

CONSTRUÇÃO DE UMA IMPRESSORA 3D PARA FINS DIDÁTICOS

Thiago Vinicius Vieira Souto¹

Marcelo Goulart Souza²

João Francisco Frank Gil³

RESUMO

As Impressoras 3D referenciadas pelos eixos cartesianos x, y e z, materializam objetos utilizando, principalmente, materiais termoplásticos a partir de desenhos tridimensionais criados em computadores. Com o avanço tecnológico e grande volume de informações gratuitas *open source*, a disponibilidade dessa tecnologia é favorecida para qualquer pessoa devido ao baixo custo de manufatura que se utiliza de peças relativamente acessíveis, e pouco espaço utilizado pelo equipamento. Essas máquinas são de grande utilidade para produção rápida de protótipos, além de servirem como ferramenta no auxílio da educação, quebrando a barreira da abstração e tornando assim um objeto real, palpável, mais passível de ser compreendido. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo construir uma impressora 3D, física e logicamente, para realizar impressões de modelos tridimensionais para serem utilizados na área da educação, utilizando como estudo de caso a biologia vegetal, que compreende uma área de escala micrométrica que estuda a morfologia, fisiologia, evolução e a taxonomia das plantas.

Palavras-chaves: Impressoras 3D, prototipagem, *open source*, educação, biologia vegetal.

¹ Acadêmico do Curso de Ciência da Computação do Centro Universitário UNIFACVEST.

² Graduado em Ciência da Computação e Ciências Biológicas, Especialização em Gestão de Custos em TI e Biologia Vegetal e professor de graduação do Centro Universitário UNIFACVEST.

³ Graduado em Ciência da Computação, Especialização em Redes de Computadores, Mestre em Práticas Transculturais e professor de graduação do Centro Universitário UNIFACVEST.

CONSTRUCTION OF A 3D PRINTER FOR DIDACTIC PURPOSES

Thiago Vinicius Vieira Souto¹

Marcelo Goulart Souza²

João Francisco Frank Gil³

ABSTRACT

The 3D printers referenced by the Cartesian axes x, y and z, materialize objects using mainly thermoplastic materials from three-dimensional drawings created in computers. With the technological advancement and large volume of free open source information, the availability of this technology is favored by anyone due to the low cost of manufacturing that is used of relatively accessible parts, and little space used by the equipment. These machines are very useful for the rapid production of prototypes, as well as serving as a tool to aid education, breaking the barrier of abstraction and thus making a real, palpable object more comprehensible. Thus, this work aimed to construct a 3D printer, physically and logically, to realize impressions of three-dimensional models to be used in the area of education, in this case plant biology, which comprises a micrometric scale area that studies the morphology, physiology, evolution and the plants taxonomy.

Keywords: Printers 3D, prototyping, open source, education, plant biology.

¹ Acadêmico do Curso de Ciência da Computação do Centro Universitário UNIFACVEST.

² Graduado em Ciência da Computação e Ciências Biológicas, Especialização em Gestão de Custos em TI e Biologia Vegetal e professor de graduação do Centro Universitário UNIFACVEST.

³ Graduado em Ciência da Computação, Especialização em Redes de Computadores, Mestre em Práticas Transculturais, professor de graduação do Centro Universitário UNIFACVEST.

1 INTRODUÇÃO

Os objetos físicos das mais variadas formas, criados com base em modelos digitais, através da sobreposição de materiais em camadas é conhecida como fabricação aditiva ou como é popularmente chamada, impressão em 3D. As técnicas tradicionais de criação são baseadas em retirar material de um sólido maior, lapidando-o até chegar na forma desejada, enquanto que na impressão 3D o objeto é criado com base na adição de material, camada sobre camada, havendo pouco ou nenhum resíduo de insumo no final da impressão⁴.

De acordo com Abreu (2014), atualmente a montagem e operação desse tipo de equipamento tornou-se extremamente acessível, pois é possível encontrar um elevado acervo de informações disponíveis em fóruns pela internet, vídeos e sites, além do fato de que toda a parte lógica e *softwares* responsáveis pela correta operação do equipamento são encontrados de forma gratuita.

A principal característica desse tipo de tecnologia é a vantagem de poder criar objetos tridimensionais a um baixo custo, visto que a matéria prima usualmente utilizada é o termoplástico, que é encontrado facilmente. Além do baixo custo, destaca-se a autonomia de criar protótipos para os mais diversos fins de forma rápida, auxiliando na execução dos mais diversos projetos possíveis. (ABREU, 2014).

Dabague (2014) afirma que a impressora 3D pode ter sua utilização em diversas áreas do cotidiano. Pode-se citar a prototipagem rápida, que é extremamente abrangente, produzindo rapidamente peças com um baixo custo, também a sua utilização como eletrodoméstico ou lazer e até como forma de produção em série, visto que uma impressora pode tornar-se replicável, produzindo peças para montar outras impressoras, bem como peças para reposição.

Essa tecnologia também tem potencial para ser explorada como ferramenta na educação, de forma didática por si só, ou materializando objetos que auxiliam o profissional da educação durante o processo de abstração em sala de aula, tendo em vista que o entendimento das pessoas sobre qualquer assunto é mais eficiente quando o conceito de algo deixa de estar somente na explicação, imagens ou vídeos, mas se torna real, palpável e acessível. (AGUIAR, 2014).

⁴ AUTODESK – Criação de softwares. Disponível em: <https://www.autodesk.com.br/solutions/3d-printing>. Acesso em: 11 de maio de 2019.

Em virtude disto, surgiu a iniciativa de aliar a tecnologia com a educação, que têm por objetivo construir uma impressora 3D que posteriormente servirá de ferramenta auxiliadora nos processos de educação, utilizando a Biologia Vegetal como estudo de caso.

2 TECNOLOGIA DE IMPRESSÃO EM 3D

De acordo com Schubert, Lengeveld e Danoso (2014), a impressão 3D é um método de fabricação de objetos, em que se utiliza mais comumente o termoplástico, que é depositado em sucessivas camadas até formar o sólido. Este processo contrasta com impressoras tradicionais baseadas em tinta que produzem um objeto bidimensional (tinta e papel).

Esta tecnologia já comprovou ter relevância em diversos setores do cotidiano, tais como aplicações médicas incluindo a fabricação de óculos, dispositivos protéticos personalizados e implantes odontológicos. Além disso, pode-se citar o uso na engenharia, principalmente para criação de protótipos de uso comercial. (DABAGUE, 2014).

A aplicação da tecnologia impressão 3D pode ter diversos propósitos além do educacional, pode ser uma fonte rentável na produção de produtos com finalidade comercial e industrial.

2.1 Modo de operação de impressoras 3D

Regadas (2017), afirma que as impressoras 3D com princípio de funcionamento por modelação por extrusão de plástico (FDM), foram desenvolvidas para utilizarem geralmente material termoplástico - PLA (Ácido Polilático), ABS (Acrilonitrilo-Butadieno-Estireno), PC (Policarbonato), entre outros, que são aquecidos através de um bico de extrusão.

Ainda segundo Regadas (2017), o material termoplástico sob forma de filamento, chega até o bico de extrusão a partir do movimento de um motor de passo. Dessa forma, o material já derretido, é depositado sobre a base de impressão, formando a primeira camada do objeto. A base é mantida a uma temperatura inferior à do material termoplástico, para que este se solidifique rapidamente e mantenha aderência para garantir que todas as próximas camadas saiam com qualidade. Após a deposição da primeira camada, o processo é repetido até que o objeto esteja totalmente impresso.

A impressora é composta por três eixos de movimentação. Uma mesa aquecida, chamada de base que recebe a primeira e todas as outras camadas de material termoplástico, formando assim o eixo Y. O bico aquecido ou extrusor, desliza sobre o eixo X e também tem sua altura modificada ao longo do terceiro eixo que é o Z. Esses eixos têm seu movimento executado através de motores de passo, que assim como a temperatura da mesa e do bico, são controlados por um circuito eletrônico integrado. (NETO, 2013).

2.2 Desenhos tridimensionais

A impressora 3D tem como principal característica criar qualquer peça a partir de um desenho tridimensional digital. A peça pode ser modelada em qualquer *software* de desenho 3D, porém para dar continuidade no processo de impressão é necessário que o arquivo esteja no formato “.*stl*” (*STereoLithography*), que é compatível com diversos *softwares* de desenho. A característica do formato STL descreve os objetos sendo formados por superfícies, sendo essas formadas por vértices e arestas, que compõem cada uma de suas faces, não tendo representação de cor ou textura ou outro atributo comum a modelos 3D artísticos. (AZEVEDO, 2013).

2.3 Sólido em camadas

Após o objeto ter sido desenvolvido e exportado para a extensão STL, é necessário submetê-lo a outro *software*, este de fatiamento, que é responsável por dividir o sólido em várias camadas, além de criar todo o percurso do bico extrusor durante a impressão, projetando assim toda a programação para o depósito do material termoplástico que formarão as camadas do objeto, uma a uma.

Para criar a interface perfeita entre o objeto desejado e a impressora 3D foi utilizado o *software* Cura⁵, de plataforma aberta, que, além de disponibilizar suporte para arquivos STL também abrange os formatos OBJ, X3D e 3MF. No *software* devem ser inseridas as informações iniciais para correta utilização, as principais são o tamanho máximo da área de impressão, a espessura do filamento, espessura do bico de extrusão, velocidade da impressão, temperatura da mesa aquecida e do bico aquecido. Para uma melhor qualidade

⁵ Software fatiador de sólidos. Disponível em: <https://ultimaker.com/en/products/ultimaker-cura-software>. Acesso em: 04 de fevereiro de 2019.

da peça finalizada, também é possível configurar outras opções, como a inserção de suportes que servem de apoio para partes suspensas ou com ângulo muito agudo, preenchimento das peças, altura de cada camada, forma de fixação do objeto na mesa aquecida e outros.

Ainda de acordo com o Cura⁶, segue abaixo descrição de algumas dessas definições, bem como a influência que elas têm sobre a impressão:

Definições de Qualidade:

Altura da camada: altura da camada em milímetros. Valores mais altos produzem impressões mais rápidas em resoluções mais baixas, valores mais baixos produzem impressões mais lentas em resolução mais alta. Valores usualmente vão de 0,1mm até 0,4mm.

Definições de Perímetro:

Espessura da parede e Filetes da Parede: atuam no número de camadas laterais que o objeto terá, essas variáveis implicam na resistência e quantidade de material gasto para imprimir.

Espessura Superior/Inferior e Camadas Inferiores/Superiores: atuam no número de camadas superiores e inferiores do objeto, criando objetos com maior resistência e maior qualidade.

Definições de Preenchimento:

Densidade do Preenchimento: ajusta a quantidade de material que é depositado no interior da peça. Esse ajuste tem papel fundamental na quantidade de material gasto e na resistência do objeto.

Padrão do Preenchimento: proporcionalmente ligado a resistência e economia de material, preenchimento de linha e ziguezague, por exemplo, mudam de direção em camadas alternadas, reduzindo assim o material gasto.

Definições de temperatura:

Temperatura da impressão: temperatura que o bico extrusor chegará para derreter o filamento termoplástico. Cada filamento necessita de uma temperatura específica.

Temperatura da mesa de impressão: ajusta a temperatura da plataforma de impressão. Cada filamento necessita de uma temperatura específica para correta adesão.

Definições de velocidade:

⁶ Recursos do Cura. Disponível em: <https://ultimaker.com/en/resources>. Acesso em 04 de fevereiro de 2019.

Velocidade da impressão: velocidade em que a impressão é realizada. Se mais rápida pode interferir negativamente na qualidade do objeto.

Definições de refrigeração:

Habilitar refrigeração de impressão: habilita ou não as ventoinhas de refrigeração ao imprimir. As ventoinhas aprimoram a qualidade de impressão entre as camadas.

Definições de suporte:

Gerar suporte: gerar estrutura que suporte partes do modelo que tenham seções pendentes. Sem estas estruturas, tais partes desabariam durante a impressão. Nesta seção pode-se modificar algumas variáveis, as principais são a densidade do suporte, o ângulo mínimo das seções pendentes para os quais o suporte é criado e o padrão de desenho do suporte. Recomenda-se posicionar a peça no *software* fatiador de forma a criar a menor quantidade de suporte possível, levando em consideração a dificuldade de remoção do mesmo e a qualidade do acabamento na peça finalizada.

Definição de aderência à mesa:

Aderência à mesa: diferentes opções que ajudam a melhorar a extrusão e a aderência à plataforma. Dependendo do material do filamento é indispensável o uso de camadas de aderência na mesa de impressão.

Após o Cura ter sido ajustado com todos os parâmetros para a impressão, é necessário gerar o arquivo que a impressora reconhece, no formato *GCode* (Código G). Nele contém uma série de comandos utilizados pelo *hardware* para construir a peça, além das informações primordiais para extrusão como temperatura do bico e mesa aquecidos, velocidade da impressão, trajetória do bico e posicionamentos. (GONÇALVES, 2014).

2.4 Impressora 3D como máquina de prototipagem rápida

Para Garcia (2010), a prototipagem rápida se refere a um conjunto de tecnologias utilizadas para fabricar objetos físicos a partir do auxílio de computadores. Camada após camada, materiais vão sendo agregados e assim se torna tridimensional o objeto projetado no computador.

Os processos de prototipagem rápida oferecem muitas vantagens comparadas aos processos de fabricação clássicos baseados em remoção de material, tais como fresar ou tornear a peça. Na grande maioria das vezes obtêm-se objetos de forma mais rápida e com um custo reduzido utilizando o processo de prototipagem rápida.

Ainda de acordo com Garcia (2010), a principal vantagem desse método é a precisão e a possibilidade de criar formas complexas impossíveis de serem obtidas através de outros métodos de fabricação. Alguns exemplos incluem blocos com cavidades internas ou peças contendo outras peças embutidas.

Com a evolução da tecnologia e as crescentes demandas de aplicação dos protótipos, a aplicação da prototipagem rápida também evoluiu, deixando de produzir apenas protótipos, para produzir soluções realmente funcionais, abrangendo inclusive a área de autodesenvolvimento e percepção, com protótipos desenvolvidos para visualização ou comunicação de ideias em grupos de desenvolvimento, tocar, sentir e perceber estruturas complexas. (NETO, 2013).

2.4.1 Impressão 3D e o ensino

O ensino de ciências naturais favorece-se da utilização de experimentos para dar significado ao aprendizado da temática. De acordo com Freitas (2007), na grade curricular de diversos cursos de licenciatura no Brasil, existem disciplinas específicas para esse tema, com o intuito de ensinar os futuros professores a desenvolverem a descoberta desse experimento e a instrução na escola.

Na edição especial do Caderno Brasileiro do Ensino de Física de 2004, Freitas (2007), afirma:

Por certo, a experimentação qualitativa e quantitativa, estruturada em bases educacionais e epistemológicas claras e bem conduzida: aguça a curiosidade; minimiza a abstração; suscita discussões e elaborações de hipóteses; demanda reflexão, espírito crítico e explicações; enseja o conhecimento de métodos e de técnicas de investigação e análise de dados; expõe os erros e suas causas, mostrando uma ciência ‘mais humana’; facilita a compreensão de conceitos, leis e teorias; instiga uma melhor percepção da relação ciência tecnologia; aproxima a Física do ‘mundo real’. (FREITAS, 2007)

A melhoria do ensino, seja qual for a graduação, passa pelas atividades práticas que raramente são realizadas. Borges (2002), descreve motivos, entre os quais: não se encontra atividades já preparadas para o uso do professor, falta de recursos para a compra de componentes e materiais de reposição, falta de tempo para planejar a realização de atividades como parte do programa de ensino, laboratório fechado e sem manutenção.

Para superar esses problemas, professores preparam aulas práticas e demonstrações com materiais do cotidiano, mas, segundo Borges (2002), os professores, fatalmente acabam ficando desestimulados, muitas vezes por causa dos resultados alcançados.

Lipson (2007), afirma que o ensino pode ser otimizado através de atividades práticas, basicamente quando são incluídos conceitos que são difíceis de serem visualizados e entendidos de forma abstrata, mesmo com o auxílio de simulações virtuais em computadores.

Ainda de acordo com Lipson (2007), no ensino de química os modelos de moléculas do tipo *balls-and-sticks* (bolas e palitos) são constantemente utilizados. Entretanto, o autor alega que esses modelos ficam defasados e inutilizáveis, sendo assim substituídos pelas simulações virtuais que são mais econômicas e flexíveis.

O autor ainda afirma que os modelos físicos raramente são feitos ou utilizados fora de um instituto educacional devido aos custos envolvidos na produção, manutenção e distribuição.

Por essas dificuldades, Lipson (2007), afirma que a tecnologia de impressão 3D tem um potencial para reverter esta tendência e colher os benefícios dos modelos físicos para as atividades práticas, enquanto elimina muitas das dificuldades logísticas que restringem esta forma de educação. As impressoras 3D possibilitam a fabricação de objetos tridimensionais com detalhes complexos, isso sem o criador necessitar de habilidades de manufatura e fazer o uso de inúmeras ferramentas e recursos. Por essas características, a impressão 3D possibilita que os educadores facilmente consigam criar e produzir seus modelos físicos.

A tecnologia de impressão 3D também está se ampliando e se estendendo, para a área da educação de uma forma geral, e destaca-se a justificativa na área de ciências e suas aplicações, pois essa tecnologia possibilita que estudantes e professores criem objetos complexos que envolvam o uso de conceito, teoria e prática, afirma Aguiar (2016).

2.4.2 Tecnologia 3D para criar instrumentos didáticos

De acordo com Almeida e Silva (2017), saber utilizar essa tecnologia tão moderna e atual nas escolas, possibilitará transformar essas impressões em 3D, em pequenas fabricas de materiais didáticos que serão realizados em atividades práticas.

Segundo Borges (2002), os professores em geral concordam que a melhoria do ensino passa pelas atividades experimentais, mas raramente as realizam por problemas de várias ordens. A falta de recurso materiais e tempo vem como principal impedor desse movimento tecnológico. Dentre outros motivos, os professores alegam que as mesmas são

trabalhosas, exigem tempo em excesso, espaço e materiais específicos e nesse cenário montado de dificuldades, a impressão 3D vem oferecer a importante missão de amenizar todas essas dificuldades.

Se houverem professores e demais interessados, sabendo como criar instrumentos didáticos para o ensino, essas pessoas podem compartilhar via internet os modelos 3D, desses experimentos. O conjunto desses arquivos formam uma biblioteca, um repositório virtual de modelos imprimíveis para a educação, como Lipson (2007) sugeriu, bastando ao professor selecionar o instrumento que atende às suas necessidades e acionar a construção numa impressora 3D.

Atualmente existem vários repositórios de modelos tridimensionais, inclusive contendo objetos pertinentes ao meio da educação. Um dos mais conhecidos no meio de impressão 3D é o *Thingiverse*⁷, que conta com modelos gratuitos, disponíveis já na extensão *.stl*, prontos para serem impressos.

2.5 Célula vegetal tridimensional

De acordo com Freitas, Miranda e Costa (2013), a rápida evolução do conhecimento nas áreas da biologia vêm de encontro às atuais formações acadêmicas dos professores, que não conseguem acompanhar o ritmo acelerado das inovações. Os alunos, por outro lado, vivem em uma realidade repleta de estímulos, não somente a lousa, giz e fala, mas também de materiais didáticos mais avançados tecnologicamente, que sejam capazes de despertar o interesse e aguçar a curiosidade.

Ainda segundo Freitas, Miranda e Costa (2013), especificamente a biologia estuda temas que exigem alta abstração e, sendo assim, os estudantes mostram dificuldades no aprendizado. O desenvolvimento de um material didático de forma tridimensional pode favorecer a compreensão das relações entre morfologia e função das organelas através das diferenças visíveis dos modelos tridimensionais, bem como as suas cores, tamanho, diferenças e semelhanças, além de entender melhor o processo evolutivo das células e por consequência entender melhor o funcionamento dos seres vivos.

⁷ Repositório online de modelos tridimensionais. Disponível em: <https://www.thingiverse.com/>. Acesso em 03 de março de 2019.

3 Materiais e métodos

Após pesquisar sobre as diversas tecnologias de impressão 3D existentes e sobre o seu potencial de criação de objetos, foram adquiridas as peças necessárias para a montagem de uma impressora 3D que serão descritas nesta seção.

3.1 Impressora 3D (*RepRap*)

A característica do modelo *RepRap* é ampliar a viabilidade, aplicação e popularização da Impressora 3D, que dispõe da capacidade de imprimir objetos plásticos. Como parte considerável da impressora é feita desse material, a mesma pode imprimir suas próprias peças, tornando-se assim uma máquina auto replicável. A impressora Darwin, da organização *RepRap*, foi a primeira impressora de baixo custo e iniciou a revolução das impressoras livres. A popularização desses equipamentos somente foi possível devido a comunidade de *software* e *hardware* livres ter empenhado grande esforço no seu desenvolvimento. Dessa forma, encontram-se *firmwares*, *hardwares* e *softwares* de controle de impressão e de geração de códigos numéricos de controle (*G-Code*) gratuitos e abertos. (LOPES e ALMEIDA, 2013).

A construção da impressora do presente trabalho teve como base o projeto do Ricardo Bernardi, do site *rbtech*⁸, utilizando-se de *softwares* gratuitos e códigos *open source*. A escolha deste projeto caracteriza-se principalmente pela estrutura de fácil montagem, que se utiliza de peças de fácil acesso, como mdf e parafusos de tamanho padrão, também pelo fato de ter grande documentação disponível online e por ser totalmente adaptável, ou seja, ter peças produzidas por ela mesma. Possui também uma área de impressão satisfatória, perfeitamente comparável às impressoras comerciais.

De acordo com o projeto do Ricardo Bernardi, os principais elementos da impressora são:

- a) Estrutura: tem por objetivo dar a forma principal para o projeto. Abriga toda a parte eletrônica, mecânica e cabeamento da impressora.
- b) Parte eletrônica: tem por objetivo coordenar toda a movimentação dos componentes da impressora, bem como controlar as temperaturas em diferentes áreas do

⁸Projeto base para a construção da impressora 3D. Disponível em: <http://criacao.rbtech.info/?s=impressora+3d>. Acesso em 22 de janeiro de 2019.

mecanismo. Possui diferentes componentes essenciais para todo o conjunto estar operacional.

c) *Firmware*: é a parte lógica do processo. *Software* inserido na placa controladora. Tem por objetivo interpretar e executar o arquivo em extensão *G-Code*, controlando assim a impressão do início ao fim.

d) *Softwares*: tem por objetivo modelar o objeto, fatiá-lo em camadas, gerar arquivo com extensão *G-Code* interpretado pela impressora e promover a interface entre máquinas. Alguns *softwares* possuem mais de uma característica integradas.

Para a montagem da impressora foi necessário a aquisição de todos os componentes eletrônicos e estruturais. Os componentes eletrônicos foram adquiridos via *e-commerce*⁹. O roteiro de montagem da impressora foi baseado no site do *rbtech*, que mostra detalhadamente toda a estrutura e metodologia do processo. E os demais componentes foram adquiridos no comércio local da cidade de Lages-SC.

De acordo com o projeto do Ricardo Bernardi, os materiais necessários para a montagem adequada da impressora foram:

- Acopladores de motor: o acoplador tem duas extremidades sendo uma para ser conectada ao eixo do motor e a outra sendo conectada na barra roscada do eixo Z. Utilizado para transferir a rotação do motor para a barra roscada do eixo Z.

- Arduino MEGA 2560¹⁰: Baseada no micro controlador ATmega2560, possui 54 pinos de entradas e saídas digitais. Foi desenvolvida para projetos mais complexos. É uma placa recomendada para impressoras 3D e projetos de robótica.

- Barra roscada M8: haste de metal com rosca no padrão M8. Utilizadas para compor o eixo Z da impressora.

- Corrediças telescópicas: utilizadas principalmente no segmento de móveis, essas corrediças feitas de aço e movimento homogêneo, são as bases para a movimentação dos eixos x e y, além de guias para o eixo z.

- Correia dentada: feita de uma malha coberta com borracha, possui relevos por toda sua extensão. Responsável por transmitir a rotação dos motores dos eixos x e y para o suporte da mesa aquecida e para o suporte do conjunto de extrusão respectivamente.

⁹*E-commerce* utilizado para aquisição dos componentes eletrônicos. Disponível em: <https://pt.aliexpress.com/>. Acesso em 05 de janeiro de 2019.

¹⁰Placa Arduino Mega 2560, utilizada como componente na montagem da impressora 3D. Disponível em: <http://blog.eletrogate.com/guia-completo-do-arduino-mega/>. Acesso em: 01 de março de 2019.

- Drivers de motor de passo DVR8825: O driver motor de passo DRV8825 é um módulo indicado para controle de motores de passo de impressoras 3D e equipamentos CNC, suportando micro resolução até 1/32 passos. Responsável por controlar a resolução e os passos dos motores.

- Espelho para mesa aquecida: espelho comum de 3mm. Fica logo acima da mesa aquecida. Serve de base para os objetos serem impressos.

- Estrutura principal em MDF: a parte estrutural é parte que dá forma à impressora e também é a parte mais visível. De acordo com SANTOS (2018), um dos materiais mais utilizados para construção de uma impressora 3D é o MDF (Painel de Fibra de Média Densidade), material composto de fibras de madeira, é liso e consistente, facilmente cortável, além de empenar pouco. É eficaz em dissipar pequenas vibrações. Neste projeto será utilizado MDF de 15 milímetros de espessura.

- Conjunto extrusão de filamento: esse conjunto é composto pelo bico aquecido, termostato, motor de passo e engrenagens, que têm por objetivo aquecer o plástico até determinada temperatura, para então ser depositado em camadas na mesa aquecida até formarem o objeto. Para esse projeto o modelo de conjunto de extrusão utilizado foi o MK8.

- Mesa aquecida: tem como principal objetivo aumentar sua temperatura. O espelho que fica em contato direto com a mesa aquecida, também aquece, formando assim a base para todas as impressões. O calor atua garantindo a aderência do objeto que está sendo impresso na mesa. Para esse projeto o modelo de mesa aquecida utilizado foi o MK2B, que conta com 21 centímetros de comprimento e 21 centímetros de largura.

- Motores de passo: transformam energia elétrica em energia mecânica. Tem como principal característica a precisão do posicionamento, ou seja, o movimento se dá através de passos, garantindo assim alta precisão. Funciona muito bem em baixas rotações e possui elevado torque. Para esse projeto foram utilizados motores Nema 17.

- Placa controladora da impressora: projetada para acoplar toda a parte eletrônica necessária para um projeto de impressora 3D. Placa pequena, de baixo custo, encaixa perfeitamente na placa de Arduino MEGA 2560. Para esse projeto foi utilizada a placa controladora Ramps 1.4 3D.

- Sensor de fim de curso mecânico: utilizado para delimitar o início dos eixos x, y e z. A medida que cada eixo encosta no sensor de fim de curso, o movimento é interrompido, delimitando assim sua movimentação.

- Tela LCD: projetada para encaixar na Ramps 1.4, assim como os demais componentes eletrônicos, a tela tem suporte para cartão SD para poder realizar impressões sem a necessidade de manter a impressora conectada no computador. Além de exibir informações importantes sobre temperatura dos componentes, toda a parte de calibração e movimentação dos eixos podem ser feita através da tela LCD. Para esse projeto foi utilizada a tela LCD de modelo 12864.

- Termistor: sensor de temperatura. Utilizado para medir a temperatura da mesa aquecida e bico aquecido.

- Fonte de alimentação: neste projeto foi utilizada uma fonte de alimentação de 12 volts e 30 amperes.

- As demais peças foram os cabos para ligar todos os componentes eletrônicos, molas, parafusos, arruelas e porcas diversas. Polias para interligar os motores de passo com as correias e os tensores das correias para evitar de deixar elas muito frouxas.

Firmware e softwares:

Neste projeto foi escolhido o Marlin¹¹ que é um *firmware* de código aberto para a fabricação de impressoras 3D. A proposta dos seus criadores era de que o Marlin deveria ser um driver de impressoras simples, confiável, e adaptável que "simplesmente funcionasse".

Dessa forma, ainda de acordo com os criadores do Marlin, alcançou-se tanta popularidade que se tornou o *firmware* mais utilizado em impressoras 3D, feitas por entusiastas em suas próprias casas ou mesmo para equipamentos comerciais, como *Ultimaker*, *Printrbot*, *AlephObjects* (Lulzbot) e *Prusa Research*.

O *firmware* do Marlin tem como plataforma de referência a placa principal da impressora 3D, sendo ela Arduino Mega2560 combinado com a placa controladora RAMPS 1.4, gerenciando todas as atividades em tempo real da máquina. Além de coordenar os componentes aquecidos, motores de passo, sensores de parada, luzes, display LCD, botões e tudo o mais envolvido no processo de impressão 3D¹².

Softwares: Arduino, Blender, Cura e Repetier Host.

O Repetier Host é um *software* compatível com a maioria dos *firmwares* utilizados mundialmente. Assim como o Cura, citado anteriormente, o Repetier Host, dentro de suas

¹¹ Firmware Marlin. Disponível em: <http://marlinfw.org/docs/basics/introduction.html>. Acesso em 25 de março de 2019.

¹² Combinação básica entre Marlin e Arduino Mega 2560. Disponível em: <http://marlinfw.org/docs/basics/introduction.html>. Acesso em 25 de março de 2019.

funções, é capaz de fatiar sólidos em camadas para criar arquivos *G-code*, porém neste projeto o principal objetivo do Repetier Host é a sua utilização como interface entre a impressora e o computador, otimizando assim os primeiros testes, como a movimentação dos eixos¹³.

O *Software* Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto baseada em *hardware* e *software* fáceis de utilizar. Atua como ferramenta facilitadora na gravação de código na placa do Arduino MEGA 2560, além de poder ser utilizado com qualquer placa Arduino¹⁴.

Para criar desenhos foi utilizado o *software* Blender¹⁵ que é gratuito e de código aberto. Desenvolvido pela *Blender Foundation* é uma ferramenta poderosa no desenvolvimento de objetos tridimensionais, além de animações, texturização, composição, renderização e muito mais.

3.2 Montagem da impressora

O primeiro passo para a criação da impressora, foi a montagem da parte estrutural, feito em MDF de 15 milímetros de espessura. As peças foram recortadas no tamanho adequado, lixadas e unidas com parafusos, tomando cuidado com o alinhamento de todas, para haver o mínimo de erros com a qualidade da impressão.

Após a finalização da parte estrutural foram fixadas as corredeiras telescópicas dos eixos x, y e z, onde seriam responsáveis, respectivamente, pela movimentação do conjunto extrusor, juntamente com o bico aquecido, mesa aquecida juntamente com a base de impressão e todo o conjunto do eixo x que será movimentado verticalmente pelo eixo z.

Após a montagem da parte estrutural iniciou-se a montagem dos eixos de movimentação, x y e z.

O conjunto de extrusão foi fixado em uma base pequena que posteriormente foi fixada nas corredeiras do eixo x, também foi fixado o motor de passo na lateral esquerda e uma polia na lateral direita do eixo. A união entre motor, conjunto de extrusão e polia foi dada através da correia dentada, fixada atrás da base do conjunto de extrusão.

¹³ *Software* fatiador de sólidos e auxiliar na configuração inicial da impressora. Disponível em: <https://www.repetier.com/about-us/>. Acesso em 20 de abril de 2019.

¹⁴ Guia de introdução ao Arduino. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. Acesso em: 20 de abril de 2019.

¹⁵ Software para criar desenhos tridimensionais. Disponível em: <https://www.blender.org/>. Acesso em 07 de janeiro de 2019.

Com a montagem do eixo x finalizada, iniciou-se a montagem do eixo y. Para fazer a base da mesa aquecida, foi utilizado um quadrado de MDF com furos perto dos quatro vértices e recortado em duas laterais para diminuir o peso. Essa base foi fixada no par de corredeiras do eixo y. Nos quatro furos da base foram inseridos parafusos com molas e acima delas a mesa aquecida. As molas têm o papel de ajustar o nível da mesa aquecida, minimizando qualquer imperfeição que possa ter sido feita durante o processo de montagem da estrutura e corredeiras. Foi adicionado um motor de passo na parte de trás da impressora e uma polia na parte da frente. O conjunto base da mesa aquecida, motor e polia foi unido pela correia dentada, fixada na base da mesa aquecida.

O terceiro eixo a ser montado foi o z. Constituído de duas barras roscadas, no padrão M8, tendo como guia seis porcas presas na parte de trás do eixo x. Sua movimentação é feita através da junção entre as barras roscadas e motores de passo, através de acopladores.

Após a montagem dos eixos, iniciou-se a configuração e montagem da parte eletrônica.

A parte eletrônica iniciou-se encaixando a placa *Ramps* em cima da placa do Arduino. As placas foram energizadas através da ligação entre elas e a fonte de 12 volts. Esse conjunto foi montado fora da impressora, para possibilitar testes a fim de reduzir possíveis erros.

Foram utilizadas duas interfaces de comunicação entre as placas energizadas e o computador. A primeira foi o Arduino, que foi o responsável pela edição do código fonte, conforme a configuração da impressora 3D produzida, e a inserção deste na placa do Arduino. A segunda interface foi o *Repetier Host*, necessário para realizar os primeiros testes de movimentação dos eixos da impressora.

Logo após todos os componentes serem testados, foi realizada a fixação das placas controladoras, Arduino e *Ramps*, na estrutura da impressora, também foi fixada a fonte de alimentação e os sensores de fim de curso, um para cada eixo, que são responsáveis por determinar o ponto de partida do movimento das corredeiras, além disso, foram soldados os cabos de alimentação e termistor na base aquecida e fixado o painel LCD para facilitar o controle e informações da impressora durante a impressão.

3.3 Upgrades

Durante o processo de montagem da impressora foram necessárias várias adaptações do projeto original e melhorias físicas, todas voltadas para o melhor funcionamento do equipamento e melhoria na qualidade final do objeto impresso.

As principais adaptações foram:

Criação de três suportes para os motores dos eixos x e z. São peças criadas no Blender que tiveram o objetivo de fixar os motores na base dos eixos z e x.

Suporte de motor para o eixo y¹⁶. Necessário para fixar o motor de passo do eixo y na estrutura da impressora.

Acopladores eixo z¹⁷. Os acopladores fazem a união entre os motores e as barras roscadas do eixo Z. Esse *upgrade* foi necessário para retirar a junção antiga, feita de plástico termo retrátil juntamente com buchas de parafusos, e promover mais confiabilidade na junção.

Suporte para tela de LCD para que a tela ficasse fixa na estrutura, facilitando o manuseio.

Suporte para o conjunto de extrusão¹⁸. Todos esses equipamentos necessitam ser bem fixos nos trilhos do eixo x, para evitar vibrações e também imperfeições na peça.

Além de capa para porcas¹⁹, para ajuste da base de impressão. Se faz necessário para aumentar a área de contato entre os dedos e a porca para ajuste de altura da base de impressão.

3.4 Impressão

Todo o processo de impressão, do modelo tridimensional digital até o objeto físico impresso passa por uma série de etapas importantes, porém, a parte preparatória da impressora é decisiva para extrair o máximo de todos os ajustes anteriormente citados e transferi-los para a peça.

¹⁶ Suporte de motor do eixo Y. Disponível em: <https://www.thingiverse.com/thing:1493091>. Acesso em: 21 de março de 2019.

¹⁷ Acopladores para eixo z. Disponível em: <https://www.thingiverse.com/thing:7678>. Acesso em 21 de março de 2019.

¹⁸ Suporte para conjunto de extrusão. Disponível em: <https://www.thingiverse.com/thing:835475>. Acesso em: 22 de março de 2019.

¹⁹ Capa para porcas. Disponível em: <https://www.thingiverse.com/thing:2807594>. Acesso em: 22 de março de 2019.

O processo inicia-se pela limpeza da base de impressão, retirando qualquer resíduo de impressões anteriores que possam atrapalhar a movimentação do bico aquecido. Em seguida é necessária a aplicação de duas camadas finas de fixador em spray na base, para aumentar a aderência da peça, evitando qualquer torção ou deslocamento. A base então é fixada na mesa aquecida com a ajuda dos grampos de metal.

A seguir é necessário ajustar a altura entre o bico aquecido e a base de impressão. Para fazer isso, move-se o eixo z até a origem para simular o início da impressão, desabilitam-se os motores para ter uma movimentação livre dos eixos e marcam-se 5 pontos na base, sendo 4 os mais próximos às extremidades possíveis e 1 no meio. Deve-se então mover os eixos x e y até cada ponto marcado, deixando o espaço da espessura de uma folha comum entre o bico aquecido e o ponto.

Após o pré-ajuste da impressora, leva-se o arquivo *G-Code* até ela para iniciar a impressão. Neste projeto a interface de impressão escolhida foi o *Cura*, para gerar os parâmetros necessários e o cartão SD como veículo do *G-Code* até a impressora. Bastando apenas navegar no SD pela tela LCD e selecionar iniciar a impressão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para este projeto foram escolhidos quatro modelos tridimensionais, a célula bacteriana²⁰ (Figura 1), parede celular²¹ (Figura 2), célula vegetal²² (Figura 3) e outro modelo de célula vegetal²³ (Figura 4) para serem impressos e apresentados como ferramentas didáticas para a disciplina de Morfologia Vegetal nos cursos de Engenharia Florestal e Agronomia do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina por intermédio do orientador Marcelo Goulart Souza. Estes modelos também podem ser utilizados para o ensino de Ciências e Biologia nas escolas de nível fundamental e médio além de outros cursos correlatos.

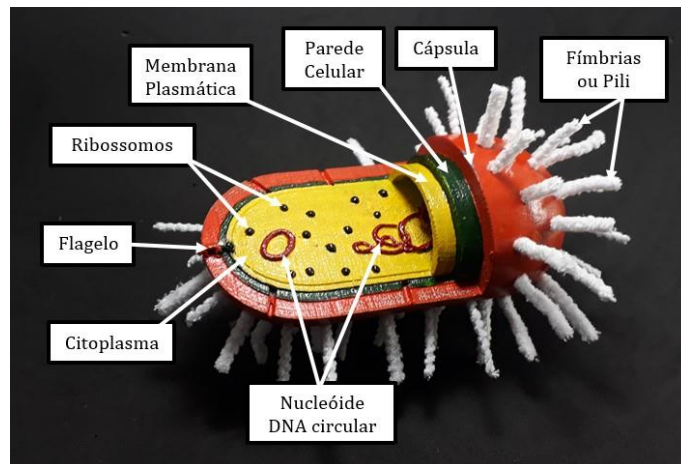
²⁰ Célula bacteriana. Disponível em: <https://www.thingiverse.com/thing:2695890>. Acesso em: 20 de abril de 2019.

²¹ Parede celular. Disponível em: <https://www.thingiverse.com/thing:588933>. Acesso em 21 de abril de 2019.

²² Célula vegetal. Disponível em: <https://www.thingiverse.com/thing:3424688>. Acesso em: 22 de abril de 2019.

²³ Célula vegetal 2. Disponível em: <https://www.thingiverse.com/thing:3409021>. Acesso em 23 de abril e 2019.

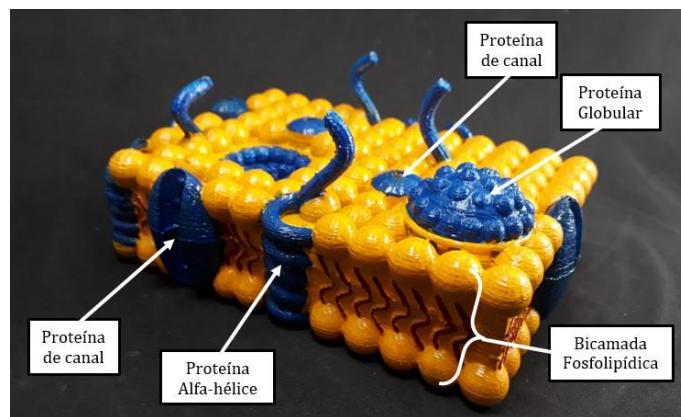
Figura 4.1 – Célula Bacteriana



Fonte: Autor

Conforme modelo, esta célula representa os primeiros seres vivos do planeta bem como suas estruturas e características, como a ausência de material genético organizado e de organelas especializadas, ou seja, sendo uma célula simples composta por componentes básicos como a membrana plasmática, material genético e ribossomos.

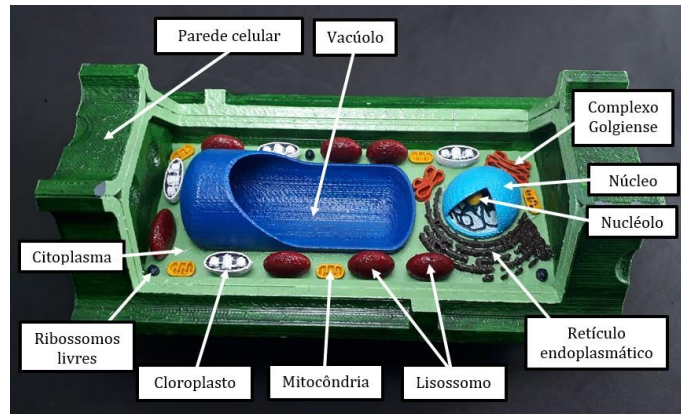
Figura 4.2 – Membrana celular



Fonte: Autor

Este modelo de membrana celular elucidada a fina camada de fosfolípidios e proteínas, que delimita o citoplasma de todos os tipos de células, sejam elas eucariontes ou procariontes. A membrana tem por principal função a seleção de tudo que entra ou sai da célula, podendo assim selecionar o que é necessário ou não. A união e organização dos componentes desse modelo deram origem ao seu nome: mosaico fluido.

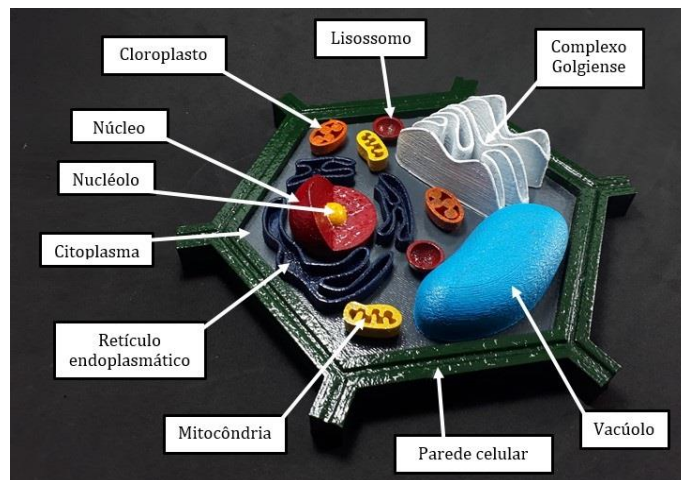
Figura 4.3 – Célula vegetal



Fonte: Autor

A célula vegetal eucariótica possui muitas semelhanças com a célula animal como por exemplo a membrana celular, porém, sua principal diferença é o fato de ela possuir a capacidade de realizar a fotossíntese por meio do cloroplasto, que é composto de clorofila. Outra diferença é a presença da parede celular, que é composta de celulose e tem por principais funções dar proteção para a célula e manter o seu formato.

Figura 4.4 – Célula vegetal



Fonte: Autor

Assim como no modelo anterior, esta célula vegetal tem suas organelas montadas de outra forma, representando as mesmas estruturas e o mesmo conceito, porém visto de uma forma diferente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A impressora demonstrou ser um equipamento confiável, visto que, ela foi deixada ligada, imprimindo objetos ou em processo de ajuste, durante 100 a 200 horas aproximadamente. Ainda assim, foram observados diversos pontos de melhoria como a estrutura principal que poderá ser refeita em perfil de alumínio, garantindo mais rigidez e confiabilidade durante as impressões mais longas, também é possível criar uma estrutura que envolva a impressora, fechando-a para minimizar os efeitos da temperatura externa, principalmente para impressões em ABS.

Aliado ao baixo custo de manutenção, impressão e principalmente de baixo valor para aquisição, as impressoras 3D têm se disseminado por diversos setores da sociedade, se mostrando com grande potencial principalmente quando sua utilização é voltada para a prototipagem rápida. Essa tecnologia se tornou tão acessível que atualmente pode-se fazer uma impressora em casa que consegue imprimir objetos com qualidade e desempenho acima do esperado, é o caso deste projeto, onde mesmo contando com algumas deficiências, como o peso e volume do equipamento em geral, tem-se demonstrado uma ótima ferramenta para prototipagem rápida, oferecendo boa velocidade durante as impressões e com baixo custo de insumos.

Durante a execução deste projeto, foram impressas mais de cem peças, incluindo impressão de objetos de calibração a cada ajuste efetuado no equipamento, peças que foram utilizadas na montagem da própria impressora, protótipos utilizados para auxiliar outros projetos com fins acadêmicos e objetos diversos, porém o objetivo específico foi a impressão de modelos didáticos, utilizados como ferramentas auxiliadoras no processo de educação.

Os modelos didáticos de componentes biológicos na escala micrométrica foram bem aceitos por parte dos alunos, pois facilitam sua compreensão pelo fato de terem os modelos concretos, ou seja, puderam visualizá-los e tocá-los. Em virtude disto, há um aumento da curiosidade e do interesse por parte dos alunos que por consequência, aumentam o aprendizado do conteúdo proposto.

REFERÊNCIAS

- ABREU, S. A. C. **Impressão 3D de baixo custo versus impressão em equipamentos de elevado custo.** U.Porto, Faculdade de Engenharia. Universidade do Porto, 2014.
- AGUIAR, L. D. C. D. **Um processo para utilizar a tecnologia de impressão 3D na construção de instrumentos didáticos para o ensino de ciências.** –Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2016.
- AGUIAR, L. D. C. D.; YONEZAWA W. M. **Construção de instrumentos didáticos com impressoras 3D.** IV Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia – Ponta Grossa – PR, 2014.
- ALMEIDA, A. S.; SILVA, I. L. L. P. **Impressora 3D e a visualização no ensino da matemática.** 28º Seminário de Iniciação Científica. Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, 2017.
- ARDUINO. **Guia de introdução.** O que é Arduino?. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. Acesso em: 20 de abril de 2019.
- AUTODESK. **Impressão 3D.** O que é impressão 3D? Disponível em: <https://www.autodesk.com.br/solutions/3d-printing>. Acesso em: 11 de maio de 2019.
- AZEVEDO, F. M. **Estudo e projeto de melhoria em máquina de impressão 3D.** Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos. 2013.
- BG-AIN. **Eletrogate.** Guia completo do Arduino Mega. Disponível em: <http://blog.eletrogate.com/guia-completo-do-arduino-mega/>. Acesso em: 01 de março de 2019.
- BLENDER. **Organização do Blender.** Disponível em: <https://www.blender.org/>. Acesso em 07 de janeiro de 2019.
- BORGES, A. T. **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, V. 19, n. 3, p.291-313, Florianópolis, dez. 2002.
- DABAGUE, L. A. M. **O processo de inovação no segmento de impressoras 3D.** Universidade Federal do Paraná, 2014.
- FREITAS, F. H. A. **Algumas reflexões acerca de um curso de instrumentação para o ensino de física.** Simpósio Nacional de Ensino de Física, XVIII, 2007, São Luiz -Maranhão. Anais... São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2007.
- FREITAS, M. E. M.; MIRANDA, M.; COSTA E. **Desenvolvimento e aplicação de kits educativos tridimensionais de célula animal e vegetal.** Universidade Federal de São Carlos, 2013.
- GARCIA, L. H. T. **Desenvolvimento e fabricação de uma mini-impressora 3D para cerâmicas.** São Carlos, 2010.
- GONÇALVES, J. F. O. **Impressora 3D com LinuxCNC.** U.Porto, Faculdade de Engenharia. Universidade do Porto, 2014.

LIPSON, H. **Printable 3D models for customized hands-on education**. In: MASS CUSTOMIZATION AND PERSONALIZATION (MCPC), October 2007, Cambridge, MA. Proceeding. 2007, Cambridge, MA.

LOPES, A. L. L.; ALMEIDA, C. A. **Metodologia para concepção de prótese ativa de mão utilizando impressora 3D**. Universidade de Brasília. Faculdade de Engenharia do Gama, 2013.

MARLIN. **O que é Marlin?**. Introduction. Disponível em: <http://marlinfw.org/docs/basics/introduction.html>. Acesso em 25 de março de 2019.

NETO, P. I. **Estudo de viabilidade técnica e projeto de um mini-cabeçote de extrusão com rosca para impressoras tridimensionais portáteis**. São Carlos, 2013.

RBTECH. **Impressora 3D caseira**. Disponível em: <http://criacao.rbtech.info/?s=impressora+3d>. Acesso em 22 de janeiro de 2019.

REGADAS, J, J, L, M. **Otimização de uma impressora 3D Delta e desenvolvimento da impressão simultânea de 3 cores**. U.Porto, Faculdade de Engenharia. Universidade do Porto, 2017.

REPETIER-HOST. **Documentação**. Disponível em: <https://www.repetier.com/>. Acesso em 20/04/2019.

SANTOS, E. I. D.; PIASSI, L. P. C.; FERREIRA, N. C. **Atividades experimentais de baixo custo como estratégia de construção da autonomia de professores de física: uma experiência em formação continuada**. Encontro Nacional de Pesquisa e Ensino de Física, IX, 2004, Jaboticatubas, MG.

SANTOS. V. P. **Estudo e desenvolvimento de uma impressora 3D FDM**. Universidade Federal do Maranhão, 2018.

SCHUBERT, C.; LENGVELD, M. C.; DANOSO, L.A. **Innovations in 3D printing: a 3D overview from optics to organs**. Schubert C, van Langeveld MC, Donoso LA. Br J Ophthalmol 2014;98:159–161, 2014.

THINGIVERSE. **Acervo de arquivos tridimensionais**. Disponível em: <https://www.thingiverse.com/>. Acesso em 03 de março de 2019.

ULTIMAKER. **Ultimaker Cura software**. Disponível em: <https://ultimaker.com/en/products/ultimaker-cura-software>. Acesso em: 04 de fevereiro de 2019.

ULTIMAKER. **Ultimaker recursos**. Disponível em: <https://ultimaker.com/en/resources>. Acesso em 04 de fevereiro de 2019.