

# KWAWU PASSIVA ESTÉTICO-FUNCIONAL: REMIX DE UMA PRÓTESE OPEN-SOURCE DE MEMBRO SUPERIOR TRANSRADIAL MANUFATURADA POR IMPRESSÃO 3D

**Aesthetic-functional passive Kwawu:  
Remix of an open-source transradial  
upper limb prosthesis  
manufactured by 3D printing**

*Eduardo Keller Rorato<sup>1</sup>*

*Pedro Paulo do Nascimento Silva<sup>2</sup>*

*Maria Elizete Kunkel<sup>3</sup>*

## Resumo

Próteses ativas open-source de membro superior manufaturadas por impressão 3D são a maioria e possuem limitações funcionais e estéticas. O objetivo deste estudo foi descrever o processo de desenvolvimento do remix de uma prótese passiva estético-funcional de membro superior. O estudo foi desenvolvido a partir da adaptação de componentes open-source, parametrizados com base em medidas antropométricas de uma manequim. O remix dos componentes viabilizou um dispositivo com encaixe-rápido entre terminais estético e funcionais. A intercambialidade entre terminais combinou funcionalidade e estética em uma prótese de membro superior, que diminui a lacuna no campo das próteses open-source passivas.

**Palavras-chave:** Prótese, Passiva, Open-source.

## Abstract

Open-source upper limb prostheses manufactured through 3D printing are predominantly active models, limited in both functionality and aesthetics. The objective of this study was to describe the development process of a functional-aesthetic passive upper limb prosthesis remix. The study involved adapting open-source components, parameterized based on anthropometric measurements from a mannequin. The remix of components enabled a device with swift interchangeability between aesthetic and functional terminals. Terminal interchangeability converged functionality and aesthetics in an upper limb prosthesis, thereby bridging the gap in the realm of passive open-source prostheses.

**Key-words:** Prosthesis, Passive, Open-source

---

<sup>1</sup> ek.rorato@unifesp.br

<sup>2</sup> ppnsilva@unifesp.br

<sup>3</sup> elizete.kunkel@unifesp.br

## 1 INTRODUÇÃO

Próteses de membro superior são dispositivos com a função de substituir artificialmente o membro. Elas podem ser classificadas como passivas (estéticas ou funcionais) e ativas (dinâmicas) e são indicadas conforme o comprimento do membro remanescente (CORDELLA et al., 2016; CASTANEDA, 2021). Os dispositivos passivos estéticos têm uma aparência antropomórfica, enquanto os funcionais têm aparência mecânica, como por exemplo um gancho (MAAT et al., 2018).

A tecnologia de impressão 3D tem sido utilizada no desenvolvimento de próteses de membro superior, permitindo a disseminação e desenvolvimento de projetos registrados sob licença open-source ou de formato aberto (KUNKEL et al., 2020). A e-Nable é uma iniciativa de impacto social que disponibiliza pela internet uma biblioteca de modelos digitais desse tipo de próteses, que são desenvolvidos por criadores e grupos de criadores de todo o mundo (e-Nable, 2023). O fácil acesso aos componentes permite que qualquer pessoa possa desenvolver remixes dos modelos de próteses, ou seja, a modificação ou adaptação do dispositivo ou algum componente foi com base em um modelo ou componente anterior.

Apesar de todo o potencial desse sistema, a grande maioria dos modelos de prótese open-source de membro superior são ativos e apresentam uma aparência estética limitada a esse aspecto, com elementos funcionais aparentes e pouca similaridade antropomórfica (RODRIGUES et al., 2016). Além disso, um feedback de usuários reabilitados pelo programa Mao3D, que já realizou a doação de mais de 40 próteses adaptadas de modelos e-Nable, tem relação com o contexto de uso da prótese, com maior interesse no uso em situações sociais e na dimensão estética, descartando o mecanismo de flexão dos dedos para a manipulação de objetos.

O único modelo open-source passivo de prótese da e-Nable é o remix passivo estético Kwawu (e-Nable, 2021a), adaptado da segunda versão (v2) do modelo ativo Kwawu desenvolvido por Jacquin Buchanan. Tal escolha pode ser atribuída à indisponibilidade, na época, da terceira versão da prótese Kwawu (v3). A segunda e terceira versões possuem variações que se adequam a membros remanescentes de nível transradial curto e médio/longo (Thingiverse, 2022). Neste estudo, a variante para membros remanescentes de nível transradial curto (socket) foi selecionada para que se possa investigar a eficácia e a adaptabilidade específica desse ajuste. O grupo No Insurance Optimized Prosthetics (NIOP) também projetou alguns terminais passivos funcionais, compatíveis com um componente de conexão de punho de encaixe rápido, o quick-connect.

O objetivo deste relatório técnico é descrever o processo de desenvolvimento de um remix de prótese open-source passiva estético-funcional de membro superior.

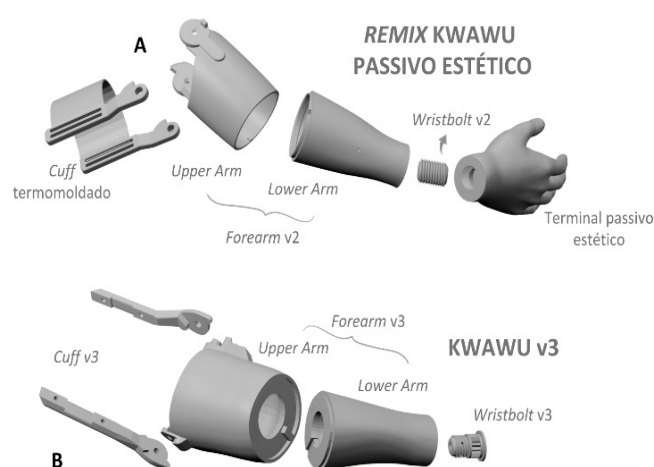
## 2 DESENVOLVIMENTO

O remix Kwawu passivo estético-funcional foi baseado no remix Kwawu passivo estético, na terceira versão da prótese Kwawu e nos terminais funcionais e quick-connect NIOP. Ele foi desenvolvido em sete etapas:

Na etapa 1, identificamos os componentes do remix Kwawu passivo estético e Kwawu v3, destacando suas diferenças. O remix passivo estético variação socket é composto por quatro principais componentes: terminal passivo estético (mão), wristbolt

(conexão de punho), forearm (dividido em lower e upper arm) e cuff (Fig. 01A). As partes lower e upper arm são encaixadas e coladas para formar o forearm. O wristbolt rosqueia o terminal passivo estético e o forearm, enquanto o cuff é impresso em formato plano e moldado termicamente para fixação por velcros. Em relação a Kwawu v3, o wristbolt apenas rosqueia o forearm e o terminal ativo é acoplado por pressão interna. O encaixe das partes upper e lower arm tem maior área de contato, e o cuff da terceira versão incorpora estruturas para fixação de couro ou EVA e ajuste por velcros (Fig. 01B).

Figura 01 - Comparação entre os componentes do remix Kwawu passivo estético (A) e da terceira versão do modelo Kwawu (B), evidenciando a presença do terminal passivo estético no remix. Ambos compartilham os componentes cuff, forearm (dividido em upper e lower arm) e wristbolt.



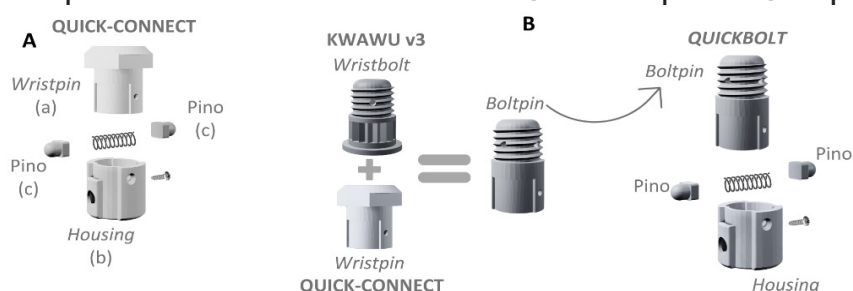
Na etapa 2, uma manequim feminina teve seu braço removido, fixado em uma prensa e amputado logo abaixo do cotovelo. Foram realizadas quatro medidas com o uso de uma fita métrica. O software de modelagem 3D open-source openSCAD é utilizado na parametrização de modelos de próteses da e-Nable pois permite gerar os arquivos digitais em formato estereolitografia (STL), que descreve a superfície de modelos 3D, dos componentes da prótese conforme o tamanho do usuário. As seguintes medidas foram obtidas na manequim: Circunferência do bíceps (do membro remanescente (a) 224 mm; circunferência do antebraço do membro remanescente (b) 217 mm; tamanho do antebraço do membro completo (c) 271 mm; e a distância entre as margens do dedo mindinho ao dedo indicador (d) 78 mm.

Na etapa 3, os componentes wristbolt, forearm e cuff da variação socket da terceira versão Kwawu foram gerados em formato STL no openSCAD, com base nas medidas da etapa 2. Os arquivos em STL foram então importados no software open-source Cura para configuração dos parâmetros de impressão e para gerar um arquivo compatível com a impressora (gcode): Altura de camada (0,2mm), quantidade de paredes laterais, superior e inferior (4), densidade de preenchimento (25%), velocidade e temperatura do bico de extrusão (45 mm/s e 206°C). A manufatura dos componentes foi realizada no Laboratório de Órteses e Próteses 3D da UNIFESP com as impressoras 3D Stella 3 Lite (Boa Impressão 3D) e Ender3 (Creality) e filamentos de poliácido láctico (PLA). Um

estilete e lixa d'água foram utilizados para acabamento nos componentes manufaturados.

Na etapa 4, os arquivos STL dos componentes do quick-connect (e-Nable, 2021b) foram ajustados no software de modelagem 3D open-source Blender para se adaptarem ao forearm Kwawu v3. O quick-connect integra wristpin (a), housing (b) e pinos (c) (Fig. 02A). O mecanismo de encaixe rápido funciona com uma mola entre os pinos e o sistema é fechado por um parafuso. O grupo NIOP o projetou para unir o wristpin a um forearm modificado da segunda versão Kwawu. Para compatibilidade com o forearm da terceira versão, os componentes foram alinhados e redimensionados visualmente de acordo com o wristbolt Kwawu v3 (88% comparado ao tamanho original). Assim, surgiu o quickbolt, fusão do quick-connect NIOP e wristbolt Kwawu v3 (Fig. 02B).

Figura 02 - Componentes quick-connect (A), remix boltpin, que origina o quickbolt (B) a partir dos componentes wristbolt Kwawu v3 e wristpin NIOP quick-connect.



Na etapa 5, três terminais funcionais foram adquiridos na e-Nable e dimensionados no software Blender com a mesma porcentagem de escala utilizada na etapa 4 (88%) e parâmetros de manufatura da etapa 3 (e-Nable, 2021c).

Na etapa 6 o terminal do remix da prótese Kwawu passiva estética foi adaptado para ser compatível com a peça quickbolt. Para isso, o terminal (mão) do remix Kwawu deve ter o negativo do componente formador do quick-connect housing, com um furo passante nas laterais para encaixe do pino, ajuste realizado pelo mesmo processo da etapa 4.

Na etapa 7, o remix da prótese Kwawu passiva estético-funcional (formada pelo forearm e cuff da terceira versão do modelo Kwawu, o quickbolt e os terminais estético adaptado e funcionais) foi montada e fixada no membro remanescente da manequim. O membro remanescente foi posicionado no forearm e o cuff v3 recebeu uma tira de EVA com velcro, pressionando as hastes no braço da manequim.

### 3 RESULTADOS

Na etapa 1, as inovações propostas na versão Kwawu mais recente foram identificadas. Na etapa 2 a utilização da manequim proporcionou uma abordagem prática e realista para a adaptação do dispositivo. Na etapa 3, a manufatura dos componentes não apresentou desafios significativos, entretanto, a seleção do material e a otimização dos parâmetros de impressão requer investigações mais aprofundadas em futuros estudos.

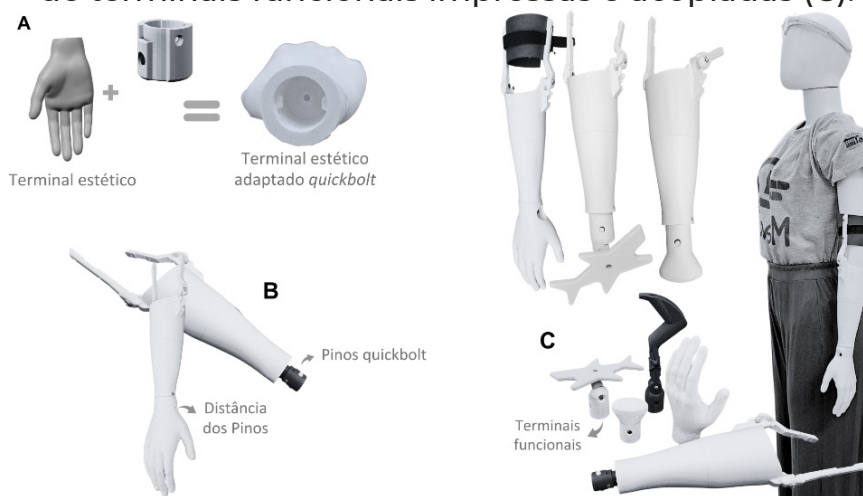
Na etapa 4, a concepção e implementação da peça quickbolt permitiu operacio-

nalizar o mecanismo de encaixe rápido no forearm Kwawu v3. Todavia, é evidente a necessidade contínua de aprimoramentos no sistema de encaixe rápido das peças quick-connect e quickbolt. A etapa 5 permitiu observar que a peça quickbolt possibilita uma fixação suficiente dos terminais, permitindo a modularidade e troca dos componentes da prótese de forma conveniente (Fig. 03).

A implementação do terminal estético na etapa 6 trouxe um desafio: o acesso aos pinos da peça quickbolt (Fig. 03A). A dificuldade de desacoplar o terminal ocorre devido à inacessibilidade dos pinos de pressão do quickbolt (Fig. 03B). Uma solução viável é criar cortes nas laterais da mão para ampliar o acesso aos pinos.

Por fim, a prótese desenvolvida alcançou êxito nos objetivos estético-funcionais, com potencial para preencher a lacuna identificada nos dispositivos e-Nable. A manequim proporcionou um teste de fixação satisfatório (Fig. 03C). Os componentes wristbolt, forearm e cuff da prótese estético-funcional são obtidos a partir do arquivo executável openSCAD da terceira versão Kwawu, enquanto os demais exigem adaptação manual dos arquivos STL originais. A perspectiva de adaptar completamente o remix Kwawu usando o openSCAD pode simplificar a reprodução do dispositivo.

Figura 03 - Adaptação do terminal estético para ser compatível com o quickbolt, operacionalizado a partir de componente do quick-connect (A). Mecanismo de encaixe-rápido inacessível com o terminal acoplado devido a espessura da parede do terminal (B). Protótipo Kwawu passivo estético-funcional fixado na manequim, alternativas de terminais funcionais impressas e acopladas (C).



## 4 CONCLUSÕES

Este relatório técnico apresentou um remix da prótese de membro superior open-source Kwawu, transformando-a em um dispositivo passivo estético-funcional. O remix aborda a limitação estética e o desinteresse no mecanismo de acionamento das próteses mecânicas ativas open-source, preenchendo também uma lacuna na quantidade de próteses passivas open-source e-Nable. Sua característica estético-funcional é alcançada pela intercambialidade dos terminais. Comparado ao modelo passivo estético existente, o novo modelo utiliza componentes mais recentes. Na próxima fase, planeja-se testar o remix em voluntários do programa Mao3D com ausência de membro superior de nível transradial curto, avaliando a eficácia do cuff da terceira versão

em relação ao da segunda. Além disso, a adaptação para membros remanescentes de nível transradial médio e longo continua em perspectiva.

## AGRADECIMENTOS

À agência de fomento do Canadá International Development Research Council (IDRC) processo número IIDA, que fomentou a realização deste estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTANEDA, Luciana. Próteses de membros superiores e inferiores: indicações e confecção. São Luís In: UNIVERSIDADE ABERTA DO SUS. UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO, 2021.

CORDELLA, Francesca; CIANCIO, Anna Lisa; SACCHETTI, Rinaldo; DAVALLI, Angelo; CUTTI, Andrea Giovanni; GUGLIELMELLI, Eugenio; ZOLLO, Loredana. Literature Review on Needs of Upper Limb Prosthesis Users. *Frontiers in Neuroscience*, N.I., v. 10, n. 12, p. 1-14, may. 2016.

E-NABLE HUB [Online]. Wiki. 2023. Disponível em: <https://hub.e-nable.org/s/e-nable-devices/wiki/> Acesso em fevereiro de 2023.

E-NABLE HUB [Online]. Aesthetic Passive Hand. 2021a. Disponível em: <https://hub.e-nable.org/s/e-nable-devices/wiki/Aesthetic+Passive+Hand> Acesso em fevereiro de 2023.

E-NABLE HUB [Online]. Quick-Connect Wrist pin. 2021b. Disponível em: <https://hub.e-nable.org/s/e-nable-devices/wiki/Quick-Connect+Wrist+Pin> Acesso em fevereiro de 2023.

E-NABLE HUB [Online]. NIOP Q-C Adapters. 2021c. Disponível em: <https://hub.e-nable.org/s/niop-no-insurance-optimized-prosthetics/cfiles/browse/index?fid=280> Acesso em março de 2023.

KUNKEL, Maria Elizete; CANO, Ana Paula D; GANGA, Thabata Alcantara F. Manufatura Aditiva do Tipo FDM na Engenharia Biomédica. *Fundamentos e Tendências em Inovação Tecnológica*. Seattle, United States, Kindle Direct Publishing, v. 1, n. 1, p. 59-60, 2020

MAAT, Bartjan; SMIT, Gerwin; PLETTENBURG, Dick; BREEDVELD, Paul. Passive prosthetic hands and tools: A literature review. *Prosthetics and Orthotics International*, Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health, v. 42, n. 1, p. 66–74, fev. 2018.

RODRIGUES, Ricardo Schwinn; CINELLI, Milton José; FERREIRA, Marcelo Gitirana Gomes; DOMENECH, Susana Cristina. O design de próteses open source para membros superiores por meio da análise documental de projetos. *e-Revista LOGO*, Florianópolis, v. 5, n. 2, p. 93–119, dez. 2016.

THINGIVERSE [Online]. Jacquin Buchanan Designs. 2022. Disponível em: <https://www.thingiverse.com/jacquinbuchanan/designs>