

Manufatura aditiva em palmilhas para prevenção e tratamento da úlcera do pé diabético: manual direcional

Additive manufacturing in insoles for the prevention and treatment of diabetic foot ulcer: directional manual

Fabricación aditiva en plantillas para la prevención y tratamiento de la úlcera del pie diabético: manual direccional

Recebido: 08/03/2023 | Revisado: 16/03/2023 | Aceitado: 17/03/2023 | Publicado: 22/03/2023

Ana Amancio Santos da Silvar

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6966-9528>

Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas, Brasil

E-mail: ana.amanciophysio@gmail.com

Cristiane Clemente De Mello Salgueiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1189-0937>

Universidade Estadual do Ceará, Brasil

E-mail: crismelloacp@gmail.com

Marcelo Araújo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9438-9376>

Universidade Estadual de Santa Cruz da Bahia, Brasil

E-mail: marceloaraujo@uesc.br

Luiz Clemente De Souza Pereira Rolim

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1546-6594>

Universidade Federal de São Paulo, Brasil

E-mail: rolim777@gmail.com

Karol Fireman de Farias

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1352-2513>

Universidade Federal de Alagoas, Brasil

E-mail: karol.farias@arapiraca.ufal.br

Vagner Rogério dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6034-6658>

Universidade Federal de São Paulo, Brasil

E-mail: vagner.rogerio@unifesp.br

Guilherme Benjamin Brandão Pitta

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2790-2015>

Universidade Federal de Alagoas, Brasil

E-mail: guilhermebbpitta@gmail.com

Resumo

As úlceras neuropáticas do pé diabético (UPD) precedem 85% das amputações e o *Diabetes Mellitus* é a principal causa de amputação de extremidades inferiores, a UPD está associada a neuropatia sensitiva, provocando a diminuição progressiva da sensibilidade, o paciente pode apresentar um quadro clínico de: incapacidade de sentir dores ou desconforto assim a fricção de calçados de tamanhos inadequados, objetos estranhos, ou lesões causadas por pisar em um objeto com os pés descalços, pode causar ulcerações. Nesse contexto, a presente pesquisa propõe descrever um manual direcional para Manufatura aditiva em palmilhas para prevenção e tratamento da úlcera do pé diabético, promovendo uma adaptação biomecânica e evitando amputações maiores e menores. Trata-se de um estudo descritivo referente ao desenvolvimento de um manual, realizado nas seguintes fases: pesquisa de anterioridade, levantamentos bibliográficos, registro da obra na biblioteca nacional e divulgação no formato do manual no formato de e-book. Ademais, o manual é uma ferramenta logística que perpassa pela elaboração da pesquisa e execução da prática clínica.

Palavras-chave: Manufatura; Diabetes; Úlcera do pé diabético; Manual.

Abstract

Diabetic foot neuropathic ulcers (UPD) precede 85% of amputations and Diabetes Mellitus is the main cause of amputation of lower extremities, the DPU is associated with sensory neuropathy, causing a progressive decrease in sensitivity, the patient may present a clinical picture from: inability to feel pain or discomfort so friction from improperly sized shoes, foreign objects, or injuries caused by stepping on an object with bare feet, can cause ulcers. In this context, this research proposes to describe a directional manual for Additive Manufacturing in insoles for the

prevention and treatment of diabetic foot ulcers, promoting a biomechanical adaptation and avoiding major and minor amputations. This is a descriptive study regarding the development of a manual, carried out in the following phases: prior art research, bibliographical surveys, registration of the work in the national library and dissemination in the manual format in e-book format. In addition, the manual is a logistical tool that permeates the development of research and execution of clinical practice.

Keywords: Manufacturing; Diabetes; Diabetic foot ulcer; Manual.

Resumen

Las úlceras neuropáticas del pie diabético (UPD) preceden al 85% de las amputaciones y la Diabetes Mellitus es la principal causa de amputación de las extremidades inferiores, la UPD se asocia a neuropatía sensorial, provocando una disminución progresiva de la sensibilidad, el paciente puede presentar un cuadro clínico de: incapacidad sentir dolor o incomodidad, por lo que la fricción de zapatos de tamaño inadecuado, objetos extraños o lesiones causadas por pisar un objeto con los pies descalzos pueden causar úlceras. En este contexto, esta investigación se propone describir un manual direccional de Fabricación Aditiva en plantillas para la prevención y tratamiento de las úlceras del pie diabético, promoviendo una adaptación biomecánica y evitando amputaciones mayores y menores. Se trata de un estudio descriptivo sobre la elaboración de un manual, realizado en las siguientes fases: investigación del estado de la técnica, levantamientos bibliográficos, registro de la obra en la biblioteca nacional y difusión en formato manual en formato e-book. Además, el manual es una herramienta logística que permea el desarrollo de la investigación y ejecución de la práctica clínica.

Palabras clave: Fabricación; Diabetes, Úlcera de pie diabético; Manual.

1. Introdução

As Diretrizes do Grupo Internacional do Pé Diabético (IWGDF) relata que as úlceras do Pé Diabético (UPDs) estão entre as complicações mais graves do Diabetes Mellitus, com risco de amputações e mortalidade (IWGDF, 2019). Segundo um estudo realizado no Brasil estima-se que 9,2 milhões de adultos são diabéticos no Brasil, destes 43.726 podem apresentar úlceras nos pés, metade deles teria uma úlcera infectada, 11.284 são amputados, necessitando de acompanhamento pós-amputação e manejo clínico (Toscan *et al.*, 2018). Corroborando essa informação, um estudo demonstra o ranking dos Estados que mais amputam no Brasil. (Silva *et al.*, 2021).

As Diretrizes do Grupo Internacional do Pé Diabético (IWGDF) recomendam que na presença de deformidade no pé ou um sinal pré-ulcerativo, deverá considerar a prescrição de calçados feitos sob medida, palmilhas e órteses para os dedos dos pés. (Schaper *et al.*, 2020).

Desse modo, as palmilhas em 3D podem possibilitar a prevenção e um tratamento promissor para cicatrização das UPDs, proporcionando alinhamento biomecânico e diminuição das pressões nas áreas de ulceração. A Palmilha personalizada é confeccionada sob medida para o pé do indivíduo usando impressão plantar, molde, espuma fenólica e/ou gesso. Confeccionada com materiais certificados e com apoio de contato total, proporcionando redistribuição/alívio da pressão plantar, amortecimento e alinhamento postural. (Schaper *et al.*, 2020).

A Úlcera do Pé Diabético (UPD) possui fatores de risco, como a neuropatia periférica diabética e a Doença Arterial Periférica (DAP). A neuropatia pode acarretar na perda progressiva da sensibilidade (sintomas mais frequentes: formigamentos e a sensação de queimação que tipicamente melhoram com o exercício), térmica e dolorosa e às vezes deformidade, muitas vezes causando carga anormal do pé. (Schaper *et al.*, 2020).

Em pessoas com neuropatia, pequenos traumas (sapatos mal ajustados e/ou uma lesão mecânica e/ou térmica aguda) podem precipitar a ulceração do pé. A perda da sensação de proteção, deformidades do pé e mobilidade articular limitada podem resultar em carga biomecânica anormal do pé. Isso produz alto estresse mecânico em algumas áreas, cuja resposta geralmente é pele espessada (calosidade). A calosidade predispõe a um novo aumento na carga do pé, geralmente com hemorragia subcutânea e, eventualmente, ulceração da pele. Seja qual for a causa primária da ulceração, continuar andando com o pé insensível prejudica a cicatrização da úlcera. (Schaper *et al.*, 2020).

A doença do pé diabético geralmente está associada à alta prevalência de comorbidades microangiopáticas e microangiopáticas avançadas que levam a alta morbidade e mortalidade. (Boulton *et al.*, 2005).

Ademais como pesquisadora, professora, profissional de saúde e estudante, tenho recebido diversas solicitações para copilar sobre a relação da manufatura aditiva e palmilhas para prevenção e tratamento da úlcera do pé diabético. Dessa forma este artigo agrega as expertises de cada pesquisador, a luz do rigor científico, no intuito fornecer um produto (manual) de modo acessível, claro, coeso e coerente, para facilitar a elaboração de manuais nessa temática. Nesse sentido, este trabalho tem o objetivo descrever um manual no formato de e-book referente a Manufatura aditiva em palmilhas para prevenção e tratamento da úlcera do pé diabético.

2. Metodologia

Estudo descritivo (Estrela, 2018), referente ao desenvolvimento de um manual (Pereira et al., 2018) no formato de e-book sobre Manufatura aditiva em palmilhas para prevenção e tratamento da úlcera do pé diabético.

Essa pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) - 4.669.917 de 26 de abril de 2021. Certificado de Apresentação Para Apreciação Ética (CAAE) - CAAE: 42237920.7.1001.5011. Vale ressaltar que esse trabalho faz parte da produção científica tecnológica da: CHAMADA FAPEAL 06/2020 – PPSUS - Programa Pesquisa para o SUS: Gestão compartilhada em Saúde Decit - SCTIE-MS/CNPq/ FAPEAL/ SESAU-AL - Projeto: DESENVOLVIMENTO DE TRATAMENTO INOVADOR COM PALMILHAS EM CONFECÇÃO TRIDIMENSIONAL PARA CICATRIZAÇÃO DE ÚLCERAS NEUROPÁTICAS EM DIABÉTICOS.

Esse trabalho apresenta um recorte dos resultados da CHAMADA FAPEAL 06/2020 – PPSUS - Programa Pesquisa para o SUS: Gestão compartilhada em Saúde Decit - SCTIE-MS/CNPq/ FAPEAL/ SESAU-AL - Projeto: DESENVOLVIMENTO DE TRATAMENTO INOVADOR COM PALMILHAS EM CONFECÇÃO TRIDIMENSIONAL PARA CICATRIZAÇÃO DE ÚLCERAS NEUROPÁTICAS EM DIABÉTICOS, realizado no Hospital Memorial Arthur Ramos (HMAR – AL) Ambulatório – Sala 24 e 26, localizado na Rua Hugo Correia Paes, 253 - Farol, Maceió- AL - Brazil. CEP: 57050-730. CNES 01722424000122. (2006472). Em parceria com os centros de pesquisa: UNCISAL, UFAL, HMAR, UNIFESP, UEC e UESC (Tabela 1).

Tabela 1 - Centro de pesquisa participante.

	ESTADO	INSTITUIÇÃO
1	AL	Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas - UNCISAL
2	AL	Universidade Federal de Alagoas - UFAL
3	AL	Hospital Memorial Arthur Ramos - HMAR
4	BA	Universidade Estadual de Santa Cruz da Bahia - UESC
5	CE	Universidade Estadual do Ceará - UEC
6	SP	Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP

Fonte: Autores desta pesquisa (2023).

O manual técnico em formato de e-book foi construído no período de abril de 2021 a fevereiro de 2023. As etapas (pesquisa de anterioridade, levantamentos bibliográficos, registro da obra na biblioteca nacional e publicação do e-book em

formato de manual) para elaboração do manual em formato e-book foram adaptadas de manuais de orientação em saúde (Echer, 2005) (Garrard, 2020) (Nascimento, 2020), conforme Figura 1.

Figura 1 - Etapas para elaboração do manual em formato e-book.



Fonte: Autores desta pesquisa (2023).

Essa etapa para elaboração do manual em formato e-book (Figura 1), também foi produzida de acordo com a expertise das instituições e pesquisadores envolvidos neste projeto PPSUS.

3. Resultados e Discussão

A Pesquisa de anterioridade teve o intuito de verificar a existência de manuais congêneres ao objetivo do produto proposto. “Foram obtidas por meio dos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) as seguintes palavras: “Manual”, Palmilha”, "Manufatura", “Diabetes”, “Technician”, “Manufacture”, “Insole”, “Foot” e “Diabetic”. Também foi utilizado o operador booleano “AND”. Esta pesquisa utilizou as seguintes bases dados: Health Information from the National Library of Medicine (MedLine), na biblioteca eletrônica Scientific Electronic Library Online (SciELO) e na Literatura Latino Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), Pubmed e no buscador acadêmico (Google acadêmico). Foram realizadas buscas manuais nas referências dos artigos originais selecionados, com intuito de serem incluídos novos artigos originais que atenderam aos critérios de inclusão. Os critérios de elegibilidade foram: artigos originais de estudos que abordassem sobre manual direcional através de manufatura aditiva. Os critérios de exclusão foram: artigos originais com descrição incompleta dos dados relacionados às variáveis, artigos originais publicados em mais de uma base de dados original e artigos cujo manual não foi descrito adequadamente.

Esta pesquisa identificou 323 títulos e resumos de publicações, dos quais 321 artigos foram eliminados após a leitura dos resumos. Um total de 02 artigos foi considerado potencialmente relevante e foram lidos na íntegra, entretanto 01 foi excluído por não apresentar características de manual (Parker *et al.*, 2019). Apenas uma publicação atendeu os critérios de

elegibilidade, que se trata de uma tese de doutorado, que apesar de não ser um manual, relata um desenho de estudo congênere a manual (Michau, 2021) (Tabela 2).

Tabela 2 - Pesquisa em bases de dados.

Base de dados	Idioma: Português (Número de publicações encontradas)	Idioma: Inglês (Número de publicações encontradas)	Publicações relacionadas à temática (n)
Pubmed	Manual and manufatura and palmilha (0)	Manual and manufacture and diabetic insole(1)	1
Scielo	Manual and manufatura and palmilha	Manual and manufacture and diabetic insole	
Google acadêmico	Manual and tecnico and manufatura and palmilha and diabetes (40)	Manual and technician and manufacture and insole and diabetes (157)	1
Google acadêmico	Manual and tecnico and manufatura and palmilha and diabetes (0)	technician AND guide and print and 3D and insole and diabetic and foot (166)	0
Lilacs	Manual and tecnico and manufatura and palmilha and diabetes (0)	technician AND guide and print and 3D and insole and diabetic and foot (0)	0

Fonte: Autores desta pesquisa (2023).

Também foi realizado um levantamento bibliográfico, a fim de subsidiar a elaboração do manual em formato e-book, por meio das bases dados: Health Information from the National Library of Medicine (MedLine), na biblioteca eletrônica Scientific Eletronic Library Online (SciELO) e na Literatura Latino Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), Pubmed e no buscador acadêmico (Google acadêmico). Foram realizadas buscas em: artigos originais, teses, manuais, guias direcionais, livros e consensos nacionais e internacionais publicados, independente do ano de publicação. Foram obtidas por meio dos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) as seguintes palavras: “Manual”, “Palmilha”, “Manufatura”, “Diabetes”, “Technician”, “Manufacture”, “Insole”, “Foot” e “Diabetic”. Também foi utilizado o operador booleano “AND” “OR”.

O manual em formato de e-book obteve Registro da Obra na Biblioteca Nacional (Biblioteca Nacional. disponível em: <https://www.gov.br/bn/pt-br> Acesso: 03/03/2023), conforme instruções a seguir:

- Protocolar documentos junto a Fundação Biblioteca Nacional, " Biblioteca Nacional" , " Protocolo Digital da Fundação Biblioteca Nacional" , " Protocolo GOV.BR" , <https://solicitacao.servicos.gov.br/processos/e53246a6-6ec7-4176-9ef5-f910e19963b9>
- Câmara brasileira do livro - Cadastro de ISBN. Disponível em: <https://cbl.org.br/2020/01/comunicado-camara-brasileira-do-livro-isbn-faca-seu-pre-cadastro/> Acesso: 03/03/2023
- A publicação do manual em formato e-book foi publicada no ZENODO que é um repositório digital, desenvolvido no CERN – European Organization for Nuclear Research – como um serviço da infraestrutura **OpenAIRE**, multidisciplinar de Acesso Aberto. O link para acesso está disponível a seguir: <https://zenodo.org/record/7742768#.ZBOcxXbMK3B> (Silva et al., 2023)

A palmilha confeccionada através da impressora tridimensional HADRON MAX (WIETECH) é um produto de inovação tecnológica podendo ser usada como uma alternativa aos tratamentos existentes, com perspectiva de proporcionar: cicatrização da ferida do pé diabético e diminuição e/ou cura de calosidades. A fabricação de forma individualizada de

palmilhas 3D possibilita uma moldagem diante das mais variadas morfologia seja do pé diabético ou da calosidade. Considerando a neuropatia diabética como irreversível, a grande questão então seria: como controlar a pressão localizada que está causando / recidivando uma úlcera e/ou calosidade no pé? A palmilha 3D objetiva redistribuir as pressões plantar sendo uma idéia de baixo custo e alto impacto, promovendo profilaxia e tratamento (Armstrong *et al.*, 2017). Com esta ação, espera-se diminuir o número de lesões que evoluem para formas mais graves e até mutilação e morte por infecção do pé diabético.

Para que a palmilha seja confeccionada são realizados de modo individual em todos nossos clientes: Avaliação multiprofissional (Médico, fisioterapeuta, terapeuta ocupacional e enfermagem): Clínica (exame físico e laboratorial) e biomecânica (podoscópio, scanner 3D e baropodômetro), contendo tecnologia exclusiva inovadora francesa da empresa medcapeteurs emitindo relatório preventivo de pé diabético, detecção do nível de risco de ulcerações e localização das áreas de alta pressão, diante desses dados são confeccionados as palmilhas.

A palmilha em 3D é desenvolvida através do processo que envolve: Avaliação clínica e biomecânica, como foco em análise objetiva da dor do nosso cliente que é a ferida no pé e/ou calosidade, através de tecnologia inovadora francesa que permite identificar com precisão as alterações de pressões plantares que causam essas dores. Esses recursos (impressora HADRON MAX (WIETECH) V1, BAROPODÔMETRO E SCANNER 3D (MEDCAPETEURS), Podoscópio (PODALY) e UltraSOM com Doppler). Vale salientar que esses equipamentos foram adquiridos com recursos captados pelos fundadores da empresa através de projetos como PPSUS(Processo nº E: 600300000000199/2021).

Em um estudo epidemiológico, descritivo, com análise quantitativa, Silva et al. (2021) relatou sobre as regiões brasileiras com maior prevalência de internação hospitalar, amputação e mortalidade por Diabetes Mellitus, destaca-se as regiões: sudeste e nordeste. Demonstrando a necessidade de realização de assistência precoce no intuito de minimizar a morbidade e a mortalidade.

Nesse contexto que a presente proposta, a palmilha em confecção tridimensional personalizada é uma possibilidade de tratamento, visto que cada paciente possui uma biomecânica distinta, dessa forma o potencial de tratamento proposto proporcionará desenvolver um material adequado para atender aos requisitos mecânicos e clínicos individuais e assim favorecer a cicatrização.

Para Park (2021) a manufatura aditiva é um modo de produção sustentável, pois economiza materiais e energia, minimizando o impacto ambiental. Ademais, a impressão 3D permite uma versatilidade no design e adaptação ao produto.

Os termos impressão 3D e manufatura aditiva (MA) são sinônimos, entretanto MA frequentemente é considerado o termo formal. Várias técnicas foram elaboradas para MA, que consistem em um processo de deposição de uma camada por camada, enquanto o padrão bidimensional é impresso primeiro no plano xy para formar uma única camada, seguida pela deposição de camadas subsequentes ao longo do eixo z para gerar uma estrutura tridimensional. O arquivo universal utilizado como estratégia de impressão é o STL. Diferentes softwares, incluindo CAD, SketchUp, podem ser usados para desenhar a estrutura 3D desejada. O programa de computador então analisa a estrutura e a fatia a um determinado número de camadas diferentes para convertê-lo em formato STL (Lancu, 2010; Leon et al., 2016).

Para modelagem das palmilhas são utilizados geralmente 2 softwares para a a. O primeiro é o Zbrush, um software de modelagem que simula o processo de criação de esculturas, onde é possível interagir diretamente com o modelo, como se fosse uma bola de argila (Spencer., 2011). Neste será possível fazer alguns ajustes finos no modelo 3D da palmilha para que a mesma se conforme com o pé do paciente. O segundo software é o SolidWorks, um software de CAD 3D para modelagem de sólidos, bastante utilizado em projetos com conjuntos mecânicos, pois é possível, com o SolidWorks SImulation, fazer uma simulação das tensões da peça ou do conjunto de peças em um ambiente que simula o real (Amaral, 2010).

O mecanismo de impressão apresenta as seguintes técnicas: Modelo de filamento fundido (FFM), modelagem de deposição fundida (FDM), Estereolitografia (SLA), Impressão Tridimensional (3DP), Sinterização Seletiva a Laser (SLS), Modelagem de

rede projetada a laser (LENS), Polyjet, Fabricação de objetos laminados (LOM) e Colar impressão de extrusão (Leon *et al.*, 2016). A modelagem de filamentos fundidos (FFM) é o tipo mais comum e simples de impressão 3D (Leigh., 2012).

A FDM é a técnica mais popularizada mundialmente, nela a tinta da impressora é denominada de filamento. Parecido a uma extrusora tradicional, nela o polímero é alimentado na cabeça de impressão onde derrete e é extrudado. O FDM aquece o filamento um pouco acima de sua temperatura de fusão, extruda para gerar fibra fina com diâmetro em torno de 0,25 mm e deposita em uma plataforma em um padrão bidimensional, onde esfria abaixo do ponto de fusão e solidifica imediatamente. Outra camada será posteriormente depositada no topo. Na FDM a configuração ocorre de modo simples e elevada eficiência (Arevo, 2023; Pham, 2012; Leon *et al.*, 2016).

Nessa perspectiva a FDM e FFM é uma inovação na manufatura aditiva, no qual a impressão 3D ocorre por meio da extrusão usando filamentos sólidos feitos de termoplástico. Os termoplásticos mais populares (PLA, ABS, PC, PET, nylon e PEEK) para os filamentos na impressão 3D para tecnologia FDM (Park, 2021).

Deste modo, a manufatura aditiva compreende uma metodologia de montagem de uma peça camada por camada de por meio de: extrusão, encadernação, fusão e fotopolimerização. Existe uma variabilidade de materiais, entretanto os polímeros de alto desempenho, os nanocompósitos, são bastante utilizados na impressão 3D. Polímero de alto desempenho é um grupo de materiais poliméricos que são conhecidos por reter suas propriedades mecânicas, térmicas e químicas desejáveis quando submetido a ambientes agressivos, como elevada: temperatura, pressão e corrosão. Esses polímeros quando agregados a: nanocargas (nanotubo de carbono), nanoargila e grafeno, podem potencializar suas propriedades mecânicas, podendo até fornecer condutividade térmica e elétrica (Leon *et al.*, 2016).

Byrley *et al* (2019), relata em uma metanálise relata que as impressoras 3D estão ganhando popularidade mundialmente tanto no ambiente colaborativo quanto em uso residencial. Foram adquiridas em todo os países aproximadamente 528.952 impressoras 3D de mesa, entre de 2016 a 2018, com valores abaixo de US \$5.000. As impressoras em 3D têm sido popularizadas devido ao baixo custo, baixo peso dos filamentos, flexibilidade de processamento e facilidade de uso (Leon *et al.*, 2016).

Giannopoulos *et al* (2016) em uma revisão relata o uso da impressora em 3D, melhora significativamente a comunicação com os pacientes e possui um potencial revolucionário para a prática clínica. A impressora 3D está sendo utilizados com aplicabilidade na área cardiovascular na assistência diagnóstica, algoritmos, de gerenciamento em doenças cardiovasculares complexas e também em planejamento e simulação de procedimentos cirúrgicos e intervencionistas.

Uma limitação do FDM é que apenas o polímero termoplástico pode ser impresso. Entretanto, para termoplásticos que apresentam elevada flexibilidade, o filamento é tão macio que não suporta a compressão durante a alimentação, resultando comumente em dobramento do filamento e causa falha no processo de impressão (Leon *et al.*, 2016).

A principal implicação para futuras pesquisas é que devem ser relatadas associações de manufatura aditiva e manufatura manual para confecção de palmilhas para prevenção e tratamento da úlcera do pé diabético.

A implicação para a prática clínica da presente pesquisa é que o paciente com DM deve ser rastreado pelas unidades básicas de saúde, agentes de comunitários de saúde, para que seja avaliado os pés e pernas de modo a prescrever orientações e tratamento precoce, a fim de evitar infecções, ulcerações, amputações e óbito (Silva *et al.*, 2021).

4. Considerações Finais

Esta pesquisa sobre manufatura aditiva em palmilhas para prevenção e tratamento da úlcera do pé diabético, sugere um direcionamento em formato de e-book (manual) para os profissionais para facilitar a impressão 3D e também para demonstrar a equipe multidisciplinar, pacientes e familiares, as possibilidades de produção em 3D para prevenção e tratamento. Ademais a palmilha em 3D deve ser considerada um complemento para melhor prognóstico clínico do Diabetes Mellitus.

Outrossim, o manual é uma trilha que pode ser seguida para prototipagem. Sugerimos que sejam produzidos outros e-books referente a manufatura aditiva associado Diabetes Mellitus e Úlcera do Pé Diabético, no intuito de fortalecer a educação e saúde, fomentando a prevenção, promoção e tratamento ao diabético.

Agradecimentos

Ao Ministério da Saúde, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Secretaria de Estado da Saúde de Alagoas (SESAU-AL) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL).

Referências

- Arevo Labs. (2023). High Performance Additive Manufacturing Materials. <http://arevolabs.com/additive-manufacturing-materials>.
- Armstrong, D. G., Boulton, A. J. M., & Bus, S. A. (2017). Diabetic Foot Ulcers and Their Recurrence. *New England Journal of Medicine*, 376(24), 2367–2375. <https://doi.org/10.1056/nejmra1615439>
- Byrley, P., George, B. J., Boyes, W. K., & Rogers, K. (2019). Particle emissions from fused deposition modeling 3D printers: Evaluation and meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 655, 395–407. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.070>
- De Leon, A. C., Chen, Q., Palaganas, N. B., Palaganas, J. O., Manapat, J., & Advincula, R. C. (2016). High performance polymer nanocomposites for additive manufacturing applications. *Reactive and Functional Polymers*, 103, 141–155. <https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2016.04.010>
- Do Amaral, R. D. C., & de Pina Filho, A. C. (2015). A Evolução do CAD e sua Aplicação em Projetos de Engenharia.
- Echer, I. C. (2005). Elaboração de manuais de orientação para o cuidado em saúde. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 13(5), 754–757. <https://doi.org/10.1590/s0104-11692005000500022>
- Estrela, C. (2018). Metodologia Científica: Ciência, Ensino, Pesquisa. *Editora Artes Médicas*.
- Garrard, J. (2020). Health Sciences Literature Review Made Easy. In *Google Books*. Jones & Bartlett Learning. <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=eOcLEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Garrard>
- Giannopoulos, A. A., Mitsouras, D., Yoo, S.-J., Liu, P. P., Chatzizisis, Y. S., & Rybicki, F. J. (2016). Applications of 3D printing in cardiovascular diseases. *Nature Reviews Cardiology*, 13(12), 701–718. <https://doi.org/10.1038/nrcardio.2016.170>
- Lancu, C., D. Lancu, and A. Stăncioiu. 2010. “From Cad Model to 3D Print via “STL” File Format.” *Fiability Durability/Fiabilitate Si Durabilitate* 1 (5): 73–81. [Google Scholar]
- Leigh, S. J., Bradley, R. J., Purssell, C. P., Billson, D. R., & Hutchins, D. A. (2012). A Simple, Low-Cost Conductive Composite Material for 3D Printing of Electronic Sensors. *PLoS ONE*, 7(11), e49365. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0049365>
- Michau, M. (2021, September 26). *Digital Design for Diabetes: 3D Printing Variable-Density Diabetic Orthotics to Mitigate Lower-Limb Amputations in New Zealand*. Openaccess.wgtn.ac.nz. https://openaccess.wgtn.ac.nz/articles/thesis/Digital_Design_for_Diabetes_3D_Printing_Variable-Density_Diabetic_Orthotics_to_Mitigate_Lower-Limb_Amputations_in_New_Zealand/16681951
- Nascimento, C. C. L. do, Silva, B. V. da C., Oliveira, J. das G. C., Nascimento, M. de F. S. do, Gomes, Y., & Moreira, L. C. de S. (2020). Educação permanente em sala de imunização: elaboração de manual de normas e rotinas. *Research, Society and Development*, 9(8), e176985601. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5601>
- Parker, D. J., Nuttall, G. H., Bray, N., Hugill, T., Martinez-Santos, A., Edwards, R. T., & Nester, C. (2019). A randomised controlled trial and cost-consequence analysis of traditional and digital foot orthoses supply chains in a National Health Service setting: application to feet at risk of diabetic plantar ulceration. *Journal of Foot and Ankle Research*, 12. <https://doi.org/10.1186/s13047-018-0311-0>
- Park, S., & Fu, K. (Kelvin). (2021). Polymer-based filament feedstock for additive manufacturing. *Composites Science and Technology*, 213, 108876. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2021.108876>
- Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). Metodologia da pesquisa científica. UFSM.
- Pham, D., & Dimov, S. S. (2012). Rapid Manufacturing: The Technologies and Applications of Rapid Prototyping and Rapid Tooling. In *Google Books*. Springer Science & Business Media. <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=fDjTBWAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Pham>
- Schaper, N. C., Netten, J. J., Apelqvist, J., Bus, S. A., Hinchliffe, R. J., & Lipsky, B. A. (2020). Practical Guidelines on the prevention and management of diabetic foot disease (IWGDF 2019 update). *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, 36(S1). <https://doi.org/10.1002/dmrr.3266>
- Silva, A. A. S. da, Castro, A. A., Bomfim, L. G. de, & Pitta, G. B. B.. (2021). Amputações de membros inferiores por Diabetes Mellitus nos estados e nas regiões do Brasil. *Research, Society and Development*, 10(4), e11910413837. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i4.13837>.
- Silva, P. D. A. A. S. da, Salgueiro, P. D. C. D. M., Araújo, P. D. M., Rolim, P. D. L. C. D. S. P., Farias, P. D. K. F. de, Santos, P. D. V. R. dos, & Pitta, P. D. G. B. B. (2023). E-BOOK - Manual Manufatura aditiva em palmilhas para prevenção e tratamento da úlcera do pé diabético. In *Zenodo*. Zenodo. <https://zenodo.org/record/7742768#.ZBOcxXbMK3B>
- Toscana, C., Sugita, T., Rosa, M., Pedrosa, H., Rosa, R., & Bahia, L. (2018). Annual Direct Medical Costs of Diabetic Foot Disease in Brazil: A Cost of Illness Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(1), 89. <https://doi.org/10.3390/ijerph15010089>