

APLICAÇÃO DO MÉTODO DE APRENDIZADO PjBL PARA MONTAGEM E PROGRAMAÇÃO DE UMA IMPRESSORA 3D

Andrew Vinicius Santana de Souza¹; José Fabiano Pinheiro dos Santos¹; André Aparecido Leal de Almeida^{2,8}; Gisele Aparecida de Souza^{3,8}; João Borges da Silveira^{4,8}; Richard Vieira do Espírito Santo^{5,8}; Weslin Keven Savaris^{6,8}; Thiago Raniel^{7,8*}

¹ Engenheiro eletricitista – FITL/AEMS; ² Esp. em Segurança Cibernética – IGTI; ³ Doutora em Ciência dos Materiais – FEIS/UNESP; ⁴ Doutor em Ciência dos Materiais – FEIS/UNESP; ⁵ Esp. em Engenharia de Software – Universidade Estácio de Sá; ⁶ Mestre em Engenharia Elétrica – UNESP; ⁷ Mestre em Engenharia Elétrica (Automação) – UNESP; ⁸ Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

* autor correspondente: thiago.raniel@gmail.com

RESUMO

Este artigo consiste na descrição das etapas para a montagem de uma impressora 3D de forma caseira e com baixo custo. Além disso, este trabalho apresenta o conhecimento sobre a tecnologia da impressora 3D e os materiais necessários para a sua montagem. De forma prática, aborda-se sobre o modo de funcionamento da impressora FDM, o desenho esquemático de ligação dos cabos na placa controladora, os resultados da primeira impressão, as instruções de calibração e a sua capacidade de imprimir novas peças para se auto implementar. Para a programação, usou-se o firmware open source Marlin e com isso foi possível mostrar na prática os benefícios e aplicações de uma impressora 3D. Durante o projeto, aplicou-se a metodologia PjBL (Project Based Learning), permitindo um aprendizado profundo e interdisciplinar do tema, possibilitando conhecimento de outras áreas e lógicas de programação que se fazem necessárias para a operação de uma impressora.

PALAVRAS-CHAVE: impressora 3D; PjBL; *open source*.

1 INTRODUÇÃO

Hoje, qualquer um pode, com um clique, transformar insumos em brinquedos, ferramentas, próteses, instrumentos musicais, enfeites e materiais diversos. A impressora 3D e todo o seu potencial ainda parecem novidade para muita gente, mas a tecnologia já completou 30 anos (WISHBOX, 2020).

A tecnologia da impressão 3D, desenvolvida em 1983 pelo engenheiro físico Chuck Hull, consistia em uso de lâmpadas para solidificar uma resina líquida. A partir disso, em 1989, que o primeiro modelo de impressora semelhante aos de depósito por fusão foi desenvolvida por S. Scott Crump (DONDE 3D, 2020).

Atualmente, mais de 37 anos depois o processo de inovação e desenvolvimento dessa tecnologia não parou, pelo

contrário, obteve um grande salto e ganhou muitas aplicações, beneficiando empresas de diversos setores industriais. Sua capacidade de imprimir peças em um curto período, a um custo bem reduzido, faz com que os investimentos nessa tecnologia passem a ser realidade em muitas empresas, sua versatilidade vem permitindo aplicações nos setores aeroespaciais, automotivos, engenharia, arquitetura e medicina (3DLAB, 2020).

Devido a sua capacidade de criar qualquer forma proposta, estudos e pesquisas envolvendo pesquisadores, arquitetos e engenheiros de diversas áreas, desenvolveram-se impressoras de proporções gigantescas, como resultado, foi possível realizar a impressão de um barco, caçamba de caminhões do exército e casas (UMAINE NEW, 2019).

Na área da medicina, imprimiram-se

próteses em titânio, coração e outros órgãos com tecido humano, assim nota-se que os valores atribuídos a essa técnica, além de traçar novos rumos às condutas médicas, traz esperanças para os usuários, sendo capaz de salvar vidas (COSTA, 2019).

A construção civil também se beneficiou com a tecnologia de impressão 3D, em que casas de dois andares foram impressas. Os engenheiros responsáveis afirmaram que o uso dessa tecnologia diminuiu abruptamente o tempo para construção da casa e os impactos ambientais (PORTO, 2016.).

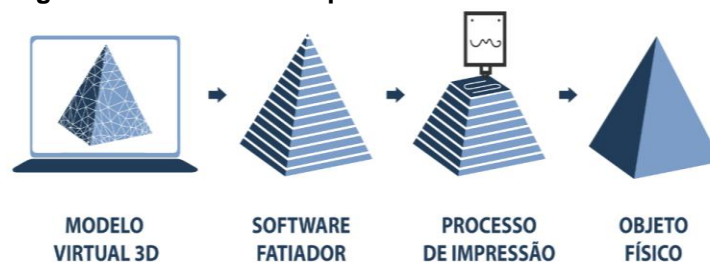
Aproveitando o crescimento dessa tecnologia, este trabalho abordou a construção de uma impressora 3D. O objetivo foi adquirir as peças da impressora de forma separada para diminuir os custos,

assim o resultado foi a obtenção de uma impressora 3D no valor total de R\$ 900,00 sendo que um modelo equivalente com a mesma área de impressão e qualidade custa, no Brasil, o equivalente a R\$ 2.000,00.

1.1 Impressão 3D

A impressão 3D é um processo de fabricação de objetos a partir de um desenho digital. Durante o processo de fabricação do objeto, o bico de impressão se movimenta por uma área plana referente ao desenho do objeto, depositando material camada por camada sucessivamente. Assim, novas camadas são formadas e o objeto desejado começa a ganhar altura e forma. O processo de impressão é melhor compreendido ao se observar a Figura 1.

Figura 1. Processo de impressão 3D.



Fonte: Extraído de Moustá, S.D.

Diferente dos processos de fabricação subtrativa que cortam um pedaço de plástico, ferro ou madeira, a tecnologia da impressão 3D permite criar peças complexas usando menos material que os métodos tradicionais de construção (SIGMA PROTÓTIPOS, 2019).

1.2 Método PjBL

Esse método associa o aprender com o fazer, o ponto de partida não é o conteúdo ensinado em sala, e sim o desdobramento do processo de conhecimento que passa a ser construído a partir de uma proposição instigante, é lançado um desafio projeto (CARVALHO et al., 2014).

Experimentalmente, percebe-se a eficácia do método PjBL (Project Based

Learning), afinal é uma ferramenta inovadora que quebra os paradigmas da educação em engenharia tradicional e que permite aos estudantes uma reflexão sobre suas próprias ideias e opiniões, dar voz à própria palavra, escutar e ser escutado e fazer suas próprias escolhas que afetarão positivamente o resultado e o processo de aprendizado em geral (BLUMENFELD et al., 1991).

2 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é, por meio do método PjBL, apresentar o desenvolvimento e a montagem de uma impressora 3D de forma caseira com baixo custo, apresentando o funcionamento da sua parte eletrônica, a sua operação e

calibração.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

3.1.1 Componentes Eletrônicos da Impressora 3D.

3.1.1.1 Arduino mega 2560

O Arduino é a uma placa composta por um microcontrolador com diversas entradas e saídas digitais e possui entradas e saídas analógicas. Ele é capaz de processar as informações e realizar comandos pré-definidos via software, quando programado corretamente em linguagens como *assembly* ou C++. Quando associado aos periféricos de entrada (botões, sensores etc.) o Arduino toma decisões com base na programação e atua nas saídas (LED, motores de passo, válvulas etc.). Assim, é possível controlar um sistema mecânico, como por exemplo a impressora 3D.

3.1.1.2 *Shield ramps* 1.5

Ramps é uma placa fabricada especificamente para atuar com o Arduino mega 2560, com intuito de facilitar conexões dos drivers dos motores de passo e evitar mal contato.

3.1.1.3 Drivers A4988

São responsáveis por dividir os passos dos motores, aumentando sua resolução. Ou seja, o A4988 foi desenvolvido para o controle de pequenos passos de um motor de passo.

3.1.1.4 Motores de passo nema 17

Motores característicos na construção de uma impressora 3D, que possuem uma excelente precisão e estabilidade. São responsáveis por realizar todo movimento da impressora.

3.1.1.5 *Hotend*

Componente constituído por um cartucho resistor, bico de extrusão e termistor. Sua função é manter a tempe-

ratura constante suficiente para a fusão do PLA, material usado durante o processo de impressão.

3.1.1.6 Mesa aquecida

Base que se aquece, permitindo melhor fixação da peça durante o processo de impressão.

3.1.1.7 Fim de curso

Chaves de contato responsáveis por definir onde deve ser o ponto limite que a cabeça de impressão pode se locomover em todos os eixos.

3.1.1.8 *Firmware* Marlin

O *firmware* Marlin consiste em um código de linguagem C++ *open source* de grande importância no mundo da impressão 3D. Por apresentar seu código aberto, a comunidade pode estudar e aprimorar o firmware sempre que encontrar falhas no funcionamento de uma impressora. Este *firmware* é responsável por interpretar e executar os comandos enviados pelos softwares fatiadores.

3.1.1.9 *Softwares* fatiadores

Softwares responsáveis por transformar imagens tridimensionais digitais em diversas camadas sobre-postas, processo fundamental para a impressão 3D.

3.1.1.10 *Sketch Up*

Software usado durante o desenvolvimento do projeto para se obter o esboço digital 3D da estrutura final da impressora.

3.1.1.11 Corrediça telescópica

Aplicadas para sustentação e movimentação de todos os eixos.

3.1.1.7 Correia GT2

Responsável por transferir a movimentação dos motores para a cabeça de impressão e mesa aquecida, respectivamente eixos X e Y.

3.1.1.12 Fuso trapezoidal

Utilizados para movimentar todo o

eixo Z, responsável por construir a altura no objeto impresso.

3.1.1.13 Perfil de alumínio estrutural 20 x 40

Barra de alumínio desenvolvida para a fácil montagem de estruturas fixas ou móveis, evitando a necessidade de solda devido a seus encaixes específicos.

3.1.1.14 Porcas do tipo martelo

Porcas desenvolvidas especificamente para os perfis estruturais de alumínio, permite de forma rápida e eficaz a fixação de componentes no corpo do perfil sem a necessidade de furos

3.1.1.15 Rolamentos V-slot

Rolamentos com capas de borracha, exclusivos para encaixe e movimentação nos perfis de alumínio.

3.1.1.16 Placas de MDF

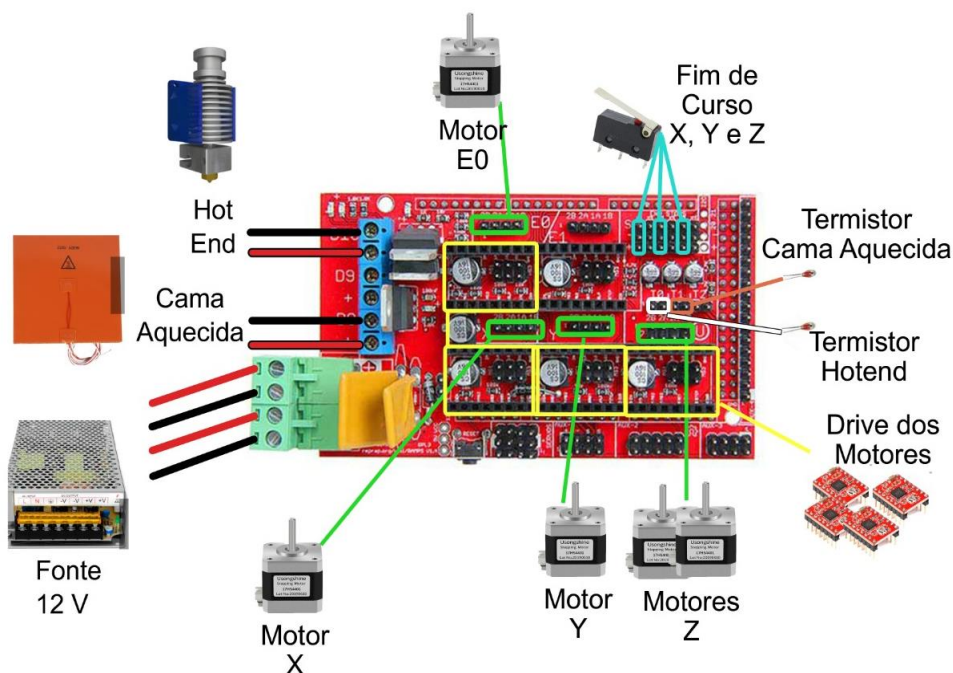
Composição de toda a estrutura da impressora.

3.2 Métodos

3.2.1 Montagem dos componentes eletrônicos da impressora 3D

Utilizou-se para a montagem da eletrônica da impressora a associação da *shield ramps* com o arduino mega 2560 e realizaram-se as ligações de acordo com o diagrama apresentado na Figura 2.

Figura 2. Diagrama de ligação da *shield ramps*1.5.



Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2.2 Design

O design final da impressora foi baseado em uma impressora comum encontrada no mercado. A Figura 3 apresenta o modelo usado como base para construir a impressora 3D apresentada neste trabalho. Este modelo possui um aspecto simples e tem um bom custo-benefício em relação às demais

concorrentes.

3.2.3 Montagem estrutural da impressora 3D

Toda a estrutura foi pré-montada em 3D usando o programa SketchUp e após a visão tridimensional do projeto final, foram cortadas e parafusadas as peças de MDF em suas respectivas posições.

Figura 3. Creality Ender3.



Fonte: Extraído de Creality, 2020.

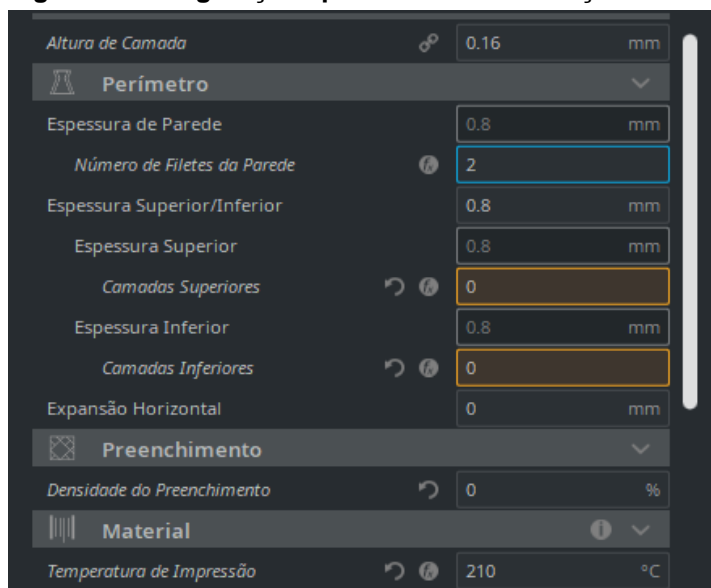
3.2.4 Calibração dos eixos X, Y e Z

Utilizou-se o *software Ultimaker Cura 4.7.1*, que é um fatiador responsável por todas as configurações de impressão. Assim, para calibrar a impressora foi importado o cubo de calibração com medidas de 20x20x20 (mm).

Para a primeira impressão de calibração foram utilizadas as seguintes configurações, conforme Figura 4.

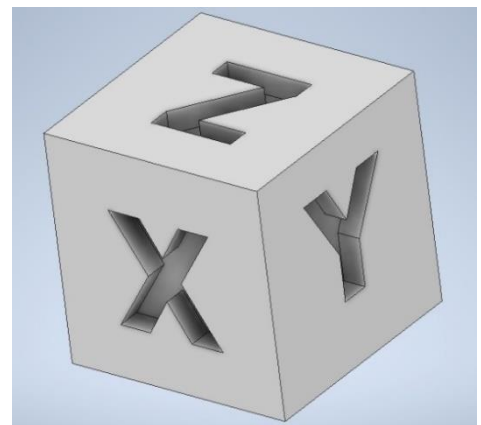
Após o término da impressão, com uma caneta, foram marcadas nas faces do cubo, as letras correspondentes de cada eixo que foi utilizado na sua respectiva construção, como ilustrado na Figura 5. Por exemplo, o eixo X foi responsável pela largura do cubo, e este recebeu uma marcação na sua face frontal e traseira, já o eixo Y foi responsável pela profundidade do cubo, assim ele recebeu uma marcação nas duas paredes laterais. Entretanto, o eixo Z foi responsável pela altura, porém a largura das paredes do cubo se dá pelo diâmetro do furo do bico multiplicado pela quantidade de perímetros. Sendo assim, como foram utilizadas duas paredes de perímetro e o diâmetro do bico é de 0,40 mm o ideal é que se obtenha 0,80 mm de largura de parede.

Figura 4. Configurações para cubo de calibração.



Fonte: Extraído de Ultimaker Cura 4.7.1.

Figura 5. Referência dos eixos no cubo.



Fonte: Extraído de Cults 3D, 2020.

Após a aferição das medidas em X, Y e Z, foram obtidas as respectivas médias 24,20 mm, 22,20 mm e 27,23 mm, e largura da parede de 0,93 mm. Para se calibrar corretamente as dimensões das peças, foi necessário abrir o Firmware Marlin e acessar a área "Movement Settings", onde se encontra a base dos

valores de movimentação expressos na linha de código "#define DEFAULT_AXIS_STEPS_PER_UNIT {80, 80, 4000, 500}". Sendo que essa linha de código representa o número de passos executado pelos motores X, Y, Z, E0, sendo E0 o motor responsável por alimentar a extrusora Hotend com o

filamento PLA.

Uma regra de três simples foi executada para se obter os novos valores de passos, apresentados no Quadro 1.

Os novos valores foram inseridos na linha de código como segue: #define DEFAULT_AXIS_STEPS_PER_UNIT {66.1157, 72.0721, 2937.94, 500}, onde a vírgula para os números decimais deve ser substituída por ponto. Com os novos valores de passos, o Firmware Marlin foi transferido novamente para o Arduino

Mega 2560.

Para a correção da largura de extrusão foi necessário alterar uma configuração no fatiador Ultimaker Cura 4.7.1, na aba Material e seção Fluxo (Figura 6).

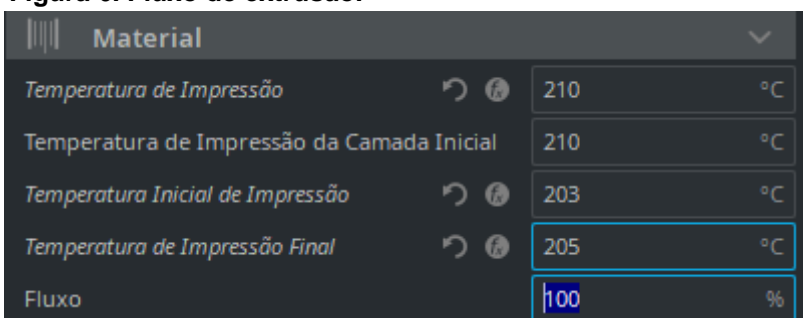
Novamente, uma regra de três simples foi aplicada para encontrar o novo valor do fluxo, em que a largura da parede encontrada na primeira impressão de 0,93 mm corresponde aos 100% presente na seção Fluxo (Quadro 2).

Quadro 1. Correção dos passos dos motores.

EIXO X		EIXO Y		EIXO Z	
PASSOS	mm	PASSOS	mm	PASSOS	mm
80	24,2	80	22,2	4000	27,23
x	20	x	20	x	20
X =	66,1157	X =	72,0721	X =	2937,94

Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 6. Fluxo de extrusão.



Fonte: Extraído de Ultimaker Cura, S.D

Quadro 2. Correção fluxo de extrusão.

FLUXO	
Fluxo	Parede
100	0,93
X	0,8
X =	86,0215

Fonte: Elaborado pelos autores.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Obtenção da Impressora 3D

Após a montagem, a impressora se mostrou firme estruturalmente, assim sendo um excelente resultado em vista de que quanto menos a estrutura vibrar durante o acionamento dos motores, mais precisa a peça a ser impressa se torna. A Figura 7 apresenta o esboço do projeto final da impressora 3D (Figura 7A) e sua imagem fotográfica (Figura 7B).

4.2 Impressões Obtidas com a Utilização da Impressora 3D

4.2.1 Primeira Impressão Realizada

A primeira impressão realizada pela impressora 3D obtida foi um cubo de calibração com as marcações, em suas faces, referentes aos eixos responsáveis por sua construção (Figura 8).

4.2.2 Impressão após Calibração

Com os valores atualizados de passos e fluxos, realizou-se uma nova impressão do cubo de calibração. A Figura

9 mostra os resultados obtidos.

Após a nova aferição de toda a peça, notaram-se medidas muito próximas do referencial, logo se pode concluir a calibração e iniciar a impressão de peças mais complexas. A Figura 10 mostra os resultados obtidos com a impressora 3D descrita neste trabalho.

Deve-se ressaltar que todas as

peças foram compradas separadas de diferentes fornecedores. Por meio desta estratégia, foi possível obter uma impressora 3D no valor de aproximadamente R\$ 900,00, porém com a mesma precisão e área de impressão de um modelo completo, o custo no Brasil, é em torno de R\$ 2.000,00.

Figura 7. Visualização da impressora 3D. A. Esboço do projeto final. B. Imagem fotográfica da impressora pronta.

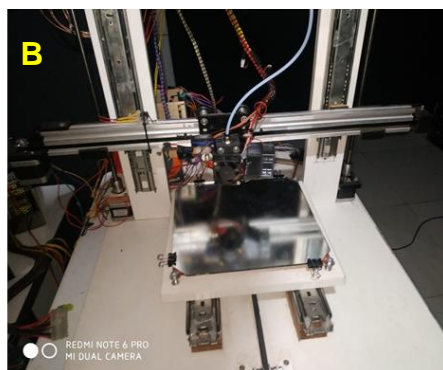
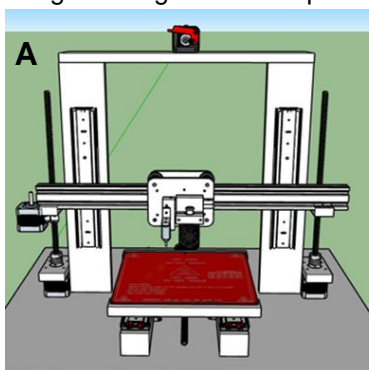
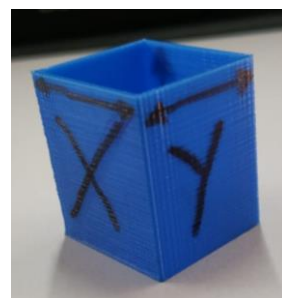
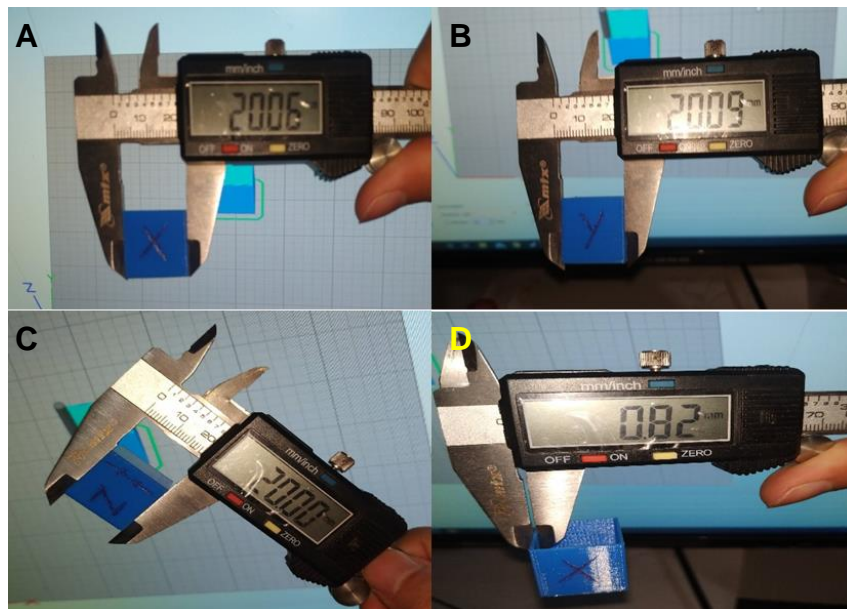


Figura 8. Primeira impressão realizada.



Fonte: Elaborado pelos autores (Figuras 7 e 8).

Figura 9. Aferição de correção dos eixos X, Y e Z. A. Eixo X. B. Eixo Y. C. Eixo Z.



Fonte: Elaborado pelos autores.

5 CONCLUSÕES

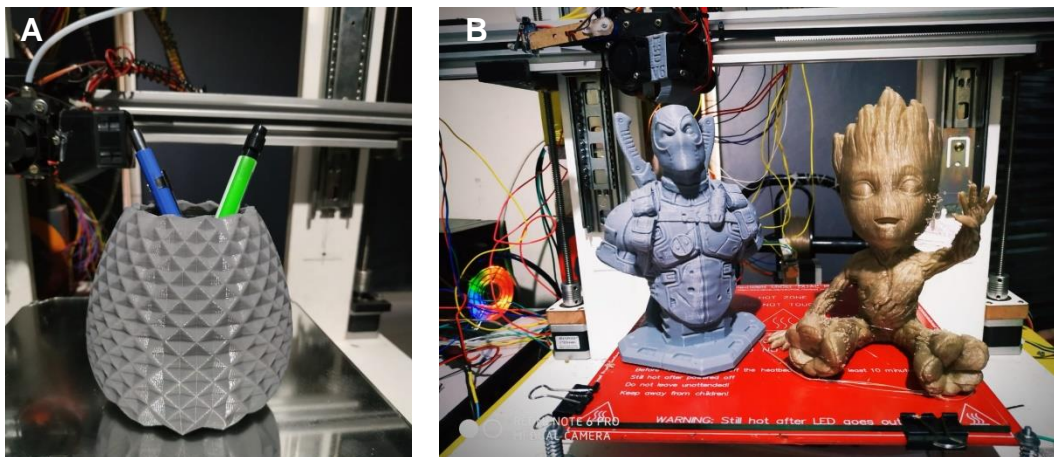
A metodologia adotada para a construção desta impressora foi adquirir as peças separadas de diferentes fornecedores, sendo assim, foi possível

obter uma impressora 3D com um baixo custo comparado ao custo de uma impressora vendida de forma completa por um único fabricante. Com isso, economizou-se em torno de R\$ 1.100,00 e obteve-se uma impressora 3D com uma

precisão de impressão tão boa quanto à precisão de uma impressora de um único fabricante. Isso foi possível devido ao

avanço da tecnologia na área da eletrônica digital e nos estudos na área da impressão 3D.

Figura 10. Impressões 3D obtidas com a impressora. A. Porta canetas. B. Busto De-adpool, Baby Groot.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Durante o processo de desenvolvimento e montagem, surgiram imprevistos e isso proporcionou novas reflexões e conhecimento de diversas outras áreas, além da engenharia elétrica. Portanto, foi possível aplicar a interdisciplinaridade através da ferramenta de aprendizagem PjBL, pois o mercado de trabalho requer um profissional com habilidades para aplicar seus conhecimentos obtidos na graduação para resolver problemas em diferentes áreas.

REFERÊNCIAS

3DLAB, Impressão 3D na indústria: principais usos e benefícios, Disponível em: <<https://3dlab.com.br/impressao-3d-na-industria/>>, Acesso em 06 nov. 2020.

BLUMENFELD, P. et al. A. Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning. *Educational Psychologist*, v. 26, n. 3 e 4, p. 369-398, 1991.

CARVALHO, D. A. et al. A Estratégia PjBL no Século XXI: Utilização das

Ferramentas Digitais, 2020.

COSTA, A. C. da. Impressora 3D e Medicina: Como a impressão 3D está ajudando a salvar vidas, Disponível em <<https://www.sanarmed.com/impressora-3d-e-medicina-como-a-impressao-3d-esta-ajudando-a-salvar-vidas>>. Acesso em 10 nov. 2020.

DONDE 3D, História das Impressoras 3D Disponível em <https://done3d.com.br/historia-das-impressoras-3d/>. Acesso em 28 nov. 2020.

ENGINEGLUE, 20 mm Cube. Disponível em <<https://www.thingiverse.com/thing:34553>>Acesso em 15 out. 2020.

MARLIN, Configurando Marlin. Disponível em <<https://marlinfw.org/docs/configuration/configuration.html>>. Acesso em 23 out. 2020.

MARLIN, O que é Marlin? Disponível em <<https://marlinfw.org/docs/basics/introduction.html>>. Acesso em 23 out. 2020.

PORTO, T. M. S. Estudo dos avanços da tecnologia de impressão 3D e da sua aplicação na construção civil. Rio de Janeiro, 2016.

SIGMA PROTÓTIPOS, Disponível em <<https://sigmaprototipos.com.br/impressao-3d/#:~:text=A%20impress%C3%A3o%203D%20%C3%A9%20o,os%20m%C3%A9todos%20tradicionais%20de%20fabrica%C3%A7%C3%A3o>> , Acesso em

01 nov. 2020.

UMAINE, UMaine Composites Center recebe três Guinness World Records relacionados à maior impressora 3D,. Disponível em <<https://umaine.edu/news/blog/2019/10/10/umaine-composites-center-receives-three-guinness-world-records-related-to-largest-3d-printer/>>. Acesso em 10 nov. 2020.