

USO DE MATERIAIS DE BAIXO CUSTO PARA MELHORIA DA ADERÊNCIA DE PRÓTESES DE MÃO IMPRESSAS EM 3D

USE OF LOW-COST MATERIALS TO IMPROVE THE GRIP OF 3D-PRINTED HAND PROSTHESES

Laura Duarte Santana¹

Sávio Menezes Sampaio²

Pedro Henrique Gonçalves³

Resumo

Próteses impressas em 3D são acessíveis e contribuem para a reabilitação, mas têm limitações. A aderência é crucial para melhorar a funcionalidade. Neste estudo, diferentes materiais foram testados na aderência, aplicando-os em diferentes posições, e observando-se o deslizamento com pesos em pega cilíndrica. O material Látex obteve melhor desempenho, aplicado em digital, falange e palma. Aumentar a aderência contribui para a experiência, satisfação e aceitação dos usuários dessas próteses. Isso impulsiona a Tecnologia Assistiva e áreas afins.

Palavras-chave: Tecnologia Assistiva, impressão 3D, aderência.

Abstract

3D-printed prostheses are affordable and contribute to rehabilitation, but they have limitations. The grip is crucial to improving functionality. In this study, different materials were tested for adherence, applying them in different positions, and observing sliding with weights in a cylindrical grip. The Latex material obtained the best performance, applied to the digital, phalanx, and palm. Increasing adherence contributes to the experience, satisfaction, and acceptance of users of these prostheses. This drives Assistive Technology and related fields forward.

Key-words: Assistive Technology, 3D printing, grip.

¹ lauraduarte@discente.ufg.br

² saviosampaio@gmail.com

³ pedrogoncalves@ufg.br

1 INTRODUÇÃO

A Impressão tridimensional (3D), também já nomeada como “manufatura aditiva” ou “prototipagem rápida”, permite a construção de modelos físicos a partir do desenho e manufatura auxiliados por computador. Assim, pode-se criar um modelo tridimensional em um computador para produzi-lo usando uma impressora 3D. Essa tecnologia vem ganhando espaço, até mesmo, na medicina, em aplicações como impressão de órgãos, de partes do corpo, de diferentes dispositivos de Tecnologia Assistiva, bioimpressão, e engenharia de tecidos auxiliada por computador (GERSTLE et al., 2014, p.446).

A impressão 3D na fabricação de próteses, agrega uma nova possibilidade na reabilitação de amputados, pois permite a personalização, rápida produção, baixo custo e conseqüentemente, mais acessibilidade. Tais fatores são muito vantajosos, principalmente para crianças, as quais necessitam de trocas protéticas constantes devido ao crescimento (RODRIGUES e STOCCO, 2020, p.66).

Contudo, essas próteses apresentam desvantagens, como a baixa durabilidade dos materiais e a limitação de temperatura e resistência, que podem resultar em danos e a necessidade de substituição de peças. Todavia, o maior problema em próteses de membros superiores, impressas em 3D, é a baixa força de preensão manual, que impede a realização de tarefas cotidianas pelos pacientes (RODRIGUES e STOCCO, 2020, p.67).

A força de preensão refere-se à capacidade de uma pessoa segurar objetos com as mãos. Infelizmente, os dedos de plástico rígidos dessas mãos artificiais, não fornecem aderência suficiente para evitar que os objetos lisos deslizem (MOODLEY et al., 2022, p.5). Dessa forma, o usuário sente-se menos confiante para utilizar o dispositivo.

Posto isso, buscar maneiras de aperfeiçoar a aderência dessas mãos protéticas é uma forma de melhorar a funcionalidade de próteses impressas em 3D e satisfazer mais seus usuários, e é neste contexto que o presente estudo se justifica.

Para isso, foi primordial a revisão da literatura, tanto no Portal de Periódicos da CAPES, quanto no Google Acadêmico, para poder aprofundar no assunto da pesquisa. Foram usadas palavras-chave para a realização da pesquisa, como: reabilitação; próteses; impressão 3D; manufatura avançada; impressão de próteses e órteses; tecnologia assistiva; prototipagem rápida. Foram encontrados trabalhos citando a necessidade da melhoria da aderência das próteses de dedos impressas em 3D, e estudos realizando a adição de ranhuras ou saliências nas pontas dos dedos, com o mesmo material utilizado na impressão 3D. Outros trabalhos tratam sobre próteses impressas em 3D de forma mais geral, e que trouxeram questões pertinentes para o desenvolvimento desta pesquisa.

Em SOUZA (et al. 2022), os autores adicionaram pequenas saliências nas pontas dos dedos impressos em 3D, e sugerem que “um emborrachamento na ponta dos dedos” poderia proporcionar uma melhoria do atrito com materiais de baixa aderência com o ácido polilático (PLA), usado na impressão 3D.

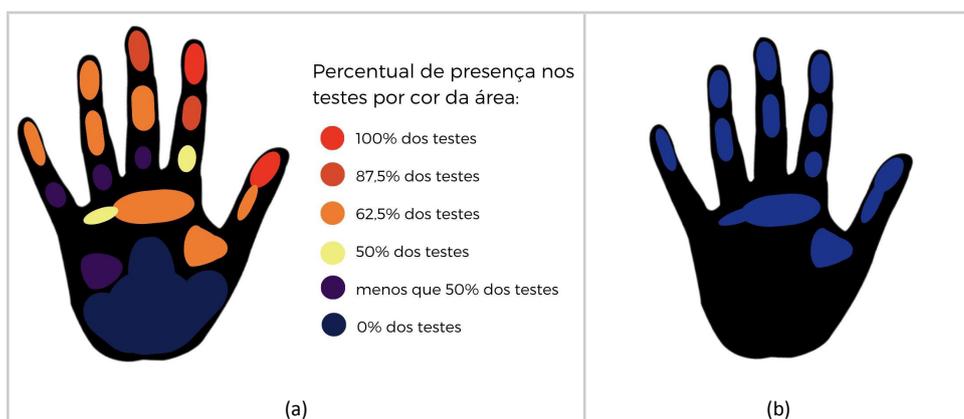
Em LALAGÜE (2019, p.27) os autores tratam de próteses para mão articulada impressa em 3D, e fazem referência à adaptação ergonômica proposta por Iida (2005). LALAGÜE utiliza uma técnica envolvendo as superfícies de objetos, passando tinta nas mãos e executando alguns manejos. Assim, obtêm-se dados que permitem modificar o

objeto para que ele possa aderir melhor na mão do usuário. O livro “Ergonomia: projeto e produção” de Itiro Iida, apresenta os diferentes tipos de manejos (IIDA, 2005, p.244).

Ademais, um artigo internacional, que documenta o projeto da mão protética *Touch Hand 4.5* para o evento *Cyathlon 2020*, contribuiu com informações acerca do uso do silicone como capa dos dedos, além dos tipos de apertos (MOODLEY et al., 2022, p.1-13). De modo semelhante, outro trabalho, usou silicone embutido em próteses, porém com caráter avaliativo de duas alternativas, e colaborou principalmente com métodos de fabricação, usando moldes, e com as tarefas motoras (ALVIAL et al., 2018, p.129-136). Também, colocou-se uma camada de silicone na mão, nas falanges distais de cada dedo e na palma, em outra proposta, de uma prótese 3D acionada por polímero de *nylon 6-6*, além de especificar seis tipos de pegas (ARJUN, 2016, p.910-915). De modo distinto, em outro projeto de mão robótica impressa, utilizou-se do látex natural (RIBEIRO, 2016, p.93-99). Ainda, a partir de trabalhos de revisão integrativa bem completos, pôde-se identificar e compreender as vantagens e desvantagens da impressão 3D de próteses (RODRIGUES e STOCCO, 2020, p. 65-69; MORIMOTO et al., 2021, p. 1-14).

Entretanto, não foram encontrados artigos comparando diferentes materiais de baixo custo, como, por exemplo silicone, PVC, EVA, entre outros, e diferentes posicionamentos desses materiais sobre as próteses impressas em 3D. Além da revisão sobre melhoria de aderência em próteses de mão impressas em 3D, foram também realizados estudos sobre regiões da mão mais utilizadas em diferentes tipos de pega. A técnica proposta por Itiro Iida (2005, p. 245) com voluntários, a partir de suas mãos sujas de tinta no manejo de utensílios, e outros trabalhos recentes (SANTANA e GONÇALVES, 2023), contribuíram para a definição de áreas mais promissoras para a aplicação de materiais sobre essas próteses (Figuras 1a e 1b).

Figura 1 — (a) Áreas de contato presentes nos testes (b) Áreas de contato mais frequentes.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Tendo-se em vista que os dedos de plástico rígidos dessas mãos artificiais, não fornecem aderência suficiente para evitar que os objetos lisos deslizem, este estudo tem como objetivo contribuir para a melhoria da aderência de próteses de mão impressas em 3D através da aplicação de materiais de baixo custo na superfície desses

dispositivos.

Objetiva-se também realizar um conjunto de experimentos para a comparação da performance de quatro tipos de materiais na pega cilíndrica com diferentes pesos. Pretende-se, a partir disso, identificar o material que obteve maior desempenho nos testes e a configuração com melhor resultado para aplicação desse material sobre as próteses, contribuindo para estudos posteriores e para o aperfeiçoamento da funcionalidade dessa tecnologia para seus usuários.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho pretende avaliar a melhoria da aderência em próteses de mãos impressas em 3D, com a adição de materiais de baixo custo em áreas mais promissoras na prótese. Deste modo, foram identificados alguns materiais de baixo custo que poderiam ser acrescentados às próteses de mão impressas em 3D, como silicone, PVC, EVA e Látex. Com base na revisão da literatura e em testes utilizados em outro trabalho destes mesmos autores, também foram identificadas as áreas promissoras em que esses materiais podem ter mais contato com objetos em diferentes tipos de pegas.

Para comparação das diferentes combinações de materiais e posicionamentos na mão, foi definido um experimento para aferição do limite de peso suportado pelas próteses na pega cilíndrica. As regiões para aplicação dos materiais foram identificadas como: a ponta do dedo (falanges distais), porém de duas formas diferentes: uma só na digital do dedo e outra envolvendo toda a ponta do dedo (formato “capa”). Para cada uma dessas formas, também foram aplicados materiais nas falanges proximais e na palma das próteses 3D.

Como o funcionamento da prótese depende da tração das linhas e fechamento dos dedos, não foi possível testar os materiais nas falanges mediais (as quais foram identificadas como eficientes nos manejos), optando-se então por aplicá-los nas falanges proximais. A escolha das regiões da palma corresponde à representação obtida na Figura 1b. Os materiais foram acrescentados gradativamente (conforme a Figura 2), uma região por vez, executando o manejo e anotando cada resultado. Cada configuração de material e posicionamento foi testada 15 vezes, incrementando-se o peso de 50 em 50 gramas em um objeto em uma pega cilíndrica.

Figura 2 — Representação dos diferentes posicionamentos dos materiais nas próteses 3D: digital; digital e falange; digital, falange e palma; capa; capa e falange; capa, falange e palma.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A Tabela 1 apresenta os posicionamentos e os materiais aplicados sobre as próteses, para os experimentos comparativos. As configurações foram identificadas como: 1, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 4.1, 4.2, 4.3, 5.1, 5.2, 5.3, conforme indicado na Tabela 1.

Tabela 1 — Configurações para o posicionamento dos materiais e identificação para a realização dos experimentos de aderência

Configuração dos materiais	P.1. Silicone	P.2. PVC	P.3. EVA	P.4. Látex
1. Sem material para aderência	-	-	-	-
2. Digital	2.1	2.2	2.3	2.4
3. Digital, Falange e Palma	3.1	3.2	3.3	3.4
4. Capa	4.1	4.2	4.3	-
5. Capa, Falange e Palma	5.1	5.2	5.3	-

Fonte: Elaborado pelos autores.

Em relação ao manejo escolhido para a realização dos testes, selecionou-se o manejo grosseiro e pega cilíndrica, por envolver mais locais da mão e os movimentos desse manejo serem mais transmitidos pelo punho e braço, exigindo menos dos dedos (IIDA, 2005, p.243). A princípio, pensou-se em reproduzir as elevações presentes na ponta dos dedos humanos, as quais correspondem às digitais. Tal sistema tem como função facilitar a preensão de objetos pela mão (GIRALDI, 2011, p.71). Devido a essa finalidade, tentou-se esboçar uma forma de introduzir os dermatóglifos nas próteses de mão.

Partindo desse esboço, experimentou-se a modelagem digital e impressão 3D de um molde para inserir o material silicone, e assim, analisar essa possibilidade, como se pode ver na Figura 3.

Figura 3 — Molde feito em impressora 3D; Aplicação de silicone; Resultado no dedo protético.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Entretanto, após a escolha de quais materiais seriam testados, verificou-se que não seria viável a reprodução dos dermatóglifos, considerando que nem todos os materiais são líquidos, impossibilitando a aplicação nesses moldes.

O Silicone utilizado corresponde à borracha de silicone, em estado líquido, mais o catalisador. O PVC (Policloreto de vinila), sólido, foi utilizado em sua forma semelhante à que se aplica na palma de luvas de pedreiro para aumentar a aderência e em tapetes antiderrapantes. O EVA (Etileno Acetato de Vinila), sólido, foi usado por ser um material flexível e com propriedades adesivas. O Látex usado corresponde ao látex natural pré-vulcanizado líquido, indicado para fazer máscaras, luvas, *doming*, entre outras coisas.

Após a seleção desses materiais, houve a necessidade de planejar como eles seriam moldados em conformidade com os formatos definidos na Figura 2. Para os sólidos (PVC e EVA), seria possível fazer recortes e colagens, adaptando-os manualmente à configuração idealizada. Já, para os materiais líquidos (Silicone e Látex), seriam necessários moldes, para que essas substâncias solidifiquem nos formatos desejados. Então, foi feita a modelagem, no software *Fusion 360*, dos moldes das falanges distais (nas formas digital e capa), das falanges proximais e da palma da mão, e enviadas para a impressora 3D de filamento, tornando-se peças físicas, conforme indicado na Figura 4.

Figura 4 — Moldes impressos em 3D para moldagem dos materiais; resultado dos materiais já moldados.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A maior dificuldade encontrada nessa fase foi na moldagem do látex. Infelizmente não se obteve o resultado esperado com este material, pois sua secagem é muito lenta e não uniforme, de modo que apresentou várias deformações, até mesmo usando um soprador térmico. Assim, o formato de “capa” do látex, tornou-se inviável de ser testado, já que ficou muito fino, com furos e rasgos. O formato “digital”, na ponta do dedo, ainda foi realizável com o látex, por mais que apresentasse deformidades. Os moldes da palma e falange proximal, com esse material, tiveram um bom resultado, provavelmente por serem abertos, sem sobreposição de moldes.

A colagem dos materiais, na mão protética de plástico, foi feita após a testagem de colas. O silicone foi o material que mais se opôs à colagem, necessitando da mistura de dois tipos de colas e maior tempo de secagem. Nele, utilizou-se adesivo instantâneo 793 de viscosidade média, combinado ao silicone acético transparente, usado em vedação. Para os demais materiais, apenas o adesivo instantâneo já foi suficiente para a fixação. Os resultados das colagens podem ser vistos na Figura 5.

Além das próteses e dos materiais, foram utilizados alguns instrumentos na realização dos testes como: um cano liso de PVC; arame; pequenos sacos com areia, de 50 gramas cada; balança de precisão; parafusos; tiras de madeira; grampos tipo C (sargentos). Em cada teste foi medido o peso máximo suportado (peso do cano e peso de areia), até o início do deslizamento do cano. A diferença de eficiência das áreas com material e sem material, assim como do formato digital para o formato capa, foram variáveis estudadas.

Figura 5 — Resultados das colagens de todos os materiais na prótese.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir disso, o próximo passo foi planejar e construir uma estrutura para prender as próteses, uma por vez, de modo que os dedos fechassem igualmente, para não variar nos resultados. Ademais, foram produzidos pesos de areia com 50 gramas cada, para serem acrescentados a um gancho fixado em um cano de 84 gramas, o qual seria agarrado pela prótese em cada teste. Pode-se visualizar um exemplo disso na Figura 6.

Ademais, as próteses de mão que foram impressas em 3D para todos os testes deste trabalho, vieram do arquivo aberto “*Unlimbited Phoenix Hand*” da *e-NABLE*, uma comunidade global que conta com uma rede de voluntários dedicados a desenhar, imprimir, montar e doar próteses feitas em impressoras 3D.

Figura 6 — Aparato para fixação da prótese e pesos de areia, usados nos testes.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a coleta dos dados, foram feitas anotações de cada teste em uma planilha, e cada um deles foi repetido 15 vezes, de forma a obter um resultado médio mais confiável. Nessa mesma planilha foram aplicadas fórmulas de estatística descritiva, para a análise de dados, correspondendo à média, mediana, moda, intervalo, mínimo, máximo, 1º e 3º quartis, desvio padrão e tamanho da amostra.

3 RESULTADOS

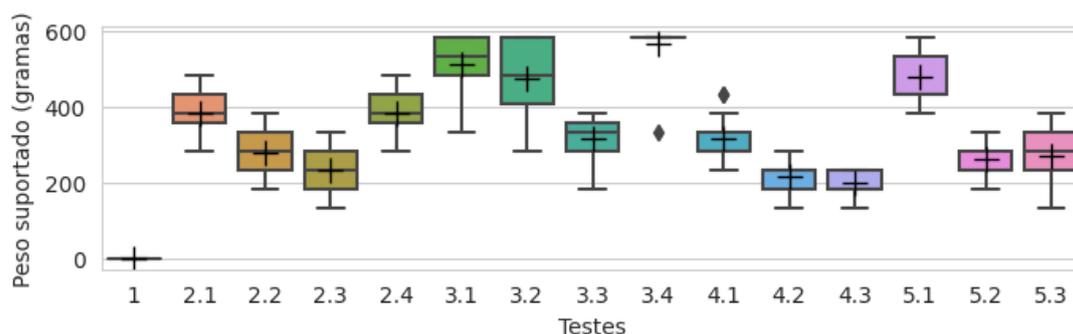
O primeiro teste realizado foi com a prótese sem nenhum material extra de aderência (configuração “1”), com pega cilíndrica. Como se trata de um objeto totalmente reto e liso, a prótese não foi capaz de segurar o cano (84 gramas), de forma que o objeto caía no chão no mesmo momento, podendo constatar a falha na prensão muito citada em outros trabalhos sobre esses dispositivos impressos em 3D.

Tabela 2 — Organização e resumo dos resultados, com análise descritiva dos dados. Valores em gramas, de pesos suportados

Configurações:	1	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	3.4	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	5.3
Máximo	0	484	384	334	484	584	584	384	584	434	284	234	584	334	384
3° Quartil	0	434	334	284	434	584	584	359	584	334	234	234	534	284	334
Mediana	0	384	284	234	384	534	484	334	584	284	234	184	434	234	284
Média	0	384	277	234	384	514	474	314	567	314	217	197	477	261	271
1° Quartil	0	359	234	184	359	484	409	284	584	284	184	184	434	234	234
Mínimo	0	284	184	134	284	334	284	184	334	234	134	134	384	184	134
Desvio Padrão	0	57	59	71	63	77	106	62	65	62	45	35	62	50	79

Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 7 — Boxplots dos resultados de cada combinação entre materiais e seus posicionamentos sobre a prótese de mão impressa em 3D.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os testes posteriores, com materiais extras de silicone, PVC, EVA e látex, já melhoraram a aderência em comparação com a configuração “1”, suportando a adição de pesos de areia e a aferição dos resultados, que estão resumidos na Tabela 2 e na Figura 7.

4 DISCUSSÃO

A partir da análise da estatística descritiva, é possível interpretar que a aplicação do látex nas digitais, falanges e palma (configuração “3.4”), foi a que obteve um melhor desempenho, comparada com as demais configurações (posicionamento e materiais).

Nas configurações com posição “2. Digital”, podemos observar que os materiais látex (2.4) e silicone (2.1) apresentam uma maior aderência, suportando pesos maiores do que quando são usados os materiais em PVC (2.2) e EVA (2.3). Característica semelhante também pode ser observada nos testes com outras configurações (incluindo

material na falange e na palma). PVC e EVA tiveram desempenhos semelhantes, enquanto o látex e o silicone suportam pesos maiores na pega cilíndrica.

Com relação aos testes com materiais nas falanges proximais, é importante destacar que, apesar das falanges mediais aparecerem como áreas promissoras para diferentes pegas (na literatura pesquisada), na prótese estudada foi inviabilizada a aplicação de materiais extras sobre as falanges mediais, devido à passagem de fios por essa falange (simulando tendões). Por esse motivo foram aplicados materiais sobre as falanges proximais. Mas devido à espessura do cano utilizado nos testes, houve pouco ou nenhum contato entre o cano e a falange proximal. O material de aderência aplicado sobre essa falange proximal contribuirá para a aderência em pegas de objetos mais largos.

Os resultados também demonstram a importância da aplicação de materiais sobre a palma da prótese de mão, para melhoria da aderência. Os resultados com material na palma da mão sempre são melhores do que sem material na palma da mão.

Com relação à diferença entre o uso de material na digital dos dedos impressos ou uso de “capa” envolvendo toda a ponta dos dedos impressos, os resultados indicam que a “capa” não apresenta melhoria em relação ao tipo de pega experimentado. Há situações em que o formato “capa” pode ser mais útil, como em outros movimentos como uso de interfaces “*touch screen*”, que não foram avaliados neste trabalho.

A ausência de experimentos com o material látex no formato “capa” é devido aos problemas de modelagem e secagem desse material nos moldes utilizados. Sua secagem é muito lenta e não uniforme. O resultado ficou muito fino, irregular e com rasgos. Por esse motivo o formato “capa” com o material látex foi descartado nos experimentos.

Algumas limitações neste estudo podem indicar melhorias a serem aplicadas em trabalhos futuros. As espessuras dos materiais utilizados não foram uniformes, uma vez que no mercado os materiais são disponibilizados em espessuras específicas. Para a realização dos testes foram utilizados pesos incrementais de 50 gramas de areia. O uso de balanças digitais do tipo “pêndulo” ou com ganchos e a adição de valores menores de peso (água ou areia) podem proporcionar uma menor granularidade e precisão dos resultados. Uma balança digital de gancho também poderia ser utilizada para medir a força aplicada sobre as linhas (tendões).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo propõe um conjunto de experimentos para a identificação de aplicação de materiais de baixo custo para a melhoria da aderência de próteses de mão impressas em 3D, e, desta forma, a melhoria da experiência dos usuários dessas próteses acessíveis.

Os resultados indicam que o látex aplicado sobre as digitais, falanges e palma da mão protética apresentou a melhor aderência para a pega cilíndrica, suportando mais de 500 gramas na maioria dos casos experimentados. Isso demonstra uma evolução significativa na funcionalidade do dispositivo.

Baseado no exposto, este artigo contribui para o aperfeiçoamento das próteses de mão 3D, tornando a manufatura aditiva uma possibilidade mais funcional e com

menos limitações quando aplicada na produção desses dispositivos, beneficiando seus usuários com um produto, não somente mais acessível, como também de maior qualidade.

Consequentemente, com uma aderência maior, melhora a apreensão, e também a aceitação e satisfação dos pacientes com o artefato. Isso traz colaborações para a área da Tecnologia Assistiva e todas as áreas que a abordam e que buscam seu desenvolvimento.

Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se experimentos com mais materiais e mais tipos de pegadas (esférica, pinça, gancho, palmar, lateral, entre outros). Melhorias na estrutura dos experimentos também são importantes, como o uso de balanças digitais e automações para a aplicação de forças e suas respectivas aferições.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi possível graças à oportunidade de participação ao Programa de Iniciação à Pesquisa (PIP) da Universidade Federal de Goiás (UFG), além do fomento, durante toda a pesquisa, pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

ALVIAL, P.; BRAVO, G.; BUSTOS, M.P.; MORENO, G.; ALFARO, R.; CANCINO, R.; ZAGAL, J.C. Quantitative functional evaluation of a 3D Printed silicone-embedded prosthesis for partial hand amputation: A case report. **Journal of Hand Therapy**, Santiago, v. 31, p. 129-136, 2018.

ARJUN, A.; SAHARAN, L.; TADESSE, Y.; Design of a 3D Printed Hand Prosthesis Actuated by Nylon 6-6 Polymer based Artificial Muscles. In: IEEE CASE 2016, n. 12, 2016. 2016 **IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON AUTOMATION SCIENCE AND ENGINEERING (CASE)**. Fort Worth: IEEE Robotics & Automation Society, 2016.

E-NABLE BRASIL. **Unlimbited Phoenix Hand**. 2023. Disponível em: <http://e-nablebrasil.org/wp/unlimbited-phoenix-hand/>. Acesso em: 03 ago.2023.

GERSTLE, T. L.; IBRAHIM, A. M. S.; KIM, P. S.; LEE, B. T.; LIN, S. J. A Plastic Surgery Application in Evolution: Three-Dimensional Printing. **Plastic and Reconstructive Surgery**, Boston, v. 133, n. 2, p. 446-451, fev. 2014.

GIRALDI, S. **Revisão histórica dos dermatóglifos e estudo comparativo entre o método tradicional de impressão palmar com tinta e método de escaneamento digital em um grupo de escolares de Curitiba, Paraná**. 2011. 297 folhas. Tese (Doutorado em Saúde da Criança e do Adolescente) - Setor de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. 2ª edição. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

LALAGÜE, K.E.G. **Desenvolvimento de uma prótese para mão articulada em impressão 3D**. 2019. 31. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Projeto de Produto) - Departamento de Design, Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

MOODLEY, K.; FOURIE, J.; IMRAN, Z.; HANDS, C.; RALL, W.; STOPFORTH, R. Touch Hand 4.5: low-cost additive manufacturing prosthetic hand participated in Cybathlon 2020 ARM discipline. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, South Africa, 19:130, p. 1-13, nov. 2022.

MORIMOTO, S.Y.U.; CABRAL, A.K.P.S.; SANGUINETTI, D.C.M.; FREITAS, E.S.R.; MERINO, G.S.A.D.; COSTA, J.Â.P.; COELHO, W.K.; AMARAL, D.S. Órteses e próteses de membro superior impressas em 3D: uma revisão integrativa. **Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional**, São Carlos - SP, v. 29, e2078, p. 1-14. 2021.

RIBEIRO, W. C.; MIYADAIRA, A.N.; FERRUZZI, Y. DESENVOLVIMENTO DE MÃO ROBÓTICA DE BAIXO CUSTO. **Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia**, Medianeira, v. 1, n. 13, p. 93-99, jun. 2016.

SANTANA, L.D; GONÇALVES, P.H. Potenciais áreas de contato das mãos nos manejos aplicadas a próteses impressas em 3D. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA ASSISTIVA (CBTA), n. 4, 2023, Florianópolis. **IV Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia Assistiva**. (submetido à publicação).

SOUZA, B. R.; MINGIONE, G. R.; CONCEIÇÃO, G.B.; RODRIGUES, M. A.; BETTONI, P. H.; NEVES, A.; CARVALHO, D. **Desenvolvimento de Prótese de Membro Superior por Manufatura Aditiva**. 2022. 12. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Anhembí Morumbi (UAM), Anhembí, 2022.

STOCCO, T. D.; RODRIGUES, R. A. Utilização de membros protéticos fabricados a partir de impressão 3D para amputados. **ARCHIVES of Health Sciences**, São José do Rio Preto - SP, v. 27, n. 1, p. 65-69, dez. 2020.