

# DESENVOLVIMENTO DE MÃO ROBÓTICA DE BAIXO CUSTO

## DEVELOPMENT OF LOW-COST ROBOTIC HAND

RIBEIRO, William Candido<sup>1</sup>; MIYADAIRA, Alberto Noboru<sup>2</sup>; FERRUZZI, Yuri<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Medianeira, Paraná, Brasil  
<sup>1</sup>[williamwcr@hotmail.com](mailto:williamwcr@hotmail.com); <sup>2</sup>[miyadaira@utfpr.edu.br](mailto:miyadaira@utfpr.edu.br); <sup>3</sup>[yuri@utfpr.edu.br](mailto:yuri@utfpr.edu.br)

### Resumo

Este trabalho refere-se à proposta de desenvolver uma mão robótica de baixo custo, objetivando transformá-la em uma prótese de mão biônica para pessoas deficientes que não possuem acesso à essa tecnologia, a qual irá melhorar a qualidade de vida, autoestima e, conseqüentemente, colaborar com a inclusão social. Utilizando-se de uma impressora 3D de mesa para a confecção das peças plásticas, borracha Látex para simular a pele humana, uma placa microcontroladora open hardware BROH (Brazilian Open Hardware) e um aplicativo criado na plataforma Android™, foi possível construir um protótipo de prótese simples, com textura semelhante à observada em seres humanos, cujo controle individual dos dedos foi realizado via bluetooth e, experimentalmente, foi possível comprovar que a mão é capaz de manipular objetos de diferentes geometrias e com boa aderência, respeitando suas limitações de força.

**Palavras-chave:** Mão Robótica; Impressora 3D; Prótese.

### Abstract

This work refers to the proposal to develop a robotic hand low cost, aiming to turn it into a bionic prosthetic hand for disabled people who do not have access to this technology, which will improve the quality of life, self-esteem and consequently collaborate with social inclusion. Using a 3D desktop printer for manufacturing of plastic parts, latex rubber to simulate human skin, open board microcontroller hardware BROH (Brazilian Open Hardware) and a application in the Android™ platform, it was possible to build a simple prosthesis with texture similar in humans, with individual control of the fingers was conducted via bluetooth and, experimentally, it was possible to prove that the hand is capable of handling objects of different geometries and with good grip, respecting their strength limitations.

**Key words:** Robotic hand; 3D printer; Prosthetic.

## 1. Introdução

O avanço científico tem facilitado o acesso às ferramentas tecnológicas que antes eram restritas a um público seletivo, devido à disseminação do conhecimento. Atualmente, a popularização e disseminação do conhecimento sobre a construção e manutenção de impressoras 3D, permitiram que empresas de pequeno porte, centros de pesquisa e até mesmo pessoas físicas, em suas residências, tenham esta ferramenta para construção de peças com geometria simples ou complexas e em diferentes tipos de materiais como, por exemplo, PLA, ABS e Nylon.

Criada nos Estados Unidos em 1984, por Chuck Hull, a impressão 3D que também pode ser chamada de prototipagem rápida, vem conquistando cada vez mais espaço no mercado e nos ambientes de trabalho por oferecer baixo custo e facilidade na confecção de peças, podendo em alguns casos até se auto replicarem, ou seja, imprimir peças que compõem sua própria estrutura. Essa é a filosofia de uso das *REPRAP'S*, uma plataforma *open-source* para prototipagem rápida, que contribuiu significativamente para a difusão da utilização de impressoras 3D de baixo custo no mundo. (REPRAP, 2015).

O uso da impressão 3D atende inúmeras áreas, como a medicina, onde atualmente, máquinas mais sofisticadas já conseguem reproduzir vasos sanguíneos, pele e tecidos humanos, além de permitir uma personalização de próteses e implantes com uma abrangência sem precedentes. Motivados pelo alto custo de próteses biônicas os proprietários de impressoras 3D desenvolveram modelos de próteses mecânicas de baixo custo e disponibilizaram seus arquivos para *download*, com o custo de fabricação muito menor em relação às industriais disponíveis no mercado, tornando essas simples próteses em uma ajuda substancial na vida de muitas pessoas. (LOPES, 2013).

Este projeto visa desenvolver um estudo sobre próteses robóticas, direcionado para a confecção de uma mão biônica. A pesquisa desenvolve-se a partir da mão e antebraço do projeto francês *Inmoov*, criado pelo escultor Gael Langevin que objetiva a construção de um robô humanoide em tamanho real, transformando o braço de um robô em uma prótese com movimentos semelhantes aos naturais sem deixar de lado a parte estética da mesma (INMOOV, 2015). O projeto proposto se legitima pelo caráter social da pesquisa, que tem por objetivo principal propor uma alternativa de prótese robótica de baixo custo destinada às pessoas carentes que necessitam da tecnologia para melhorar a qualidade de vida e a autoestima, e conseqüentemente, colaborar com a inclusão social. Logo, o presente trabalho também se preocupa com a estética da prótese, a qual será baseada em uma mão humana, onde inicialmente será controlada remotamente por meio de um aplicativo executado em uma plataforma Android™.

## 2. Metodologia

O trabalho foi realizado com base na mão e antebraço desenvolvido no projeto *Inmoov*, sendo composto por seis servo motores responsáveis pela movimentação dos dedos e do pulso; um sistema embarcado microcontrolado e um módulo *Bluetooth* HC-06.

Para o *hardware*, foi usada a placa de prototipagem rápida denominada de *BROH* (*Brazilian Open Hardware*) [Figura 1], projetada e confeccionada pelo professor Alberto Noboru Myadaira e cedida para a realização deste projeto. A placa possui um microcontrolador da NXP™ de alto desempenho, dotado de um processador ARM™ Cortex-M3, a qual possui uma entrada de alimentação principal capaz de tolerar níveis de tensão entre 7 a 12 volts ou via USB (*Universal Serial Bus*), cujo circuito de alimentação da placa converte a tensão de entrada em dois níveis de tensão, sendo a de

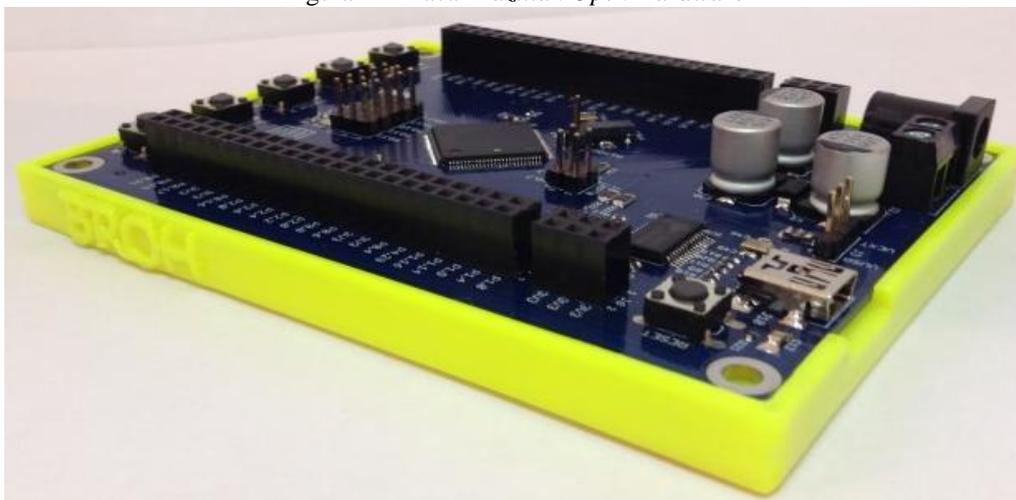
3,3V para o microcontrolador e periféricos em geral, enquanto que a de 5V, somente para periféricos em geral. (MIYADAIRA, 2015).

Os servomotores são controlados através de sinais de PWM (Modulação de Largura de Pulso, em inglês *Pulse Width Modulation*), gerados pela placa e passam pelo *buffer* SN74LS244N (Figura 4), antes de serem enviados para os motores, de modo a prover um simples grau de proteção à placa.

Para a movimentação do sistema mecânico, servomotores com engrenagens de metal foram usados para mover os dedos e o pulso (Figura 2), que além do controle de rotação e precisão

no posicionamento também possuem torque suficiente para tracionar as linhas de pesca que desempenham as funções de tendões dos dedos. A comunicação de dados é realizada através de um aplicativo desenvolvido pelo próprio autor para dispositivos com o sistema operacional Android, onde o controle gradativo de cada servomotor é realizado por barras deslizantes, cuja posição é convertida em um sinal PWM, com ciclo ativo entre 550 e 2300 ms, e transferida serialmente via comunicação *bluetooth* para o módulo Bluetooth HC-06 (Figura 3), operando no modo escravo e conectado à placa *BROH*.

Figura 1 – Placa *Brazilian Open Hardware*



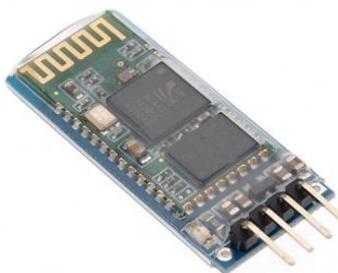
Fonte: MIYADAIRA (2015)

Figura 2 – Servo Motor



Fonte: Talkingelectronics (2014).

Figura 3 – HC-06



Fonte: Filipeflop (2013).

Figura 4 – SN74LS244N

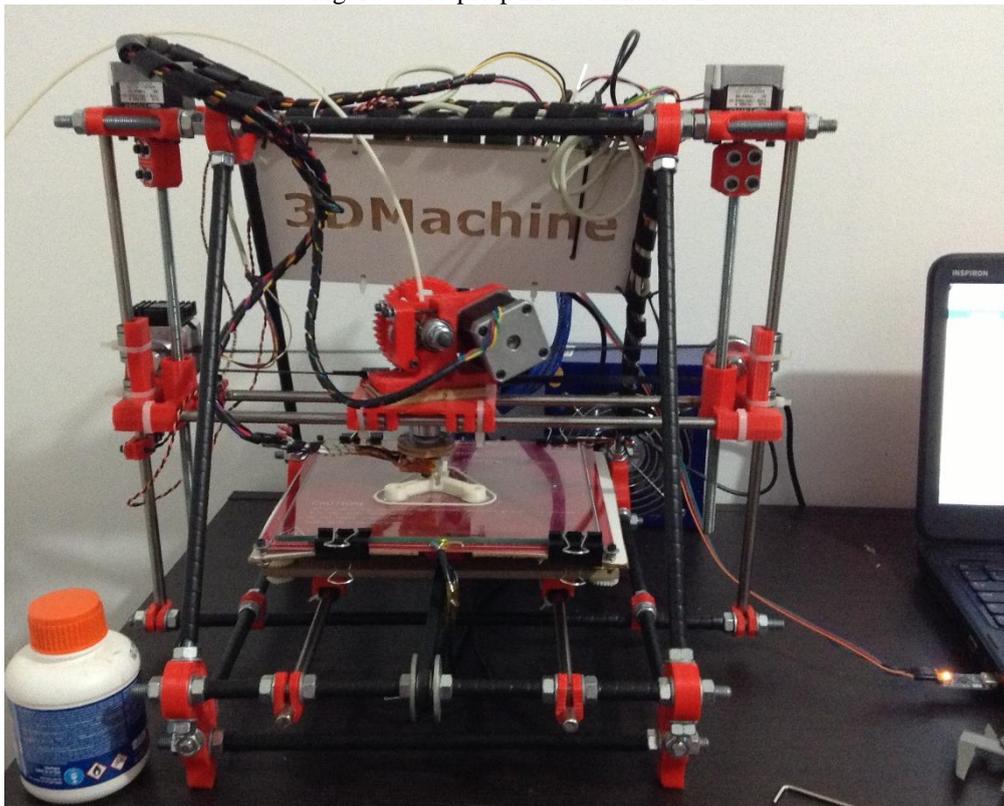


Fonte: Autoria Própria (2014).

A fim de produzir as peças plásticas constituintes do braço robótico, foi utilizada a impressora 3D *RepRap Prusa Mendel V2* (Figura 5) que possibilitou a construção do mesmo. A programação da placa *BROH* deu-se

por meio do ambiente de desenvolvimento LPCXpresso IDE que, por sua vez, suporta a linguagem de programação C/C++ (MIYADAIRA, 2012).

Figura 5 – RepRap Prusa Mendel V2



Fonte: A autoria Própria (2014).

Para dar a aparência e textura da pele humana à mão robótica, foi utilizado o Látex Natural Pré-Vulcanizado que possui como característica: elevada deformação e capacidade de retornar a sua forma após a deformação; elevada elasticidade; barato e de fácil acesso. A

Figura 6 ilustra o molde de gesso com a luva de Látex sendo retirada para ser utilizada nos testes, já as figuras 7 e 8, ilustram o protótipo na fase de teste e o protótipo final da mão robótica desenvolvido neste trabalho, respectivamente.

Figura 6 – Fôrma de gesso com luva de Látex



Fonte: A autoria Própria (2015).

Figura 7 – Mão Robótica



Fonte: Autoria Própria (2015).

Figura 8 – Mão Robótica



Fonte: Autoria Própria (2015).

### 3. Resultados e Discussões

Para a realização deste trabalho foi imprescindível à utilização da impressora 3D RepRap Prusa Mendel V2, porém, a mesma possui como característica a altura de impressão de 8 cm, não atendendo a altura máxima necessária para a impressão de todas as partes da mão robótica. Portanto, para solucionar este problema, foi utilizado o *software* de edição de peças 3D, chamado de NETFAB (NETFABB, 2015), o qual permitiu a impressão das peças em diversas partes, sendo unidas com Acetona, uma vez que foram confeccionadas com o termoplástico ABS (*Acrilonitrila Butadieno Estireno*), solúvel em Acetona. A junção deu-se pela utilização da *Solução Preparadora da Tigre™*, composta por Acetona e MEK (*Butanona*), aplicada nas áreas de contato das partes a serem unidas, transformando-as perfeitamente em uma única peça. (REPRAPDOGUILHERME, 2015).

Para a movimentação dos dedos foi

utilizado linha de pesca multifilamento capaz de suportar 100lbs, aproximadamente 45,4kg, sem sofrer deformação ou romper-se, apresentando o melhor resultado na movimentação e precisão dos dedos em relação às outras linhas testadas, tais como a linha de pesca de Nylon e linha de pesca de Aço. Para a validação do projeto realizado, foram aferidos testes para a funcionalidade e a estética do projeto abordado. Tendo executado testes com o Látex Natural para obter o melhor resultado na elasticidade e textura da pele humana.

No primeiro teste, foi aplicado o látex líquido diretamente nas peças plásticas da mão, entretanto, este teste não se demonstrou eficaz, pois o resultado não contribuiu com as características de pele humana além de comprometer os movimentos dos dedos. No teste seguinte, foi criado um molde da mão humana em uma fôrma de gesso e aplicado o Látex dentro do molde, resultando em uma luva de látex com uma boa reprodução dos contornos da mão humana, porém, a disposição da mesma

sob a mão robótica impressa não foi possível devido a incompatibilidade do tamanho. No terceiro teste, moldes de gesso foram feitos de modo a obter luvas de dedo individuais (dedeiras) de látex, semelhantes aos dedos humanos, tanto na textura quanto na aparência.

Por fim, luvas de Látex com aproximadamente 1mm de espessura foram feitas e cortes laterais foram realizados para possibilitar o encaixe nas peças plásticas, os quais foram unidos com adesivo instantâneo universal logo após o encaixe. Além disso, os espaços vazios entre a luva de Látex e as partes plásticas da mão robótica foram preenchidos com espuma, a fim de obter uma aparência e textura mais próxima à da mão humana.

A utilização das luvas de látex foi decisiva nos testes elaborados para averiguar a qualidade da mão robótica em segurar objetos de diferentes formas e materiais, agindo como anti-deslizante e evitando o deslizamento dos objetos. A borracha natural demonstrou-se adequada nesta funcionalidade, se comparado aos resultados obtidos sem a utilização da mesma.

#### 4. Conclusões

Desta forma, conclui-se que o protótipo da mão robótica proposto neste trabalho pode ser uma alternativa viável para pessoas de menor poder aquisitivo, pois a parte estrutural pode ser concebida em simples impressoras 3D, o componente de hardware faz parte de um projeto livre denominado BROH e o Látex Natural pode ser facilmente obtido, contribuindo com o baixo custo de fabricação do protótipo, cujo valor de produção é de aproximadamente R\$ 400,00 (quatrocentos reais), sendo relativamente baixo em relação às próteses robóticas disponíveis no mercado, as quais são comercializadas por valores na faixa de R\$ 650.000,00 (ZHPLANETACIÊNCIA, 2014). Com a utilização da prototipagem rápida e de baixo custo neste projeto torna possível a personalização e customização da mão robótica,

sendo facilmente adaptável a qualquer pessoa, auxiliando pais de crianças e adolescentes que, em função do rápido crescimento do paciente, necessitam efetuar a troca da prótese constantemente, reduzindo o custo do tratamento como um todo.

Em trabalhos futuros, pretende-se efetuar a troca da luva de Látex pelo silicone PlatSil-Gel 00, muito usado na área cinematográfica para efeitos especiais e também em animatronics, por possuir as características semelhantes às da pele humana e, devido ao bom desempenho da mão robótica, será implementada a Interface Cérebro Computador, com o objetivo de transformar a mão robótica em uma prótese robótica comandada por impulsos cerebrais. Para que o controle da prótese ocorra através do pensamento, utilizar-se-á do dispositivo *Emotiv Insight* que fará a leitura das ondas elétricas geradas pelo cérebro do paciente, procedimento este, conhecido como *Eletroencefalografia* (EEG), cujos sinais captados pelo dispositivo serão enviados a um *software* que possibilitará, através da programação, o controle remoto da prótese robótica.

Espera-se, em um futuro próximo, obter uma prótese robótica de baixo custo controlada pelo cérebro, esteticamente aceita e não invasiva aos pacientes, pois dispensa a necessidade de qualquer intervenção cirúrgica, ao mesmo tempo em que se garante o fim social das pesquisas científicas e da própria Universidade Pública, que é servir aos interesses e corresponder às necessidades da sociedade em seus mais diversos aspectos.

#### 5. Referências

TALKINGELECTRONICS. **Servo motor**. Disponível em <http://www.talkingelectronics.com/projects/Turtle%20Point%20Controller/TurtlePointController>. Acesso em: 09/04/2015.

FILIFELOP. **HC-06**. Disponível em <http://blog.filipeflop.com/wireless/utilizando-modulo->

[bluetooth-hc-06-em-modo-slave-escravo.html](#)>. Acesso em: 09/04/2015.

MIYADAIRA, A. N. **BROH**. Disponível em <<http://www.albertonoboru.com.br/>>. Acesso em: 09/04/2015

MIYADAIRA, A. N. **Microcontroladores ARM Cortex-M3 (Família LPC175x/6x da NXP): Programação em linguagem C**. Cascavel: Editora Cia Books, 2012.

UNESP. Disponível em <<http://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/aula-4---servo-motor-13-03-2013-final.pdf>>. Acesso em: 23/07/2015.

INMOOV. **Open Source 3D Printed Life Size Robot**. Disponível em: <<http://inmoov.blogspot.com.br/>>. Acesso em 12/04/2015.

NETFABB. Disponível em <<http://www.netfabb.com>>. Acesso em: 12/04/2015.

REPRAPDOGUILHERME. Disponível em <<http://reprapdoguilherme.blogspot.com.br/2014/05/o-suco-de-abs-super-refrescante.html>>. Acesso em: 12/04/2015.

LOPES, Jeferson Andris Lima; ALMEIDA, Lucas Coelho. **Metodologia para concepção de prótese ativa de mão utilizando impressora 3D**. 2013. 68 f., il. Monografia (Bacharelado em Engenharia Eletrônica) - Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

ZHPLANETACIÊNCIA. Disponível em <<http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticias/planeta-ciencia/noticia/2014/06/pucrs-projeta-mao-bionica-de-baixo-custo-voltada-para-deficientes-4531623.html>>. Acesso em: 04/08/2015.

**Artigo submetido em: 08.08.2015**

**Artigo aprovado para publicação em: 28.03.2016**