

Viabilidade De Órtese Eletrônica De Baixo Custo Via Impressora 3d A Partir De Compósito Polimérico Reforçado Por Fibras Naturais: Uma Revisão Da Literatura No Campo Da Fisioterapia

Viability Of Low Cost Electronic Orthesis Via 3d Printer From Polymeric Composite Reinforced By Natural Fibers: A Literature Review In The Field Of Physiotherapy

Karen Silva Pacheco de Oliveira

GRADUANDA DO CURSO DE FISIOTERAPIA DO CENTRO UNIVERSITÁRIO SÃO JOSÉ

Ana Claudia da Cruz Santos Dias

MESTRANDA EM EDUCAÇÃO E DOCENTE DO CENTRO UNIVERSITÁRIO SÃO JOSÉ

Jôse Maria Leite da Silva

MESTRE EM DESENVOLVIMENTO LOCAL E DOCENTE CENTRO UNIVERSITÁRIO SÃO JOSÉ

SÃO JOSÉ; UNISJ – RIO DE JANEIRO

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi fazer uma revisão de literatura por intermédio da seleção e análise de estudos clínicos que investigassem os modelos de órtese para membros superiores, especificamente os tipos utilizados e valores de mercado e, assim, produzir uma visão ampliada dessa demanda. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), em um aspecto mundial, mais de um bilhão de pessoas convivem com alguma forma de deficiência. No Brasil, dados censitários de 2010 evidenciaram que 18,4% da população, dispõem de algum tipo de deficiência física. Estima-se que dentre as pessoas com deficiência física que demandam a utilização da órtese, unicamente 10%, têm acesso a elas. Isso decorre do custo elevado dos equipamentos de tecnologia assistiva, que abrangem valores entre R\$ 20.000 e R\$350.000. O objetivo dessa pesquisa é entender a necessidade de desenvolver um dispositivo assistivo que coadjuva com o sistema muscular, possibilite a redução de custos, seja leve, duradouro e de fácil manutenção. Com a finalidade de atuação por meios eletrônicos, para desenvencilhar movimentos de pinça para auxiliar nas funções fundamentais da mão, ambiciona-se a utilização de impressora 3D. O uso desta permite um alto nível de customização com a incorporação de fibras naturais, de baixo custo, em um compósito de matriz polimérica. Com isso, possibilita mitigar impactos advindos de disposição de fibras naturais, como exemplo das cascas de coco em aterros e, conseqüentemente, defender o uso sustentável para esse resíduo, proporcionando uma alternativa viável, com a finalidade precípua de que o deficiente físico reconquiste sua autonomia e aumentar a possibilidade de aquisição já que o sistema público de saúde (SUS) não oferece esta modalidade de órtese.

Palavras-chave: Deficiente físico. Tecnologia assistiva. Órtese. Materiais compósitos. Fibras de coco. Impressora 3D.

ABSTRACT

The objective of this research was to carry out a literature review through the selection and analysis of clinical studies that investigated the orthosis models for upper limbs, but specifically the types used and market values and, thus, to produce an expanded view of this demand. World Health Organization (WHO), in a global aspect, more than one billion people live with some form of disability. In Brazil, 2010 census data showed that 18.4% of the population has some kind of physical disability. It is estimated that among people with physical disabilities who demand the use of the orthosis, only 10% have access to them. This is due to the high cost of assistive technology equipment, which ranges from R \$ 20,000 to R \$ 350,000. The objective of this research is to understand the need to develop an assistive device that helps with the muscular system, enables cost reduction, is light, durable and easy to maintain. With the purpose of acting by electronic means, to untangle pinch movements to assist in the fundamental functions of the hand, the aim is to use a 3D printer. The use of this allows a high level of customization with the incorporation of low-cost natural fibers in a polymer matrix composite. This concludes the purpose of mitigating impacts arising from the disposal of natural fibers, as an example of coconut husks in landfills and, consequently, defending the sustainable use of this waste, enabling the idea of a viable alternative, with the primary purpose that the physically handicapped regain his autonomy and increase the possibility of acquisition since the public road (SUS) does not offer this kind of myoelectric functional orthosis.

Keywords: Physically disabled. Assistive technology. Orthosis. Composite materials. Coconut fibers. 3d printer

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), mais de um bilhão de pessoas convivem com alguma forma de deficiência físicaⁱ. Dessas pessoas, cerca de 190 milhões apresentam comprometimentos funcionais, variando de 11,8% em países desenvolvidos a 18% em países em desenvolvimento (OMS, 2012, p.28). No Brasil, informações do Censo de 2010 (IBGE, 2012, p.73) relatam que 23,9% da população, têm algum tipo de deficiência motora, visual, auditiva ou intelectual. A deficiência física corresponde a 18,4%, que pode limitar a realização de atividades de vida diária (AVDs) e a participação social.

A classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (OMS, 2012, p. 13) define deficiência como “problema nas funções ou nas estruturas do corpo, tais como um desvio importante ou uma perda”. Em todo o mundo, pessoas que convivem com algum tipo de deficiência apresentam piores perspectivas de saúde, níveis mais baixos de escolaridade e mais altos de pobreza, além de menor participação econômica e social em comparação com pessoas sem deficiência. (OMS, 2012, p. 16).

Estima-se que, dentre as pessoas com deficiência física que necessitam de órteses, próteses e meios auxiliares de locomoção (OPM), somente 10% têm acesso a elas (OMS, 2012, p.107). Isso ocorre, principalmente, pelo custo elevado dos equipamentos de tecnologias assistivas, que possuem valores entre R\$ 20.000,00 e R\$ 350.000,00, tornando-se, assim, financeiramente inviáveis para grande parte da população brasileira (DAVIDSON e SANTORELLI 2009; XAVIER, 2015). A órtese funcional dinâmica miolétrica não é oferecida pelo SUS, impossibilitando o acesso pela via pública. (MS, 2020).

Sabendo disso, nossa problemática consiste em pesquisar a viabilidade e o desenvolvimento de um protótipo de órtese de baixo custo, a partir do reaproveitamento de resíduos sólidos, para recuperação funcional da mão.

Uma órtese é um dispositivo assistivo que coadjuva com o sistema muscular. Deve ser acessível, leve, duradouro e de fácil manipulação (SANTOS et al., 2017). Para esse fim, as propriedades dos materiais utilizados e a força mecânica são fundamentais para o alto desempenho. As tecnologias 3D oferecem alta qualidade e possibilidades variadas de materiais, possibilitando a fabricação desses equipamentos em condições de adequada eficiência, aliada a custos acessíveis (KIM e JEONG, 2015).

Deste modo, destacar-se-á que uma das alternativas para viabilizar o acesso às OPMs seria o poli (ácido láctico) (PLA): um poliéster alifático produzido a partir de fontes renováveis, principalmente por meio da fermentação microbiológica do milho (TAKAHASHI, 2018) com adição de fibras naturais. Por se tratarem de matérias-primas naturais, sua utilização como insumos de reforço têm sido um passo importante rumo à sustentabilidade (FRONE, 2013). Além do mais, a inserção de tal matéria-prima ao processo produtivo evita seu acúmulo ou descarte em aterros sanitários e se testaria o desenvolvimento e aplicação de novos materiais na confecção de órteses e próteses.

Segundo um estudo mais recente publicado pela StEP Initiativeⁱⁱ (Parajuly et al., 2019), menos de 50% dos resíduos sólidos são conduzidos para unidades em que possam receber tratamento adequado. Dentre os resíduos sólidosⁱⁱⁱ, o Brasil produz cerca de 7 milhões de toneladas de coco por ano e esse material vem sendo disposto em aterros e lixões, provocando um enorme problema aos serviços municipais de coleta de lixo.

Portanto, justifica-se sustentar o objetivo em pesquisar a possibilidade de desenvolver uma órtese por meio de impressora 3D que, com a incorporação de fibras naturais em matriz PLA, permitirá a redução de custos e o aumento da competitividade econômica do equipamento. As fibras naturais são leves, resistentes e com ótima relação custo-benefício. Valendo-se da revisão da literatura, o desenvolvimento de tal equipamento com este tipo de tecnologia permitirá mitigar os impactos advindos da disposição das cascas de coco verde em aterros e conseguir uso sustentável para esse resíduo. Além de possibilitar uma alternativa viável para que o indivíduo possa readquirir sua autonomia ao realizar exercícios em adição à fisioterapia convencional ou para auxiliá-lo nas tarefas simples e cotidianas.

2 TERMINOLOGIA DE DEFICIÊNCIA. O PAPEL DA TECNOLOGIA NA REABILITAÇÃO

2.1 A deficiência através da história

Segundo o Relatório Mundial sobre deficiência (OMS, 2012, p.3), todas as pessoas têm ou terão deficiência temporária ou permanente em algum momento de suas vidas. Contribuem para isso fatores como: envelhecimento, aumento da população idosa, sobrevivência de bebês prematuros e de baixo peso.

A Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde^{iv} (CIF), segundo Cullinan (2010), avançou na compreensão e medição da incapacidade e relacionou-se aos problemas com o desempenho do corpo humano em três áreas interconectadas: deficiências, limitações de atividades e restrições.

A Convenção das Nações Unidas sobre os Direitos das Pessoas com deficiência (CDPD, 2006) nos assegura que deficiência é conceito em evolução e “resulta da interação entre pessoas com deficiência e barreiras comportamentais e ambientais que impedem sua participação plena e eficaz na sociedade de forma igualitária”. Assim, não se restringe ao indivíduo e nem pode ser único do indivíduo, e sim do ambiente a sua volta. Ela precisa ser abordada e cominada pela relação da pessoa com o meio onde vive na busca de identificar, analisar o espaço e os expedientes necessários, além das dificuldades enfrentadas no seu dia a dia.

A política de identidade dos movimentos sociais reflete o rompimento com premissas que embasavam a visão sobre deficiência. Um exemplo é a busca por novos termos substituindo os que indicavam a percepção de ser um fardo social, como “aleijados” ou “defeituosos” (JUNIOR, 2010). Precisa-se então, de um reporte ao passado e em suas diferentes épocas, a fim de identificar o “retrato” contemplado culturalmente sobre pessoas com deficiência física. “[...] podemos destacar a compreensão de que somos sujeitos imersos em processos históricos complexos, produtores e produzidos por tais processos” (BAPTISTA, 2006, p.23).

O primeiro relatório mundial sobre deficiência produzido em conjunto pela OMS e pelo Banco Mundial (OMS, 2011, p.7) pontua que estas pessoas geralmente têm problemas de saúde, menor nível de escolaridade, menos oportunidades econômicas e maiores taxas de pobreza do que as pessoas sem deficiência.

Isso se deve, em grande parte, à falta de serviços à disposição e aos muitos obstáculos que elas enfrentam no dia a dia (OMS, 2012). Estima-se que 1/5 deste total experimentam deficiências significativas como lesão medular, deficiências de mobilidade, comprometimento auditivo, visual, comunicação ou cognitivo e, são mais predispostos a resultados socioeconômicos adversos do que indivíduos sem deficiências.

O contingente de deficientes engloba pessoas como: deficientes mentais, deficientes físicos e/ou impossibilidade motora, amputados, surdos e mudos. As diferenças de definição têm importantes consequências para as políticas de apoio aos portadores de deficiência (REINKENSMEYER et al., 2017).

Entende-se deficiência que podem ser de nascença ou ter surgido em algum momento, em função de doença, envelhecimento ou acidente, concomitantemente com impactos negativos na capacidade de trabalho e interação com o meio físico e social e, ou consequências maiores que requerem apoio e assistências proporcionais (SENNA, 2013).

A fim de facilitar a inserção de pessoas com tais características físicas, foi criado um decreto que compreende orientações para assegurar o pleno exercício dos direitos individuais e sociais. O Decreto nº3.298, de 20 de dezembro de 1999, considera pessoas com deficiência quando enquadradas em uma ou mais das seguintes categorias: deficiência, deficiência permanente e incapacidade. Já o Art 4º define as categorias do portador de deficiência.^v

Entende-se que toda a peculiaridade que converge à perda permanente de funcionalidades, para fins legais, como uma definição simplória. Mas esta simplicidade influencia de forma decisiva quanto ao uso da implementação de políticas sociais inclusivas (SZWARCWLD et al., 2014).

2.2 Tecnologia assistiva e seus impactos na melhoria da qualidade de vida dos indivíduos

Pela primeira vez na legislação brasileira, o Decreto nº3.298 de 1999 regulamenta a Lei nº7853 sobre disposições à Política Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência. Ele traz, dentre outras considerações sobre TA, a seguinte definição:

Art 19. Consideram-se ajudas técnicas, para os efeitos deste decreto, os elementos que permitem compensar uma ou mais limitações funcionais motoras, sensoriais ou mentais da pessoa portadora de deficiência, com objetivo de permitir-lhe superar as barreiras da comunicação e da mobilidade e de possibilitar sua plena inclusão social (BRASIL, 1999).

Nesse decreto, são estipulados legalmente os parâmetros a respeito da TA (BRASIL, 1999). Em novembro de 2006 foi instituído o Comitê de Ajudas Técnicas (CAT), pelo decreto da Lei nº5.296/2004 (BRASIL, 2004), vinculado à Secretária Especial dos Direitos Humanos da Presidência da República (SEDH/PR). Este decreto garante atendimento prioritário às pessoas com deficiência e estipula normas técnicas e de acessibilidade a pessoas que compõem este grupo.

A lei foi criada para impulsionar os processos ligados ao desenvolvimento de TA no Brasil, com objetivo de oferecer apoio e subsídios para a formação de uma rede nacional integrada e a apresentação de propostas governamentais ligadas ao tema (SOARES et al, 2016, p. 8). Neste decreto, no capítulo VII, artigo 61, novamente aparecem ajudas técnicas e sua definição. São considerados ajudas técnicas os produtos, instrumentos, equipamentos ou tecnologia adaptados ou projetados para melhorar a funcionalidade da pessoa com deficiência (BRASIL, 2004). Neste contexto, tal decreto traz especificações distintas a respeito de TA, questões concernentes às linhas de crédito e isenção tributária sobre aquisição desse tipo de tecnologia (BRASIL, 2004).

Ainda, para adequada indicação do uso de uma tecnologia assistiva é fundamental que o profissional da saúde entenda as fases primordiais para reabilitação funcional, emocional e psicológica do indivíduo, de modo que a utilização desses recursos melhore a funcionalidade e participação social desse indivíduo. O processo de reabilitação de indivíduos com algum tipo de deficiência, especialmente a mão, é focado na manutenção e/ou restauração da funcionalidade (DELISA; FRONTERA, 2010).

Para tal, a mão, órgão efetor do membro superior, agrega estruturas anatômicas e características mecânicas capazes de desempenhar com grande eficiência tarefas motoras finas, como tocar piano, e grossas, como as executadas por um carateca para partir fibras de madeiras e tijolos. Aqui, o escopo do trabalho é limitado às funções das mãos e movimento desses membros (CALAIS-GERMAIN; LAMOTE, 2010, p.147). Ela é uma estrutura anatômica muito complexa que necessita do conjunto de movimentos articulares, contrações musculares e, assim, realizar movimentos precisos, coordenados e de força (VOIGHT et al., 2014 p.427). Quando ela segura um objeto, desenvolve o movimento de preensão ou agarra com a palma. Porém, existem vários tipos de preensão, classificados em três grandes: as preensões propriamente ditas, as preensões com gravidade e as preensões com ação. Além de preensão, também pode realizar percussões, contato e expressão gestual (KAPANDJI, 2000 p. 266).

A quantidade de pessoas com lesões em membros superiores vem crescendo significativamente nos últimos anos, precipuamente devido a lesões traumáticas (80% do total de casos) provocadas por ferimentos, por projéteis de arma de fogo, acidentes automobilísticos e de motocicletas, esportes e quedas (CRUZ, 2017). Estas lesões evidenciam grave repercussão sobre a vida familiar, profissional e qualidade de vida do deficiente físico, causando limitações, a começar de atividades básicas do dia a dia, como se alimentar, se vestir ou cuidar de si mesmo (BOS et al., 2016).

2.3 Órtese para membros superiores baseada na funcionalidade

Ingerências com órtese na reabilitação transitam pela história desde a primeira tala natural para fratura elaborada com galhos de árvore. Com o passar do tempo, os conceitos básicos continuam a ser seguidos. Entretanto, evoluções com novos materiais e exemplares estruturais e o engrandecimento do uso em muitas condições médicas favoreceram a maior utilização das órteses (CARVALHO, 2013).

Órtese, apesar da semelhança com prótese, tem derivação divergente. O termo órtese relaciona-se a um aparelho exoesquelético justaposto a uma parte do corpo e tem cambiado o termo tradicional, “imobilização”. Assim, um imobilizador é um aparelho que viabiliza movimento na articulação à medida que uma tala não o permite (VOIGHT et al., 2014, p.411).

Sobre a nomenclatura, atualmente a terminologia é designada de acordo com a sua peculiaridade e anatomia humana. Ou seja, vale-se de dois critérios: a região anatômica envolvida e as funções ou as implicações que as órteses proporcionam.^{vi}

Isto posto, as órteses podem ser conceituadas de acordo com a sua aplicabilidade ou conforme ao sistema de confecção. Quanto à aplicabilidade, elas podem ser sub classificadas em:

- a. Estáticas ou passivas – Quando a utilização tiver como objetivo o repouso, imobilização, correção e proteção do segmento comprometido;
- b. Dinâmicas ou funcionais – Nesse caso, as órteses possibilitam o movimento articular, e são indicadas com o objetivo de auxiliar, limitar ou direcionar movimentos (JENSEN et al., 2018).

A especificação das órteses, de acordo com o sistema de fabricação, pode ser dividida em: pré-fabricadas, pré-fabricadas ajustáveis e fabricadas sob medida. As órteses pré-fabricadas (ajustáveis ou não) estão disponíveis no mercado e já prontas para sua utilização, contudo, as órteses confeccionadas sob medida permitem atender as indicações específicas da prescrição. Porém, demandam tempo e custo de fabricação maiores (YAP et al., 2017).

Segundo Copaci et al (2018), para o processo de reabilitação com movimento, pensando no deficiente que deve adquirir autonomia e domínio, órteses mioelétrica possuem abertura e fechamento da mão através da ação muscular. Devido à inovação tecnológica, são as mais modernas encontradas no mercado atualmente. Sua tecnologia em produzir movimento pode ser medida através de sinais mioelétrico. O respectivo sistema opera por uma fonte de energia externa ao corpo concomitante com o emprego da contração dos músculos. Possuem a característica de gerar pulsos elétricos, possibilitando assim movimentos para mais próximo dos normais.

As órteses mioelétricas têm seu fundamento na robótica. Isto posto, existem diversificadas formas de aprimorar o mecanismo, com a finalidade de produzir movimentos similares aos do membro humano, com a utilização de atuadores que dispunham de peculiaridades de reversão de sentido para cada grau de liberdade, preservando a cinemática do movimento, e tornando-a equivalente ao real (LOPES et al., 2014).

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Esta pesquisa trata-se de uma revisão de literatura, realizada nas bases de dados multidisciplinares e nas bases específicas na área de saúde no período de janeiro a Agosto de 2020. As bases de dados utilizadas foram: Scientific Eletronic Library Online (SCIELO), ferramenta Google Acadêmico, Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (MEDLINE / PUB MED). Como critérios de inclusão foram selecionados artigos científicos de revistas indexadas das bases supracitadas em espanhol, inglês e português, que abrangessem o período 2011 a 2020.

Foram excluídos os artigos que não atendem aos critérios de inclusão selecionados; os duplicados; com órtese especificamente para mão, impressão 3D e deficientes físicos.

Esta revisão estabelece cinco critérios: a) Identificar e superar as limitações técnicas acima mencionadas e fabricar, ou melhor, imprimir órteses para mão, utilizando dispositivos e materiais atuais, baratos e disponíveis no mercado; b) Definir experimentos descritos focados na fabricação de que podem ser eventualmente usados no campo da substituição de órtese de mão; c) Analisar premissa básica pensando em o uso de uma impressora 3D comum e comercialmente disponível e material PLA com a incorporação de fibras naturais, de baixo custo, em um compósito de matriz polimérica; d) Apresentar a revisão. Foram levantados artigos que abordassem órtese de mão, deficientes físicos, compósitos, fibras naturais, órteses mioelétricas e impressão 3D.

As questões das investigações foram: É viável desenvolver um protótipo de órtese, de baixo custo, a partir do reaproveitamento de resíduos sólidos, para recuperação funcional da mão? O emprego da impressora 3D está aumentando a tal ponto que, no futuro, será oportuno para barretar os custos da produção, com fabricação impressas, mostrando-se extremamente útil? É possível produzir órteses a partir dessa nova tecnologia, tão funcionais quanto as antigas e, conseqüentemente, possibilitar autonomia para indivíduos com deficiência física?

4 RESULTADOS

Após a busca de dados, foram localizadas 217 produções, totalizando 31 na base Scielo, 32 na base LiLacs, 19 na base Medline, 83 na base Pubmed e 52 na base Academy Google. Todos os títulos e resumos foram lidos, respeitando os critérios utilizados para inclusão e exclusão. Foram excluídos os artigos que não se referiam à temática de deficientes físicos, especificamente de mensuração da criação de órteses ou contribuiu diretamente e com relevância na formatação do estudo. Sendo assim selecionando 12 (doze) artigos para os estudos e análise detalhada. Para expor os estudos selecionados, foram criados o quadro um, a seguir.

Quadro 1 – Artigos publicados nos anos de 2015-2020 sobre indicadores de deficientes físicos.

BASE DE DADOS	TÍTULOS		RESUMOS		ARTIGOS	
	Total	Aceitos	Total	Aceitos	Total	Aceitos
SCIELO	31	11	9	6	6	0
LILACS	32	9	7	5	1	0
MEDLINE	19	10	8	4	2	0
PUBMED	83	20	16	16	16	15
ACADEMY GOOGLE	52	18	12	8	8	0
Total	217	68	52	41	33	15

Fonte: elaborado pelos autores, 2020.

O quadro dois relaciona os artigos que serviram de base para aprofundamento das pesquisas na questão da deficiência física, que relatam o alto custo em suas fabricações e que uma das alternativas é a aplicação da tecnologia de impressão 3D para o desenvolvimento de novas órteses como dispositivos resistentes baseados em tecnologias simples e de baixo custo.

Quadro 2 - Relação dos artigos base, publicados sobre órtese, impressão 3D, fibras naturais de acordo com a base de dados, 2020.

BASES	AUTOR	TÍTULO	ANO
Pubmed	Burger H	Can the International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) be used in a prosthetics and orthotics outpatient clinic?	2011
Pubmed	Lusard et al	Orthotics in Neurorehabilitation	2013
Pubmed	Wong et al	The optimal orthosis and motion protocol for extensor tendon injury in zones IV–VIII: A systematic review	2017
Pubmed	Barrios-Muriel et al	Advances in Orthotic and Prosthetic Manufacturing: A Technology Review	2020
Pubmed	Yoo et al	Development of 3D-printed myoelectric hand orthosis for patients with spinal cord injury	2019
Pubmed	Pundik et al	Use of a myoelectric upper limb orthosis for rehabilitation of the upper limb in traumatic brain injury: A case report	2020
Pubmed	Ligon et al	Polymers for 3D Printing and Customized Additive Manufacturing	2017
Pubmed	Gregor et al	Designing of PLA scaffolds for bone tissue replacement fabricated by ordinary commercial 3D printer	2017
Pubmed	Jiang et al	Extrusion 3D Printing of Polymeric Materials with Advanced Properties	2020
Pubmed	Rajak et al	Extrusion 3D Printing of Polymeric Materials with Advanced Properties	2020
Pubmed	Hong et al	Quantitatively Characterizing the Chemical Composition of Tailored Bagasse Fiber and Its Effect on the Thermal and Mechanical Properties of Polylactic Acid-Based Composites	2019
Pubmed	Sayadi et al	Construction and Building Materials	2018
Pubmed	Hidalgo-Sazar et al	Injection Molding of Coir Coconut Fiber Reinforced Polyolefin Blends: Mechanical, Viscoelastic, Thermal Behavior and Three-Dimensional Microscopy Study	2020

Fonte: Elaborado pelo autor 2020



5 DISCUSSÃO

Foram selecionados 13 artigos que tiveram relação direta com a temática: deficientes físicos, órtese de mioelétrica, tecnologia assistiva, impressora 3D. Os demais contemplaram outros pontos correlacionados e relevantes à produção, tais como: compósitos e fibras de coco.

O uso de recursos de tecnologia assistiva, como órtese, oferece ao indivíduo com deficiência igualdade de oportunidades diante dos desafios da vida, com consequente melhoria de sua qualidade de vida e participação social (BURGER, 2011). Estas tecnologias também são fundamentais para os serviços de saúde em geral, em todo o mundo, já que subtraem os gastos totais com a saúde dos indivíduos com deficiência, promovendo a diminuição dos dias de internação hospitalar e de reabilitação, assim como a redução do consumo de outros serviços de saúde no futuro (LUSARDI, et al. 2013). Segundo Organização Mundial de Saúde (2012 p.12), dentre as pessoas com deficiência física que necessitam de órteses, próteses e meios auxiliares de locomoção, somente 10% têm acesso a elas. Isso ocorre, principalmente, pelo custo elevado dos equipamentos de tecnologias assistivas. Um dos fatores que influencia os preços dos equipamentos no Brasil é o material estrangeiro, onde não há empresas que confeccionam esse tipo de tecnologia. Assim, é necessário importar alguns componentes. Isso contribui para um acréscimo ao preço final, além de impossibilitar a manutenção pela carência de peças para reposição (WONG et al., 2017). O SUS não oferece acesso a tal. (Ministério da Saúde, 2020)

Para Burger (2011), nos últimos anos, a tecnologia passou a desempenhar um papel muito importante na análise e na obtenção dados, tanto cinéticos como cinemáticos, do indivíduo submetido a estudo, o que se deve, principalmente, aos avanços na Medicina, que aumentam a expectativa de vida da população. Mas também promove o aumento da incidência de condições crônicas e, logo, ao crescimento do número de pessoas portadoras de deficiência.

Barros-Muriel et al (2020) expõe a realidade que a maioria dos dispositivos de reabilitação são projetados e feitos à mão por ortopedistas. O processo de fabricação requer tempo e depende da expertise do especialista para obter produtos com características funcionais que correspondam à dinâmica única de cada sujeito. Assim, a necessidade de produtos sob medida, como órteses e dispositivos auxiliares, é uma necessidade explícita, considerando a evolução da tecnologia durante o início deste século.

YOO et al (2019) complementa que apesar dos avanços tecnológicos, a maioria das opções de tratamento atuais visa minimizar as complicações. Portanto, as órteses têm sido um suporte da reabilitação, contudo, a maioria das órteses são de plástico moldado rígido e usadas para endireitar deformidades das mãos ou reparar contraturas e, têm limitações no que diz respeito a fornecer movimentos funcionais. Além disso, órteses manuais com alimentação externa raramente são comercializadas devido ao seu alto custo e estética pobre.

Deste modo, Xavier (2016) assinala que a confecção de equipamentos de baixo custo seria uma boa alternativa. Desta forma, aumenta-se a chance para aquisição. Contudo, Pundik et al (2020), em seu relato de caso, demonstra o benefício potencial do uso de uma órtese mioelétrica de cotovelo-punho-mão na reabilitação baseada no aprendizado motor de déficits de membros superiores em um indivíduo com lesão cerebral crônica. Ele demonstra que o uso de órteses mioelétricas pode ter um benefício terapêutico além do efeito ortótico previamente demonstrado. Assim, o efeito terapêutico refere-se a melhorias na deficiência, definidas pela Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF) como alterações relacionadas a “problemas na função e estrutura corporal” e, o efeito ortótico como melhorias funcionais que são possíveis durante o uso da órtese que aumentam a atividade e a participação do indivíduo. Ligon et al (2017) ressalta que a aplicação da tecnologia de impressão 3D para o desenvolvimento de novas órteses é considerada um caminho promissor para redução de custos com fabricação rápida em comparação com as órteses de metal anteriores. Na atualidade, muitas publicações fazem referência ao uso da impressão 3D no desenvolvimento de novas órteses.

Para Gregor et al (2017) um dos materiais da manufatura aditiva como PLA, que é um material biodegradável e normalmente usado em vários fins, inclusive para fins de substituição de tecido ósseo, logo, muito utilizado como “feed” de impressão 3D. Desta forma, avoca que as deficiências da manufatura aditiva podem ser vistas como áreas de

oportunidade e, de fato, é em resposta a esses problemas que surgiu a maioria dos novos desenvolvimentos no campo de processos e materiais para impressão 3D e fabricação de aditivos personalizados.

Portanto, Ligon et al (2017) dispõe que uma das deficiências em relação resistência mecânica, conforme a aplicação da manufatura aditiva, progride da prototipagem para a fabricação de peças para o usuário final. A funcionalidade dessas peças deve corresponder ou superar o desempenho dos produtos fabricados usando tecnologias subtrativas e formativas. Apesar de inúmeras atividades de pesquisa, os produtos produzidos são inferiores no que diz respeito às propriedades mecânicas. Além disso, devido ao processo de produção em camadas, as propriedades mecânicas das peças tendem a ser anisotrópicas, com a fronteira entre as camadas adjacentes representando regiões enfraquecidas com tensões residuais máximas em aplicações onde a integridade mecânica ocasiona uma grande inquietação.

Todavia, Jing et al (2020) sinaliza que a possibilidade de melhoria dos materiais poliméricos imprimíveis em 3D está impulsionando o crescimento neste campo. Por isso, Rajak et al (2020) relata que o composto de polímero reforçado com fibras naturais oferece não apenas uma alta relação resistência/peso, mas também revela propriedades excepcionais, como alta durabilidade; rigidez; propriedade de amortecimento; resistência à flexão; e resistência à corrosão, desgaste e impacto. À vista disso, o desempenho dos materiais compósitos depende predominantemente de seus elementos constituintes e técnicas de fabricação.

Contudo, Sayadi et al., (2018) reforça que o PLA encontrou uma ampla gama de aplicações em embalagens, medicina biológica, indústria automotiva, têxteis, utensílios descartáveis, construção civil e impressão 3D. Assim sendo, Hong et al (2019) coloca como possibilidade o ácido polilático (PLA) uma das matérias-primas mais utilizadas para a preparação de compósitos verdes: um poliéster termoplástico alifático que possui propriedades mecânicas, térmicas e de barreira comparáveis aos plásticos comuns comerciais.

Muitos pesquisadores relataram as vantagens das fibras naturais, como as fibras de coco, por ser abundantemente disponível na natureza, não tóxico, renovável, com boa relação custo-benefício. Desta forma, Kajak et al (2019) caracteriza que fibras naturais fornecem a ligação necessária com a matriz para melhorias significativas nas propriedades, como durabilidade, tenacidade, capacidade de flexão, e resistência ao impacto de um material. Para tal fim, Hidalgo-Sazar (2020) afirma que as fibras naturais têm potencial para serem utilizadas em diversas aplicações como automotivas, construção civil, reforço de matriz devido seu baixo custo quando comparado a fibras tradicionais. Quando utilizadas para aprimorar matriz poliméricas apresentam algumas vantagens como redução do excesso de peso, minimização de dependência de recursos petrolíferos, menores custos e emissão de CO₂, reciclagem, entre outros.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que, tanto o produto fornecido pelo SUS quanto boa parte das órteses mioelétricas encontrados no mercado brasileiro não se adequam perfeitamente aos indivíduos, gerando necessidade de ajustes constantes ou até mesmo a troca do dispositivo e, seus altos valores tornam-nas inviáveis para grande maioria de deficiente físico.

As tecnologias 3D oferecem alta qualidade e possibilidades variadas de materiais, portanto, possibilitando a fabricação desses equipamentos em condições de adequada eficiência, aliado a custos acessíveis. A incorporação de fibra como reforço de matriz polimérica pode colaborar para a melhoria da sociedade em vários aspectos como: a diminuição do descarte inadequado do coco e a confecção de órteses para reabilitação do deficiente físico, de modo que possa reconquistar sua autonomia e aumentar a possibilidade de aquisição. Além disso, a abundância deste tipo de matéria-prima no Brasil pode propiciar o barateamento do produto, oportunizando a eficiência da reabilitação e o tratamento de indivíduos. Ressalta-se também o impacto positivo no campo econômico e, sobretudo no social, haja vista a possibilidade de retomada da autonomia daqueles que se beneficiarão do produto.

7 REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Saúde. **Redes Estratégicas do SUS e Biopolítica: cartografias da gestão de políticas públicas**. 2016. Disponível em <<https://repositorio.observatoriodocuidado.org/handle/handle/2583>> Acesso em: 1 jun. 2020.

_____. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 7 de jul. 2015.

_____. Ministério do Desenvolvimento Social (MDS). **Orientações sobre o Serviço de Acolhimento Institucional para Jovens e Adultos com deficiência em Residências Inclusivas**, 2014. Disponível em: <<http://www.mds.gov.br/>> Acesso em: 22 mar. 2020.

_____. Ministério do Trabalho e Emprego. **Características do Emprego Formal segundo a Relação Anual de Informações Sociais (RAIS)**. 2012. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/sine/postos-do-sine/uf/sc.htm>> Acesso em: 22 mar. 2020.

_____. Ministério do Trabalho e Emprego. **O que é o SINE**, 2011. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br/sine/oquee.asp>>. Acesso em: 22 mar. 2020.

_____. **Decreto n. 3.298**. Regulamenta a Lei nº 7.853, de 24 de outubro de 1989, dispõe sobre a Política Nacional para a Integração da Pessoa Portadora de Deficiência, consolida as normas de proteção, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 21 de dez. 1999. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d3298.htm> Acesso em: 25 mar. 2020.

BARRIOS-MURIEL, J., ROMERO-SÁNCHEZ, F., ALONSO-SÁNCHEZ, F. J., & RODRÍGUEZ SALGADO, D. (2020). Advances in Orthotic and Prosthetic Manufacturing: A Technology Review. **Materials**, Basel, Switzerland, 13(2), 295, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/ma13020295>>.

BURGER, H. Can the international classification of functioning, disability and health (ICF) be used in a prosthetics and orthotics outpatient clinic? **Prosthet Orthot Int**, v. 35, n3, 2011.

BOSE, S., KE, D., SAHASRABUDHE, H., & BANDYOPADHYAY, A. (2018). Additive manufacturing of biomaterials. **Progress in materials science**, 93, 45–111, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2017.08.003>>.

CALAIS-GERMAIN, BLANDINE; LAMOTTE, ANDRÉE. **Anatomia para o movimento**. 2ª ed. Barueri: Ed. Manole, 2010. 302 p., v.2.

CARVALHO, José André. **Órteses um recurso terapêutico complementar**. 2ª. Ed. Barueri: Manole, 2013, 400 p.

CLARKE, L.; DILLON, M.; SHIELL, A. Health economic evaluation in orthotics and prosthetics: a systematic review protocol. **Systematic reviews**, v. 8, n. 1, p. 152, 2019.

CRUZ, G. G. F. **Classificação dos movimentos da mão baseados na aquisição não invasiva de sinais mioelétricos provenientes dos músculos do antebraço através de redes neurais artificiais**, 96f. – Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Eletrônica) – Curso Superior de Engenharia Eletrônica – UFSC, Santa Catarina, 2017.

CULLINAN, J.; GANNON, B.; LYONS, S. Estimating the extra cost of living for people with disabilities. **Health economics**, v. 20, n. 5, p. 582-599, 2011.

DAVIDSON, C.; SANTORELLI, M. S. **The impact of broad band on people with disabilities**. Washington: United States Chamber of Commerce, 2009, 83p. Disponível em: <<https://www.yumpu.com/en/document/read/48017312/the-impact-of-broadband-on-people-with-disabilities>> Acesso em: 26 mar 2020.

DICIANNO, B. E.; JOSEPH, J.; ECKSTEIN, S.; ZIGLER, C. K.; QUINBY, E.; SCHMELER, M. R.; SCHEIN, R. M.; PEARLMAN, J.; COOPER, R. A. The Voice of the Consumer: A Survey of Veterans and Other Users of Assistive Technology. **Military medicine**, v. 183, n. 11-12, p. e518-e525, 2018.

FRONE, A. N.; BERLIOZ, S.; CHAILAN, J. F.; PANAITESCU, D. M. Morphology and thermal properties of PLA–cellulose nanofibers composites. **Carbohydrate polymers**, v. 91, n. 1, p. 377-384, 2013.

GREGOR, A., FILOVÁ, E., NOVÁK, M., KRONEK, J., CHLUP, H., BUZGO, M., BLAHNOVÁ, V., LUKÁŠOVÁ, V., BARTOŠ, M., NEČAS, A., & HOŠEK, J. (2017). Designing of PLA scaffolds for bone tissue replacement fabricated by ordinary commercial 3D printer. **Journal of biological engineering**, 11, 31, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/s13036-017-0074-3>>.

HIDALGO-SALAZAR, M. A., CORREA-AGUIRRE, J. P., GARCÍA-NAVARRO, S., & ROCA-BLAY, L. (2020). Injection Molding of Coir Coconut Fiber Reinforced Polyolefin Blends: Mechanical, Viscoelastic, Thermal Behavior and Three-Dimensional Microscopy Study. **Polymers**, 12(7), 1507, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/polym12071507>>

HONG, H., XIAO, R., GUO, Q., LIU, H., & ZHANG, H. (2019). Caracterização quantitativa da composição química da fibra de bagaço sob medida e seu efeito nas propriedades térmicas e mecânicas de compósitos à base de ácido polilático. **Polymers**, 11 (10), 1567, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/polym11101567>>

IBGE. Censo Demográfico 2010. **Características Gerais de População, Religião, e Pessoas com Deficiência**, Brasília, DF; 2012. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.br/visualizacao/periodicos/94/cd_2010_religiao_deficiencia.pdf> Acesso em 25 mar. 2020.

JENSEN, E. F.; RAUNSBÆK, J.; LUND, J. N.; RAHMAN, T.; RASMUSSEN, J.; CASTRO, M. N. Development and simulation of a passive upper extremity orthosis for amyoplasia. **Journal of rehabilitation and assistive technologies engineering**, v. 5, mar., 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/2055668318761525>,> Acesso em: 25 mar. 2020.

JIANG, Z., DIGGLE, B., TAN, M. L., VIKTOROVA, J., BENNETT, C. W., & CONNALL, L. A. (2020). Extrusion 3D Printing of Polymeric Materials with Advanced Properties. **Advanced science**, Weinheim, Baden-Wurttemberg, Germany, 7(17), 2001379, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/advs.202001379>>.

JUNIOR, E. A.; MELLO, G. A. F.; IMENES, M.P. **Prótese mioelétrica para membro superior**, 100f. Projeto de monografia com exigência parcial para conclusão do curso (Engenharia Mecânica) - Universidade São Francisco, Campinas, 2016.

LOPES, R.F.G. **Processo de conversão A/D para aquisição de sinais mioelétricos**, 72 f. Tese (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica de Computadores) – Universidade do Porto, Porto, 2014.

LUSARDI, M. M.; BOWERS, M. Orthotic Decision Making in Neurological and Neuromuscular Disease. IN: LUSARDI, M. M.; JORGE, M.; NIELSEN, C. C. Orthotics & Prosthetics in Rehabilitation.. Missouri: Elsevier Saunders, 2013.

KAPANDJI, A.I. **Fisiologia Articular: esquemas comentários de mecânica humana**. 5ª ed. Barueri: Ed. Manole, 2000.V.1, 298 p.

KIM, Huhn; JEONG, Seongwon. 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. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1007/s12206-015-1115-9>>. Acesso em: 2 jun. 2020.

LIGON, S. C., LISKA, R., STAMPFL, J., GURR, M., & MÜLHAUPT, R. (2017). Polymers for 3D Printing and Customized Additive Manufacturing. **Chemical reviews**, 117(15), 10212–10290, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.7b00074>>.

OMS. **Joint position paper on the provision of mobility devices in less-resourced settings: a step towards implementation of the Convention on the Rights of Persons with Disabilities (CRPD) related to personal mobility**. Genebra: Organização Mundial de Saúde; 2011. Disponível em: <https://www.who.int/disabilities/publications/technology/jpp_final.pdf>. Acesso em: 23 de mar. 2020.

PUNDIK, S., MCCABE, J., KESNER, S., SKELLY, M., & FATONE, S. . Use of a myoelectric upper limb orthosis for rehabilitation of the upper limb in traumatic brain injury: A case report. **Journal of rehabilitation and assistive technologies**

engineering, 7, 2020. Disponível em: <2055668320921067. <https://doi.org/10.1177/2055668320921067>>.

RAJAK, D. K., PAGAR, D. D., MENEZES, P. L., & LINUL, E. (2019). Fiber-Reinforced Polymer Composites: Manufacturing, Properties, and Applications. *Polymers*, 11(10), 1667, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/polym11101667>>.

REINKENSMEYER, D. J.; BLACKSTONE, S.; BODINE, C.; BRABYN, J.; BRIENZA, D.; CAVES, KEVIN; DERUYTER, F.; DURFEE, E.; FATONE, S.; FERNIE, G.; GARD, S.; KARG, P.; KUIKEN, T. A.; HARRIS, G. F.; JONES, M.; LI, Y.; MAISEL, J.; MCCUE, M.; MEADE, M. A.; MITCHELL, H.; MITZNER, T. L.; PATTON, J. L.; REQUEJO, P. S.; RIMMER, J. H.; ROGERS, W. A.; RYMER, W. Z.; SANFORD, J. A.; SCHNEIDER, L.; SLIKER, L.; SPRIGLE, S.; STEINFELD, A.; STEINFELD, E.; VANDERHEIDEN, G.; WINSTEIN, C.; ZHANG, LI-QUN; CORFMAN, T. How a diverse research ecosystem has generated new rehabilitation technologies: review of NIDILRR's rehabilitation engineering research centers. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, v. 14, n. 1, p. 109, 2017.

SENNA, M. Proteção Social à Pessoa com Deficiência no Brasil Pós-Constituinte. *SER Social*, v. 15, n. 32, p. 67-73, 30 set. 2013.

SZWARCWALD, C. L.; MALTA, D.C.; PEREIRA, C. A.; VIEIRA, M. L. F. P.; CONDE, W. L.; SOUZA JÚNIOR, P. R. B.; DAMACENA, G. N.; AZEVEDO, L. O.; AZEVEDO E SILVA G; THEME FILHA, M. M; LOPES, C. S. R. **The International Classification of Functioning. Disability and Health**. Geneva: World Health Organization, 2014.

YAP, H. K.; LIM, J. H.; NASRALLAH, F.; YEOW, C. H. Design and Preliminary Feasibility Study of a Soft Robotic Glove for Hand Function Assistance in Stroke Survivors. *Frontiers in neuroscience*, 11, 547, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00547>> Acesso em: 30 maio 2020.

YOO, H. J., LEE, S., KIM, J., PARK, C., & LEE, B. (2019). Development of 3D-printed myoelectric hand orthosis for patients with spinal cord injury. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 16(1), 162, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/s12984-019-0633-6>>.

XAVIER, R. T. Desenvolvimento de uma mão biônica e de um sistema eletrônico para estudo dos movimentos da mão. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE TECNOLOGIAS DE APOYO A LA DISCAPACIDAD, *Anais*. Punta Arenas: 2015, p. 211-214.

XAVIER, R.T. **Implementação de uma prótese ativa para membro superior de baixo custo**, 118 f. Dissertação – Mestrado em Engenharia Elétrica, UNESP, Ilha Solteira, 2016.

SIGTAP – Sistema de Gerenciamento da Tabela de Procedimentos, Medicamentos e OPM do SUS. Disponível em: <<http://sigtap.datasus.gov.br/tabela-unificada/app/sec/inicio.jsp>> Acesso em: 14 ago.2020.

WONG, A. L.; WILSON, M.; GIRNARY, S.; NOJOOI, M.; ACHARYA, S.; PAUL, S. M. The optimal orthosis and motion protocol for extensor tendon injury in zones IV-VIII: A systematic review. *Journal of hand therapy: official journal of the American Society of Hand Therapists*, 30(4), 447–456, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jht.2017.02.013>> Acesso em: 30 maio 2020.

ⁱ Deficiência física: “apresenta alterações completa ou parcial de um ou mais segmentos do corpo humano, acarretando o comprometimento da função física apresentando-se sob a forma de paraplegia, paraparesia, monoplegia, monoparesia, tetraplegia, tetraparesia, hemiplegia, hemiparesia, amputação ou ausência de membro, paralisia cerebral, membros com deformidade congênita ou adquirida, exceto as deformidades estéticas e as que não produzam dificuldades para o desempenho de funções”. (Lei nº 10.690 de 10 de junho de 2003).

ⁱⁱ Ligada à Universidade das Nações Unidas (UNU-ViE), a iniciativa StEP (do inglês E-waste Problem) é um esforço global colaborativo para reduzir drasticamente o lixo eletrônico. Valendo-se de mudanças nas políticas, o redesenho, a reutilização e a reciclagem de produtos, bem como da capacitação sobre o tema

ⁱⁱⁱ A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define resíduos sólidos como sendo resíduos nos estados sólidos e semissólidos, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola e de serviços. Esses resíduos são separados em orgânico e em inorgânico. Essa pesquisa será em torno dos orgânicos, que são compostos de restos de alimentos, folhas, galhos de árvores removidos por meio de sistema de poda, resíduos de frutos após extração e processamento, dentre outros.

^{iv} CIF- Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde pertence “família” das classificações internacionais desenvolvida pela Organização Mundial da Saúde (OMS) para aplicação em vários aspectos da saúde.

^v 1 - Deficiência física - alteração completa ou parcial de um ou mais segmentos do corpo humano, acarretando o comprometimento da função física, apresentando-se sob a forma de paraplegia, paraparesia, monoplegia, monoparesia, tetraplegia, tetraparesia, triplegia, triparésia, hemiplegia, hemiparesia, ostomia, amputação ou ausência de membro, paralisia cerebral, nanismo, membros com deformidade congênita ou adquirida, exceto as deformidades estéticas e as que não produzam dificuldades para o desempenho de funções (Redação dada pelo Decreto nº 5.296, de 2004)[...]

^{vi} Em concordância com as normas da ISO 8549-3:1989, tem-se: as terminologias e classificação das próteses e órteses devem ser aceitas e aplicadas no mundo inteiro, portanto se convencionou utilizar as iniciais em inglês das articulações ou dos segmentos corpóreos que estão envolvidos pelas órteses no sentido craniocaudal somadas à letra “O” que corresponde “orthosis”.