n. 1, p. 98-101, 2017.

OLSSON, A.; HELLSING, M.S.; RENNIE, A.R. New possibilities using additive manufacturing with materials that are difficult to process and with complex structures. **Physica Scripta**. v. 92, n. 05300, p. 8, 2017.

PAHONIE, R. C. et al. Experimental Characterisation of the Mechanical Properties of Lightweight 3D Printed Polymer Materials for Biomechanical Application in Ankle-Foot Orthosis. **Materiale Plastice**. v. 54, n. 2, p. 396-341, 2017.

PALLARI, J.H.P.; DALGARNO, K.W.; WOODBURN, J. Mass Customization of Foot Orthoses for Rheumatoid Arthritis Using Selective Laser Sintering. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**. v. 57, n. 7, p. 1750-1756, 2010.

PALOUSEK, D. et al. Pilot study of the wrist orthosis design process. **Rapid Prototyping Journal**, v. 20, n. 1, p. 27-32, 2014.

PATERSON, A. M. et al. Comparing additive manufacturing technologies for customised wrist splints. **Rapid Prototyping Journal**. v. 21, n. 3, p. 230-243, 2015.

PEIXOTO, J.; FLORES, P.; SOUTO, A.P. A new approach to implement a customized anatomic insole in orthopaedic footwear of lower limb orthosis. IOP Conference Series: **Materials Science and Engineering**. v. 254, pp. 6, 2017.

SAHARAN, L. et al. Design of a 3D Printed Lightweight Orthotic Device Based on Twisted and Coiled Polymer Muscle: iGrab Hand Orthosis. **Proceedings of SPIE**. Conference on Active and Passive Smart Structures and Integrated Systems. Portland, Oregon, v. 10164, n. 1, pp. 10, 2017.

SANTOS, S. et al. Design and development of a customised knee positioning orthosis using low cost 3D printers. **Virtual and Physical Prototyping**. v. 12, n. 4, p. 322-332, 2017.

TELFER, S, et al. Embracing additive manufacture: implications for foot and ankle orthosis design. **BMC Musculoskeletal Disorders**. v. 13, n. 84, pp, 9, 2012.

TELFER, S, et al. Dose response effects of customized foot orthoses on lower limb kinematics and kinetics in pronated foot type. **Journal of Biomechanics**. v. 46, n. 9, p. 1489-1495, 2013.

TELFER, S., et al. Dose-response effects of customised foot orthoses on lower limb muscle activity and plantar pressures in pronated foot type. **Gait & Posture**, v. 38, n. 3, p. 443-449, 2013.

WALBRAN, M.; TURNER, K.; MCDAID, A. J. Customized 3D printed ankle-foot orthosis with adaptable carbon fibre composite spring joint. **Cogent Engineering**, v. 3, n.1, 2016.

WIERZBICKA, N. et al. Prototyping of individual ankle orthosis using additive manufacturing technologies. **Advances in Science and Technology Research Journal**. v. 11, n.3, p. 283–288, 2017.

YANG, L. et al. Three dimensional printing technology and materials for treatment of elbow fractures. **International Orthopaedics**. v. 41, p. 2381–2387, 2017.

YARWINDRAN, M. et al. Thermoplastic elastomer infill pattern impact on mechanical properties 3D printed customized orthotic insole. **Journal of Engineering and Applied Sciences**, v. 11, n. 10, p. 6519-6524, 2016.

**Recebido:** 30 mai 2018.

**Aprovado:** 13 fev 2019.

**DOI:** 10.3895/rts.v15n38.8335

**Como citar:** FERRARI, A.L.M.; DOS SANTOS, A.D.P.; MEDOLA, F.O., Tecnologias de manufatura aditiva aplicadas à produção de órteses. Revista Tecnologia e Sociedade, Curitiba, v. 15, n. 38, p.215-228, out/dez. 2019. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/8335>. Acesso em: XXX.

**Correspondência:**

**Direito autoral:** Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

