

# Tecnologia que abraça: impressão 3D de prótese infantil personalizada para inclusão e autonomia

Muniz, Laura Pardino<sup>\*1</sup>; De Sá, Letícia Caroline Kaspchak<sup>2</sup>; Dos Santos, Giovanna Zarpelon<sup>3</sup>; Barduco, Gabriela Schrann<sup>4</sup>; Stramandinoli-Zanicotti, Roberta Targa<sup>5</sup> Foggiatto, José Aguiomar<sup>6</sup>

1 – Departamento de Mecânica, UTFPR, lauramuniz@alunos.utfpr.edu.br

2 – Departamento de Engenharia biomédica, UFPR, adm.leticia.kterapia@gmail.com

3 – Departamento de Mecânica, UTFPR, giovannazarpelon@alunos.utfpr.edu.br

4 – Departamento de Mecânica, UTFPR, gabrielabarduco@alunos.utfpr.edu.br

5 – Serviço de Prótese Facial Reconstructiva do Complexo Hospitalar do Trabalhador, CHT, robertastramandinoli@yahoo.com.br

6 – Departamento de Mecânica, UTFPR, foggiatto@utfpr.edu.br

\* - Correspondência: NUFER/DAMEC/UTFPR-CT - Rua Deputado Heitor de Alencar Furtado, 5000, Sala EM-101, Ecoville, Curitiba, PR, Brasil, 81.280-340

DOI 10.52050/9788579177149-28

## RESUMO

A dificuldade de adaptar métodos convencionais à realidade de pacientes pediátricos motivou o uso de soluções em tecnologia assistiva para personalização de próteses. Este estudo teve como objetivo desenvolver uma prótese infantil personalizada por meio da modelagem 3D e impressão 3D, com foco na inclusão e autonomia. Utilizou-se moldagem convencional, modelagem digital e manufatura aditiva por extrusão de material. Os resultados preliminares demonstraram viabilidade técnica, baixo custo e agilidade na produção. A pesquisa contribui para as áreas de Engenharia, Design, Saúde e Tecnologia Assistiva, ao propor uma abordagem centrada no usuário e voltada à melhoria da qualidade de vida infantil.

**Palavras-chave:** prótese personalizada, manufatura aditiva, tecnologia assistiva.

## ABSTRACT

*The difficulty of adapting conventional methods to pediatric patients has prompted the use of assistive technology solutions for personalized prostheses. The aim of this study was to develop a personalized children's prosthesis using 3D modeling and 3D printing, with a focus on inclusion and autonomy. Conventional molding,*

*digital modeling and additive manufacturing by material extrusion were used. Preliminary results showed technical feasibility, low cost and agility in production. This research contributes to the areas of Engineering, Design, Health and Assistive Technology by proposing a user-centered approach with the aim of improving children's quality of life.*

**Keywords:** *customized prosthesis, additive manufacturing, assistive technology.*

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o Censo Demográfico de 2010 do IBGE revelou que cerca de 23,9% da população possui algum tipo de deficiência, incluindo limitações visuais, motoras, auditivas ou intelectuais. Para promover a inclusão social e garantir direitos fundamentais, foram implementadas diversas iniciativas, como o Estatuto da Pessoa com Deficiência (Lei nº 13.146/2015), ações do Comitê de Ajudas Técnicas (CAT) e investimentos em pesquisas e inovações em Tecnologia Assistiva (TA) (LAJARIN et al, 2025).

As malformações congênitas são um dos fatores relevantes para o surgimento de deficiências, caracterizando-se por alterações estruturais, funcionais ou metabólicas presentes desde o nascimento. Elas podem variar em número e gravidade, e causam impactos significativos tanto para os indivíduos acometidos quanto para seus familiares e profissionais de saúde. Malformações nos membros superiores ou inferiores, por exemplo, exigem cuidados especializados e suporte contínuo para promover o desenvolvimento e a qualidade de vida do paciente (PEREIRA et al., 2008).

A Tecnologia Assistiva é um campo interdisciplinar que engloba produtos, recursos e serviços para promover autonomia e inclusão social de pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida. No Brasil, esses recursos são organizados em doze categorias funcionais, abrangendo órteses, próteses e dispositivos de comunicação, aplicados em contextos como educação, saúde e reabilitação, facilitando a participação social e a funcionalidade dos usuários. Nisso, os Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação em Tecnologia Assistiva (NAPI-TA) representam uma iniciativa que integra instituições acadêmicas, órgãos públicos e organizações sociais para desenvolver políticas, pesquisas e inovações que aprimorem o atendimento às pessoas com deficiência no país (BERSCH, 2017).

As próteses desempenham papel essencial na reabilitação física e reinserção social de pessoas com ausência de membros, seja por causas congênitas ou adquiridas. Além de restaurar funções motoras e estéticas, esses dispositivos têm impacto positivo na autoestima e na autonomia dos usuários. A evolução tecnológica tem ampliado a diversidade e a eficiência das próteses, mas o custo elevado de produção ainda representa um obstáculo à sua ampla distribuição.

O processo de fabricação de próteses envolve materiais caros e mão de obra especializada, o que encarece os produtos finais. Como resultado, muitas pessoas com deficiência não conseguem acesso às próteses personalizadas. Diante disso, a multidisciplinaridade aliada ao avanço tecnológico nas mais abrangentes áreas do conhecimento vem tentando oferecer métodos de fabricação de baixo custo, visando ampliar a acessibilidade destes dispositivos reabilitadores (GRETSCHEK et al., 2016).

A impressão tridimensional (3D), ou manufatura aditiva, surge como uma tecnologia inovadora que permite a produção rápida e personalizada de objetos complexos a partir de modelos digitais. Na saúde, essa técnica tem sido aplicada na confecção de partes do corpo e dispositivos de Tecnologia Assistiva, oferecendo maior precisão, adaptação individual e benefícios clínicos. Estudos como os de Denadai et al., (2023), Merino (2023) e Lajarin et al. (2025), ilustram aplicações clínicas desta tecnologia, como na confecção de próteses nasais estéticas e identificaram vantagens econômicas e funcionais da tecnologia na produção de órteses e próteses para membros superiores.

A fabricação de órteses e próteses por impressão 3D tem ganhado destaque por possibilitar produtos personalizados, confortáveis e que facilitam a reintegração social dos usuários. Estudos recentes demonstram vantagens econômicas e funcionais dessa tecnologia, especialmente na produção de próteses para membros superiores, o que motiva o desenvolvimento de soluções multifuncionais, personalizadas e de baixo custo para pacientes com malformações congênitas, utilizando recursos da manufatura aditiva. Produtos personalizados podem proporcionar maior conforto e facilitar a reintegração às atividades cotidianas. Diante disso, com a mesma visão dos estudos citados anteriormente, este trabalho tem por objetivo desenvolver, utilizando recurso da manufatura aditiva, uma prótese multifuncional, personalizada e de baixo custo para um paciente com malformação congênita, apresentando redução de membros superiores.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

Paciente J.B.B. possui um ano e quatro meses de idade e apresenta uma malformação congênita de extremidades de membros superiores e inferiores que foi identificada na primeira ecografia morfológica do pré-natal. Em aspectos relacionados ao desenvolvimento neuropsicomotor, não apresenta atrasos aparentes, bem como, não é possível perceber alterações sensoriais nas extremidades existentes. No membro superior direito, possui a porção proximal do úmero, o que favorece o processo de adaptações no coto, já o esquerdo possui uma porção menor do úmero. Em membros inferiores, não possui alterações de

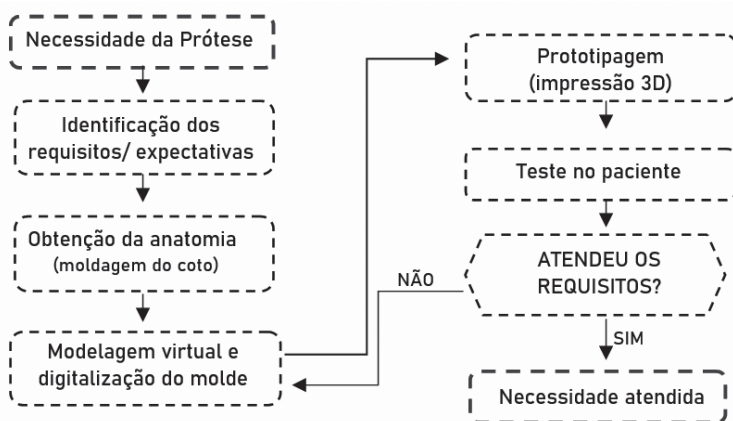
pelve, porém fêmur e porções distais são ausentes. Ainda são desconhecidas as possíveis causas da malformação de membros, e não foram realizados exames genéticos bem como exames de imagem como tomografias e ressonância.

É essencial o uso de adaptações que potencializam a funcionalidade dos cotos durante essa fase do desenvolvimento, a fim de possibilitar maior exploração de objetos, do ambiente e de diferentes brinquedos, além de viabilizar a participação em atividades cotidianas compatíveis com a faixa etária, como a alimentação. Tal abordagem contribui para um desenvolvimento cortical mais eficiente, o que poderá facilitar, futuramente, a adaptação de próteses de maior complexidade. Com o objetivo de desenvolver uma solução personalizada, foram necessárias ações multidisciplinares que envolveram profissionais da saúde, responsáveis pelo manejo do paciente e todo atendimento, levantamento dos requisitos e necessidades individuais junto à família, aliados a estudantes de engenharia na modelagem e desenvolvimento da prótese.

O primeiro passo do projeto foi identificar junto aos familiares do paciente e respeitando a faixa etária os requisitos propostos, que foram: promover maior independência nas atividades cotidianas, auxiliando, assim, seu desenvolvimento motor, estabilidade adequada da prótese no corpo, garantindo fixação segura sem risco de queda, sem comprometer o conforto do usuário, permitindo que a criança se movimente livremente e com segurança durante as atividades típicas da infância. Um fluxograma com as etapas para fabricação pode ser visto na Figura 1.

Foi realizada moldagem do coto esquerdo e direito enrolando várias camadas de filme de PVC seguido de atadura gessada para a obtenção de um molde mais firme e fiel da anatomia. Após essa etapa foi realizado o envasamento de gesso pedra tipo III a fim de garantir estabilidade dimensional e obter um modelo opaco, propício para digitalização. A partir do molde de gesso foi feita a digitalização através do scanner Creality CR-scan Lizard e do programa CR-scan. Em seguida foi feita a exportação do arquivo resultante em formato STL, para realizar as etapas de modelagem via CAD, (do inglês, Computer Aided Design) e o projeto conceitual foi iniciado.

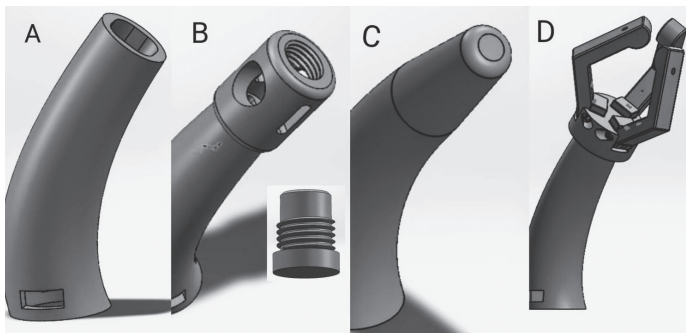
**Figura 1** - Fluxograma das etapas de fabricação da prótese.



Com os pré-requisitos elencados, foi desenvolvida a ideia de uma prótese com pontas intercambiáveis entre três ponteiros diferentes, ligada por ímãs a uma peça intermediária que é fixa ao coto com fitas de velcro. Para atender as necessidades como se alimentar e escrever, foi desenvolvido uma ponteira destinada a rosquear objetos cilíndricos ou achatados, como talheres, lápis e canetas; outra em formato de garra, visando possibilitar ao paciente a pega de objetos maiores e uma terceira com um ímã na ponta, permitindo a fixação de brinquedos metálicos ou adaptados com ímãs, facilitando sua apreensão pelo paciente.

A parte fixa da prótese foi modelada a partir da anatomia digitalizada do coto no programa gratuito Meshmixer da Autodesk. As demais partes do projeto foram modeladas em um sistema CAD 3D (Solidworks). Na Figura 2 é possível observar o projeto das ponteiros e da peça intermediária para fixar ao coto.

**Figura 2** - Peças desenvolvidas - A: intermediário entre o encaixe da peça que vai direto no coto e as ponteiros; B: ponteira rosqueável para apreender talheres; C: ponteira cônica com ímã na ponta para atrair peças metálicas; D: garra para apreensão de objetos maiores.



Para a prototipagem das peças foi usado o processo de manufatura aditiva com princípio de extrusão de material (MEX). A porção da prótese que ficará em contato direto ao coto, foi fabricada com filamento flexível de TPU (Termoplástico de Poliuretano), um composto flexível e de menor densidade com a possibilidade de dobras e tração e as demais peças com filamento de PLA (Ácido Polilático) que é rígido, amplamente disponível, baixo custo e de fácil processamento. Todas as peças foram fabricadas na impressora 3D K1 Max da Creality com volume de impressão 300 x 300 x 300 mm. Os parâmetros de impressão encontram-se na Tabela 1. Optou-se pelo preenchimento indicado visando o máximo de leveza possível, mas com resistência mecânica. No furo da extremidade foram acopladas quatro imãs, as quais fixarão as ponteiras removíveis.

**Tabela 1** - Principais parâmetros de impressão em TPU e PLA.

| Parâmetro                        | Encaixe no coto em TPU | Parte intermediária em Hyper PLA | Ponteiras em Hyper PLA |
|----------------------------------|------------------------|----------------------------------|------------------------|
| Altura da camada                 | 0,20 mm                | 0,20 mm                          | 0,20 mm                |
| Temperatura de impressão         | 230°C                  | 220°C                            | 220°C                  |
| Temperatura da 1ª camada         | 230°C                  | 220°C                            | 220°C                  |
| Temperatura da mesa de impressão | 35°C                   | 50°C                             | 50°C                   |
| Veloc. de extrusão na 1ª camada  | 30 mm/s                | 60 mm/s                          | 60 mm/s                |
| Veloc. de extrusão geral         | 50 mm/s                | 150 mm/s                         | 150 mm/s               |
| Contornos sólidos na parede      | 4                      | 3                                | 4                      |
| Preenchimento interno            | 30%                    | 12%                              | 15% a 30%              |
| Geometria de preenchimento       | Grade                  | Honeycomb                        | Grade                  |
| Ângulo de limite do suporte      | 30°                    | 45°                              | 25°                    |
| Tipo de suporte                  | Árvore                 | Árvore                           | Árvore                 |

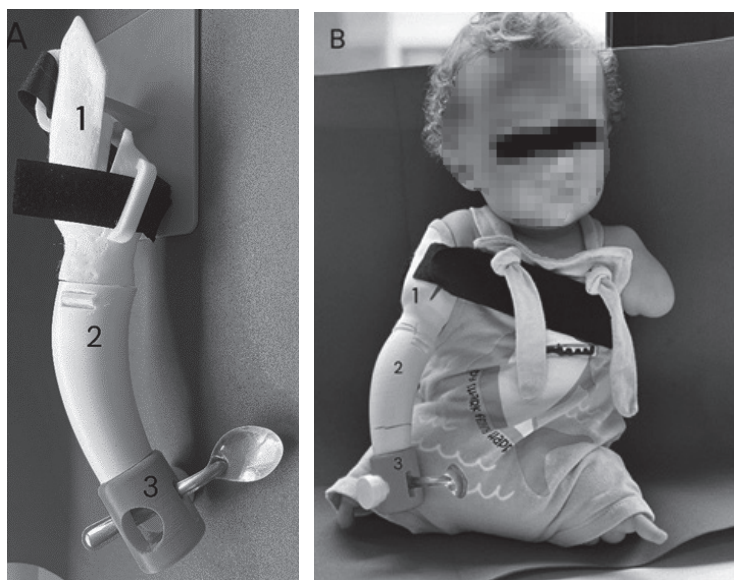
3. RESULTADOS

A etapa inicial do projeto consistiu na obtenção da anatomia do paciente e na escuta ativa das necessidades relatadas por seus familiares, com ênfase em um processo de desenvolvimento centrado no usuário. Devido à dificuldade do paciente em manter-se imóvel para a digitalização direta – em razão de sua pouca idade – optou-se pela moldagem física como alternativa viável para a obtenção precisa da geometria necessária à modelagem tridimensional. Esse método possibilitou a criação de uma base anatômica fiel, fundamental para a personalização da prótese.

A manufatura aditiva (AM), por extrusão de material, permitiu a produção ágil de protótipos com geometrias complexas e a um custo significativamente menor do que processos tradicionais como usinagem e injeção plástica. Essa tecnologia mostrou-se eficiente na produção de peças personalizadas e adaptadas às necessidades específicas do usuário. A versatilidade da AM ficou evidente ao possibilitar alterações de design e reimpressões em poucas horas, promovendo um rápido processo iterativo. Nesse trabalho não foram realizados testes sistemáticos de resistência mecânica, durabilidade e desempenho funcional.

Atualmente, a prótese encontra-se em fase de adaptação de geometria e uso supervisionado (demonstrado na Figura 3). A família demonstrou grande satisfação com os primeiros resultados, relatando entusiasmo ao observar os avanços no uso da prótese. Apesar das limitações iniciais, o paciente já apresenta capacidade de alcançar objetos com apoio do dispositivo, o que representa um progresso importante na interação com o ambiente. Esses pequenos ganhos funcionais reforçam o potencial da prótese personalizada para promover maior independência quando se trata de crianças pequenas, exigindo o apoio de equipe multiprofissional para garantir adesão gradual e efetiva ao uso.

**Figura 3** - Prótese montada e seus componentes: A: Peças constituintes da prótese impressa: 1- encaixe no coto, 2- peça intermediária contendo ímãs e 3- ponteira removível; B: Prova da prótese e adaptação no paciente.



## 4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo, embora preliminares, demonstram que a modelagem 3D associada à manufatura aditiva é uma alternativa promissora e viável para a produção de dispositivos personalizados. A abordagem utilizada permitiu contornar limitações clínicas importantes, como a impossibilidade de escaneamento direto, evidenciando a flexibilidade do processo e sua aplicabilidade em contextos reais, mesmo diante de desafios como o atendimento a pacientes pediátricos.

Apesar das dificuldades de adaptação do paciente por se tratar de uma criança, o trabalho mostrou-se de grande valia ao possibilitar a produção rápida e de baixo custo de protótipos personalizados, além de promover um desenvolvimento centrado no usuário. Os resultados reforçam a relevância do tema e indicam a necessidade de novos estudos que aprofundem a análise funcional, ergonômica e mecânica das soluções propostas, visando à consolidação dessa tecnologia na prática clínica.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação Araucária pelo apoio financeiro através do NAPI-TA (Novo Arranjo de Pesquisa e Inovação em Tecnologia Assistiva) ao CNPq pela bolsa de produtividade em desenvolvimento tecnológico e extensão inovadora e aos familiares do paciente por todo envolvimento e disposição com o estudo.

## REFERÊNCIAS

- MERINO, G. S. A. D. *GoDP - Guia de orientação para Desenvolvimento de Projetos: uma metodologia de Design Centrado no Usuário*. Florianópolis: NGD/UFSC, 2016.
- BERSCH, R. *Introdução à tecnologia assistiva: citações e bibliografias*. [S.l.]: 2017.
- DENADAI, B. B.; FRANCO, F. M.; BARCZYSHYN, K.; FOGGIATTO, J. A. *Manufacture of silicone nasal prostheses with digital tools and 3D-printed molds*. *International Journal of Health Science*, [s.l.], v. 3, n. 3, p. 2-7, 2023.
- GRETSCH, K. F.; LATHER, H. D.; PEDDADA, K. V.; DEEKEN, C. R.; WALL, L. B.; GOLDFARB, C. A. *Development of novel 3D-printed robotic prosthetic for transradial amputees*. *Prosthetics & Orthotics International*, [s.l.], v. 40, n. 3, p. 400-403, 2016.
- LAJARIN, S. F.; ALMEIDA, S. T.; DIAS, R. F. R.; VALENTINI, F. I. P.; LEAL, M.; ARAUJO, A. C. de S.; POIER, P. H.; OKIMOTO, M. L. L. R. *Prótese de baixo custo com pontas funcionais intercambiáveis e adaptações para bi amputado de membro superior*. *Caderno Pedagógico*, [s.l.], v. 22, n. 5, p. e14623, 2025.
- PEREIRA, R. J. da S.; ABREU, L. C. de; VALENTI, V. E.; ALBUQUERQUE, W. D. M.; PEREIRA, S. C.; ARAÚJO, R.; FERREIRA NETO, M. L.; DOS SANTOS, S. M. *Frequência de malformações congênitas das extremidades em recém-nascidos*. *Journal of Human Growth and Development*, [s.l.], v. 18, n. 2, p. 155, 2008.