

UM PASSO DE TECNOLOGIA: O DESENVOLVIMENTO DE UMA ÓRTESE ORTOPÉDICA INFANTIL COM IMPRESSÃO 3D

Arlan Antonio Lemes ¹

Bruna Dias Ferreira ¹

Jailton Marques Barbosa ¹

Larissa Adriana Teixeira Moura ¹

Maria da Gloria Silva Gonçalves ¹

Resumo: O avanço tecnológico diminuiu a distância entre a ciência e a sociedade. O presente trabalho busca fazer uma revisão teórica da chamada quinta revolução industrial, assim como os conceitos de manufatura aditiva. De forma sucinta buscamos explicar sobre os benefícios alcançados na integração entre o homem e os recursos tecnológicos, além da excelência alcançada através da manufatura aditiva no trabalho com a impressora 3D. O objetivo do trabalho consiste na confecção de uma órtese infantil realizada através de impressão 3D com material reciclado. Através de uma breve revisão de literatura, foram colhidos subsídios para a impressão experimental da órtese. Na parte prática foi utilizado polímero ABS reciclado em altas temperaturas. Como resultado final obteve-se um objeto de qualidade que poderá ser de grande valia a crianças que necessitam imobilização nos membros inferiores.

Palavras-chave: impressora 3D; indústria 5.0; órtese infantil; automação; tecnologia.

INTRODUÇÃO

A sociedade vive uma busca constante por evolução, nesse sentido o avanço tecnológico auxilia no aprimoramento dos mais diversos setores da sociedade que visam melhorar sua qualidade de vida. No decorrer dos anos muita coisa mudou, e as cadeias de métodos de produção buscaram acompanhar as transformações que foram sendo apresentadas. Ficou ultrapassado linhas de montagem ou produção que não se automatizaram. O ser humano precisou aprender a dividir espaço com as máquinas, e suas habilidades precisavam ser revistas.

A introdução das máquinas no processo produtivo permitiu otimizar o tempo, aumentar a produção e a qualidade dos produtos. O uso de novas tecnologias possibilitou um incremento na produção permitindo o aumento dos lucros. É

¹ Acadêmicos de Administração, Gestão Comercial e Recursos Humanos do Centro Universitário Araguaia.

nesse cenário que acontece a chamada quinta revolução industrial, ou Indústria 5.0, que busca aliar a precisão e rapidez das máquinas com a capacidade criativa dos seres humanos.

Acompanhando a modernidade e evolução tecnológica surge o processo de fabricação chamado de manufatura aditiva, do inglês *additive manufacturing* (AM) popularmente conhecido como impressão 3D. Surgido no final da década de 80 VOLPATO (2017), define AM como um processo de fabricação por meio da adição sucessiva de material na forma de camadas, com informações obtidas de uma representação geométrica computacional 3D do componente. Dessa forma é possível fabricar componentes a partir de vários tipos de materiais, em diferentes formas e princípios, sendo esse um processo automatizado e relativamente rápido.

Sabendo da importância e das funcionalidades da impressora 3D, fazendo uma análise sobre as órteses que previnem futuras deformidades nos pés e tornozelos, ajudam a corrigir ou minimizar encurtamentos, deformidades e dificuldades na marcha. Facilitam o desempenho motor, a distribuição do peso em posição de apoio e posicionamento do pé, auxiliando assim, a mobilidade (CURY et al., 2006). No entanto, os custos de fabricação desse material são elevados pois muitas vezes são utilizados termoplásticos como matéria prima buscando facilitar sua modelagem. Segundo Teixeira (2003) no processo de construção são utilizados polímeros, que apresentam o estado vítreo com temperaturas mais elevadas, nesse caso o material utilizado é o Polipropileno (PP), Policloreto de Vinila (PVC) e outros polímeros.

Buscando reduzir os custos e permitir o acesso a um número cada vez maior de pacientes, utilizando-se de uma impressora 3D buscaremos confeccionar uma peça ortopédica denominada órtese. Segundo Lianza (1995) órteses são dispositivos utilizados externamente ao corpo e que auxiliam na reabilitação. Sendo esses dispositivos que podem realizar a contenção ou correção de falhas de cunho ortopédico, evitando maiores deformidades ou auxiliando em processos de recuperação pós cirúrgico.

O objetivo do presente artigo é explanar os conceitos da quinta revolução industrial e da manufatura aditiva, e como estes permitiram auxiliar no processo de impressão 3D, possibilitando a confecção de uma órtese ortopédica

experimental para pé torto congênito para o uso nos pés de crianças recém nascidas até a faixa etária de 02 anos de idade, oferecendo uma opção às famílias das crianças que precisam desse produto e sofrem com o alto custo das órteses oferecidas no mercado. Com o uso da impressão 3D buscaremos reduzir o custo de produção da peça, que apesar de experimental poderá se apresentar como uma solução viável para suprir a demanda existente.

Visando proporcionar melhorias na qualidade de vida de crianças recém nascidas, as órteses ortopédicas são projetadas para trazer conforto e estabilidade para as crianças com vida ativa em atividades de alto impacto. Na execução do projeto iremos nos atentar a três fatores primordiais: fabricação, qualidade e custo.

REFERENCIAL TEÓRICO

No compasso acelerado do desenvolvimento industrial o mundo caminha para a chamada quinta revolução industrial, onde novas relações entre os trabalhadores e a tecnologia se fazem presentes. Cabe aqui explanar a importância do avanço tecnológico baseado na Indústria 5.0, apresentando também a manufatura aditiva como um dos pilares que compõem este processo, seu contexto, seus benefícios e a sua implantação nas empresas para contribuição do crescimento organizacional.

Importância do avanço tecnológico Indústria 5.0

O mundo está passando por transformações constantes, e o avanço da tecnologia só vem acelerando os processos industriais e comerciais atuais. Nesse contexto nos foi introduzido pela primeira vez em meados de 2015 o termo "Indústria 5.0" ou quinta revolução industrial. Expressão essa que se apresenta como uma nova relação entre o ser humano e os sistemas de informação e tecnologia, combinando, segundo Maestri et al. (2021) a criatividade humana com a rapidez e precisão de robôs, além da possibilidade destes operarem em situações as mais adversas, que poderiam colocar em risco a saúde humana.

Neto (2021) apresenta o conceito para a expressão Sociedade 5.0:

Emerge também uma Sociedade 5.0 baseada em tecnologia e centrada no ser humano da Quarta Revolução Industrial, uma sociedade não monetária caracterizada pelo uso intensivo de dados (big-data), integração e conectividade (internet das coisas - IoT), conhecimento, que mudará completamente o paradigma atual, colocando a tecnologia totalmente a favor do atendimento das necessidades humanas. A complexidade dessa nova sociedade, que já começamos a viver e que a pandemia do coronavírus acelerou exige de todas as pessoas um novo olhar e um novo modo de vida, mais consciente, sustentável e diverso (NETO, p.27, 2021).

Para Júnior (2021) a sociedade 5.0 é uma evolução da sociedade que tem início caçadores, passando pela sociedade agrícola com o homem cultivando a terra, após o surgimento da indústria e suas máquinas a vapor, temos a geração de novas relações de trabalho que demandam gerenciamento mediante a quantidade de informações geradas pela sociedade com o uso de computadores, chegando ao ápice com a utilização das novas tecnologias de automação e integralização de processos nas organizações.

A indústria 5.0 busca dar novamente destaque ao ser humano sobre a produção, o que foi deixado de lado na indústria 4.0. A criatividade humana volta a ter um papel importante nas organizações, sendo sujeito necessário e integrado aos sistemas computacionais, auxiliando na criação e personalização dos produtos e sendo figura ativa e participativa na empresa.

A celeridade das informações, e a necessidade de que os produtos se adequem cada vez mais ao perfil e padrão do consumidor é que fez emergir a necessidade da indústria 5.0, pois de alguma forma o individualismo está cada vez mais a florado, fazendo aumentar a demanda por produtos tidos como exclusivos no mercado. Nesse sentido Maestri et al. (2021) destaca que a Indústria 5.0 opera em um sistema baseado na personalização de produtos, focado em pequenos lotes de produção com produtos individualizados e consequentemente com maior valor agregado.

Maestri et al.(*apud* ASLAM et al., 2020; HALEEM & JAVAID, 2019a) afirma que as tecnologias que compõem a Indústria 5.0 são: manufatura aditiva, robôs colaborativos, internet de tudo, ou seja, mais da metade de todos os objetos conectados a uma rede de internet, produção inteligente, ecossistema digital, inteligência artificial emergente, sistemas adaptativos complexos e tecnologias e sistemas multiagentes.

Com a tecnologia aliada a capacidade humana, espera-se que a Indústria 5.0 consiga promover a integração da produção com uma maior eficiência das máquinas com o censo crítico dos trabalhadores. Em suma, com a indústria 5.0 seria possível deixar o trabalho repetitivo a cargo das máquinas enquanto os seres humanos desenvolvem os trabalhos de raciocínio.

Manufatura aditiva

A evolução da indústria sofreu inúmeras alterações ao longo dos anos. A maneira de produção de muitos itens foi sendo alterada, até chegar no que conhecemos hoje, a manufatura aditiva. Segundo os autores Volpato e Carvalho (2017), a Manufatura Aditiva, traduzida do inglês *additive manufacturing* (AM), popularmente conhecida como impressão 3D é um modelo de produção, onde os materiais, geralmente ABS, PLA, PETG, são compactados a fim de gerar um objeto palpável, a partir de imagem gerada pelo computador.

De acordo com Karapatis et al. (1998), a produção de um objeto 3D segue um padrão de processo. São eles:

- Escolha do objeto a ser impresso. A escolha pode ser feita através do software CAD que vai permitir a criação de modelos simples e/ou complexos também;
- Depois de escolhido, o modelo precisa passar por uma conversão. Na manufatura aditiva o formato padrão reconhecido é o STL, onde a superfície a receber a peça é fatiada e nela ficam as informações da peça, todas em camadas.
- Nessa última etapa, acontece o fatiamento da peça através de um novo *software* chamado slicer e passa informações de como a impressora 3D deve operar. Feito isso, o último passo é a comunicação que acontece entre o computador e a impressora 3D. O processo de fabricação do objeto é feito em tempo real e podem ser feitos ajustes com o equipamento em operação.

A Impressora 3D foi um dos marcos da Revolução Industrial, com ela é possível mitigar atraso nas entregas e reduzir o tempo de espera na entrega de produtos. Apesar do alto investimento no maquinário e uso de softwares

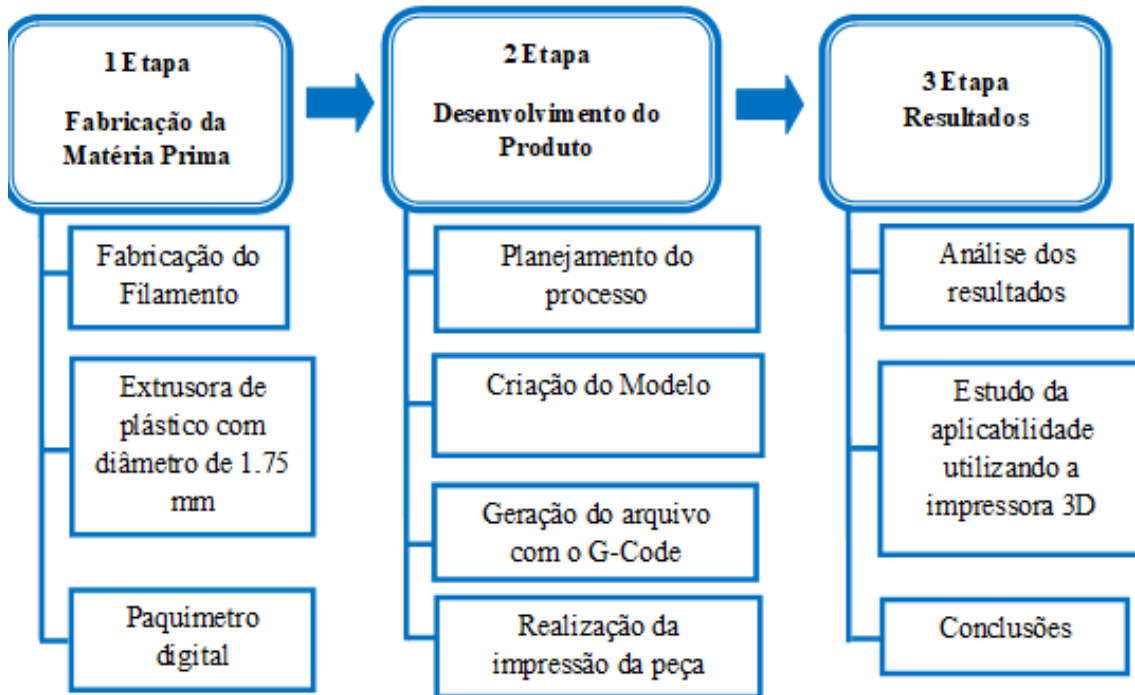
específicos, a manufatura aditiva possibilita uma maior liberdade no design, tem maior variedade de personalizar os itens feitos e diversos tipos de materiais, entre eles, os recicláveis.

A impressora 3D foi um ganho imensurável para a sociedade, pois através dela é possível a fabricação de objetivos feitos a partir de materiais recicláveis, onde estes têm custo expressivamente menor aos demais oferecidos pelo mercado.

METODOLOGIA

Trata-se de um estudo com característica experimental, que tem como objetivo identificar o sujeito da pesquisa, selecionar variáveis que podem afetar o sujeito, definir a forma de controle e observar o efeito da variável sobre o sujeito, nesse método, o pesquisador participa ativamente da pesquisa (MIGUEL, 2012), utilizando métodos quantitativos e qualitativos. Este estudo foi dividido em três etapas, inicialmente com a confecção de filamentos utilizando o polímero Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS) o qual foi utilizado a extrusora Filmaq 3D STD, após a fabricação foi realizado a impressão da órtese ortopédica infantil, e posteriormente verificar estudos que utilizaram a impressora 3D para fabricação de a aplicabilidade de fazê-lo em impressoras 3D, conforme mostra a Fig. 1 mostrado.

Figura 1 – Desenho da Pesquisa



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Para a fabricação do filamento foi utilizado o polímero ABS, pois segundo Santos et al. (2018) este material possui excelente resistência química, sendo um material rígido, resistente ao impacto e fácil de usar, foram utilizados 800 gramas de resíduos reciclados (Figura 2). Nesta fase foi utilizado a Extrusora Filmaq3D STD, com o bico de saída de 1.75 mm, utilizando a temperatura de 220°C para a fabricação do filamento, o qual foi utilizado o paquímetro digital para realizar a medição da espessura da matéria prima.

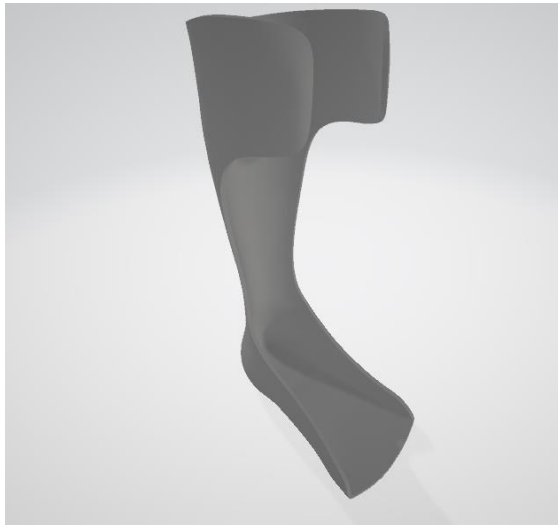
Figura 2 – Resíduo do polímero ABS



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Para o desenvolvimento da órtese ortopédica infantil foi baseado no modelo disponível no site <https://www.thingiverse.com/>, que disponibiliza gratuitamente o download do arquivo com modelos de peças para impressão. A busca pelo projeto *Orthopedic Orthosis* foi feita com a palavra-chave *orthosis*, e selecionou-se o arquivo de peça apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Modelo da Órtese Ortopédica

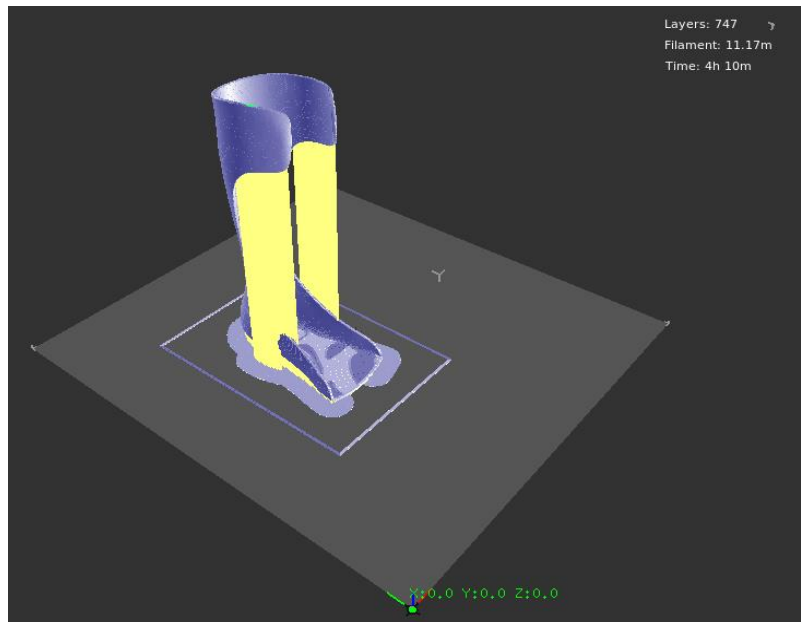


Fonte: Thingiverse (2022)

Nesta fase é transferido o arquivo para o *software* Voxelizer 64 Bit a fim de realizar a programação da impressão da peça, definindo-se a espessura da camada, a velocidade da impressão, tipo de material que será utilizado, e a inserção de suportes.

A simulação da peça impressa mostra que será utilizado 11 metros e 20cm de filamento, totalizando um gasto de 4 horas e 10 minutos para realizar a impressão da peça, seguindo os detalhes do arquivo no formato G-Code, apresentada na Figura 4.

Figura 4 – Representação gráfica do G-Code



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Para este trabalho de fabricação da órtese ortopédica infantil foi utilizada uma impressora do tipo FDM, utilizando o filamento ABS, figura 5.

Figura 5 – Impressora 3D modelo FDM



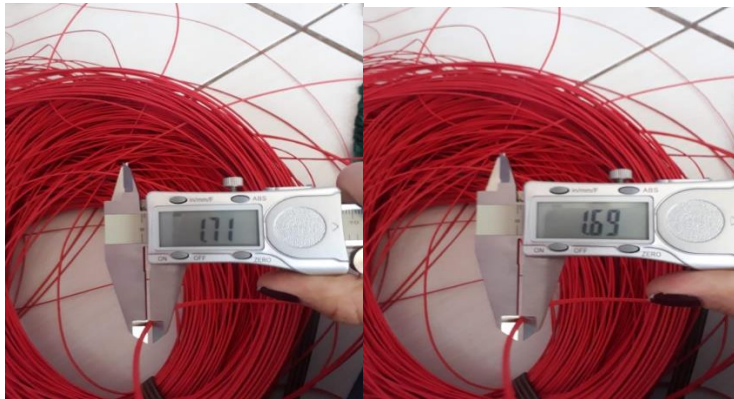
Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Foram estabelecidos dois parâmetros: a porcentagem em 50% preenchimento, a utilização do filamento ABS. E para os parâmetros fixos estabelecidos para a impressão do órtese de punho com a espessura da camada de 0,2 mm, a velocidade de impressão 70 mm/s, a estratégia de preenchimento *honeycomb* (casinha de abelha), o diâmetro do filamento 1.75 mm e o número de camadas 4.

RESULTADOS

Primeiramente foi realizada a fabricação do filamento com o polímero ABS reciclado, utilizando a temperatura de 220°C foi possível atingir o diâmetro entre 1.71 mm e 1.69 mm, como apresentado na Figura 6.

Figura 6 - Medição do diâmetro do filamento ABS reciclado



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Em seguida foi realizada a impressão da órtese ortopédica infantil, conforme a figura 7.

Figura 7 – Ortese Ortopédica Infantil



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Após a impressão, houve a necessidade de realizar os ajustes, utilizando os seguintes objetos: uma espuma de algodão e uma fita de velcro para finalização do processo, a figura 8 apresenta o modelo pronto.

Figura 8 – Órtese Ortopédica Infantil



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Uma vez montada, a órtese ortopédica pediátrica provavelmente será totalmente funcional para quem necessita de imobilização, com as vantagens de ser confortável, fácil de limpar e totalmente moderna.

Vale ressaltar que o trabalho de Santos et al (2020) teve como objetivo na fabricação de uma órtese para punho, por meio da impressora 3D utilizando o polímero PLA material reciclado, mas neste estudo foi desenvolvido dois modelos de órtese, sendo que o primeiro produto desenvolvido identificou as não conformidades devido o seu formato ele se torna uma peça frágil. Por isso optou-se em desenvolver um segundo modelo, onde houvesse a necessidade de moldar este processo, conforme Figura 9.

Figura 9 - Órtese para punho



Fonte: Santos et al (2020)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho possibilitou conhecer de forma mais ampla a Indústria 5.0 e seus benefícios, permitindo a confecção experimental de uma Órtese Infantil para membros inferiores através da impressão 3D com o uso de material reciclável, e de baixo custo. A impressão utilizou filamento com o polímero ABS. Não foram apresentados no decorrer da impressão experimental surpresas no que tange à problemas relacionados à materialização do produto. Na finalização da peça foi feita a forração na parte inferior para possibilitar mais conforto a criança.

O produto obtido como resultado final é excelente, durável e econômico. A expectativa é que a Órtese possa atender o maior número possível de crianças, por um preço viável a comunidade.

REFERÊNCIAS

CURY, V. C. R; ST; FONSECA, TIRADO, M. G. A. **Efeitos do uso de órtese na mobilidade funcional de crianças com paralisia cerebral.** Rev. bras. fisioter, v.10, n. 1, p. 67-74, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-3552006000100009>. Acesso em 28 abr. 2022.

JÚNIOR, Irapuan Glória; DOS REIS, João Gilberto Mendes. **Indústria 4.0 e Sociedade 5.0: visões comparadas.** Research, Society and Development, v. 10, n. 11, p. e23101119192-e23101119192, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/19192/17220>. Acesso em: 21 abr. 2022.

LIANZA, S. **Medicina de reabilitação.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1995.

MAESTRI, Gabriela et al. **Revoluções tecnológicas e a relação com o setor têxtil: perspectivas baseadas em indústria 3.5, indústria 4.0 e indústria 5.0.** Revista Eletrônica Perspectivas da Ciência e Tecnologia - ISSN: 1984-5693, v. 13, 2021. Disponível em: <https://revistascientificas.ifrj.edu.br/revista/index.php/revistapct/article/viewFile/1989/1260>. Acesso em 21 abr. 2022

NETO, João de Barros. **O Administrador hoje: Uma profissão diante da complexidade**. In: MOREIRA, Eduardo Fernandes Pestana; MARTYNIUL, Valdenise Lezier (org.). Tendências da administração em debate. São Paulo: Estação das Letras e Cores Editora, 2021. p. 20-34. Disponível em: [https://www.pucsp.br/sites/default/files/2021-](https://www.pucsp.br/sites/default/files/2021-09/Tende%CC%82ncias%20da%20Administrac%CC%A7a%CC%83o%20em%20Debate.pdf)

[09/Tende%CC%82ncias%20da%20Administrac%CC%A7a%CC%83o%20em%20Debate.pdf](https://www.pucsp.br/sites/default/files/2021-09/Tende%CC%82ncias%20da%20Administrac%CC%A7a%CC%83o%20em%20Debate.pdf) . Acesso em 21 abr. 2022

SANTOS, L.M.; ROCHA, D. S.G.M.; CARNEIRO, M.L.; LUZ, M.P. Tipos de polímeros utilizados como materia prima no metodo de manufatura aditiva por FDM: uma abordagem conceitual. **XXXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção** – “A Engenharia de Produção e suas contribuições para o desenvolvimento do Brasil”, Maceio, 2018. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_268_536_36043.pdf

SANTOS, L.M.; XAVIER, E.A.; VALE, J.F.F; CARNEIRO, M.L.; GOMES, D.A. O uso da manufatura aditiva para o desenvolvimento de uma ortese para punho utilizando material reciclado. **XL Encontro Nacional de Engenharia de Produção – Contribuições da Engenharia de Produção para a Gestão de Operações Energéticas Sustentáveis**, Foz do Iguaçu, 2020. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_346_1777_40912.pdf

TEIXEIRA, E; S.; FRANÇOISE, N.; SANTOS, L. S. B.; SANTOS, O.; CRISTINAM. **Terapia ocupacional na reabilitação física**. Editora Roca, 2003.

VOLPATO, Neri. **Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D**. São Paulo: Editora Blucher, 2017.