



# SICIT 2018

Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

Universidade de Itaúna

## CONHECENDO A IMPRESSORA 3D MODELO FDM – *FUSED DEPOSITION MODELING*

Gustavo Nogueira Barros, Universidade de Itaúna, [gustavo.n.barros@hotmail.com](mailto:gustavo.n.barros@hotmail.com).  
Juventino Feitosa de Camargos Filho, Universidade de Itaúna, [nino.camargos@hotmail.com](mailto:nino.camargos@hotmail.com).  
Lucas de Sousa Silveira, Universidade de Itaúna, [silveiralucas@rocketmail.com](mailto:silveiralucas@rocketmail.com).  
Luciana Rodrigues dos Santos, Universidade de Itaúna, [luciana\\_santoos07@hotmail.com](mailto:luciana_santoos07@hotmail.com).  
Nayele Silva Braga, Universidade de Itaúna, [nayelebraga@gmail.com](mailto:nayelebraga@gmail.com).  
Alecir Silva, Universidade de Itaúna, [alecir09@gmail.com](mailto:alecir09@gmail.com).  
Denílson José do Carmo, Universidade de Itaúna, [djcarmo@fiemg.com.br](mailto:djcarmo@fiemg.com.br).  
Ewerton Augusto Nogueira, Universidade de Itaúna, [labmetal@uit.br](mailto:labmetal@uit.br).  
José Felipe Dias, Universidade de Itaúna, [josefelipedias@gmail.com](mailto:josefelipedias@gmail.com).  
Juliano Daniel Simeão, Universidade de Itaúna, [jdsimeao@gmail.com](mailto:jdsimeao@gmail.com).

**Resumo:** A impressão 3D é uma importante ferramenta para o desenvolvimento de protótipos, pois, com ela, é possível obter protótipos em um curto espaço de tempo e com baixo custo. Dentre os tipos de impressoras 3D, a impressora FDM – *Fused Deposition Modeling* (Modelagem por deposição de material fundido) se destaca por seu baixo custo e pela simplicidade do seu processo de fabricação. O funcionamento dessa impressora se dá por um movimento cartesiano em três eixos: x, y e z. O presente estudo objetiva conhecer o modelo de impressora FDM abordando o seu princípio de funcionamento, partes constituintes principais, materiais utilizados para a impressão, *softwares* disponíveis, principais vantagens e desvantagens desse modelo de impressora, principais defeitos que ocorrem durante a impressão e a aplicação deste modelo na fabricação de objetos.

**Palavras-chave:** Impressão 3D. Modelagem. Protótipo.

### 1 Introdução

O processo de impressão 3D ou de fabricação aditiva é um grande avanço na fabricação de objetos. Isto acontece porque os atuais procedimentos de fabricação geralmente envolvem a redução ou a alteração do material em questão, a fim de criar o objeto desejado. Além disso, estes processos também requerem uma quantidade significativa de máquinas e um número considerável de pessoas qualificadas. Para que um objeto seja impresso com a tecnologia tridimensional é preciso que se tenha o projeto e o *software* de edição 3D instalado no computador. Muitas empresas que investem na fabricação deste tipo de equipamento oferecem também aplicativos que facilitam o uso da tecnologia tridimensional.

Após criar o modelo tridimensional é necessário transferi-lo para o *software* da impressora e ainda definir as dimensões da imagem. O *software* de impressão irá compilar todos os dados e sistematizá-los em várias camadas. Em seguida inicia-se a impressão. Nesta etapa o injetor de matéria esquentada e insere o filete plástico que está na bobina. Na medida que o material derrete, ele é injetado em uma base, que se movimenta em dois eixos e cria as camadas. O processo então é realizado camada por camada, desta forma, quando uma fica pronta, outra se inicia até que o objeto seja totalmente concluído.



# SICIT 2018

Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

Universidade de Itaúna

A realização deste estudo, conforme sugere a metodologia de pesquisa baseou-se na realização de levantamento bibliográfico a partir de registros disponíveis em livros, artigos, teses, dissertações em documentos eletrônicos e/ou impressos. A busca por trabalhos relacionados ao gerenciamento de funcionamento de impressão em 3D foi efetuada por meio das palavras chaves: impressão 3D, filamentos, tecnologia. Os estudos encontrados são apresentados, analisados e discutidos a seguir.

O objetivo deste artigo é promover o conhecimento do princípio de funcionamento da impressora tridimensional, modelo FDM, bem como suas partes eletrônicas e mecânicas, *softwares*, materiais utilizados para a fabricação de objetos, vantagens e desvantagens e a aplicação deste modelo.

## 2 O que é a modelagem 3D

O modelo 3D é o processo de desenvolvimento de uma representação matemática de qualquer superfície tridimensional de um objeto (seja inanimado ou vivo) por meio de *software* especializado. O produto é chamado de modelo tridimensional e consiste na criação de formas, objetos, personagens, cenários, etc. Para a realização da modelagem são utilizadas ferramentas computacionais avançadas e direcionadas para este tipo de tarefa.

Diferentes tipos de geometria podem ser criados em aplicativos de modelagem 3D. Essas modelagens são realizados por meio da criação de uma malha complexa de segmentos que dão forma ao objeto.

### 2.1 Tipos comuns de geometria na modelagem 3D

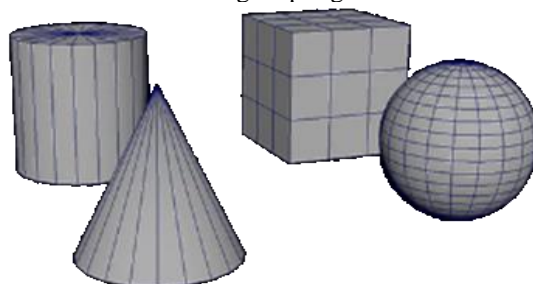
#### 2.1.1 Modelagem poligonal

Segundo Autodesk (2018), na modelagem poligonal, os polígonos são como formas com lados retos, definidos por pontos tridimensionais (vértices) e linhas retas que o conectam (arestas).

Os modeladores que usam polígonos normalmente usam aqueles com três lados, os triângulos, ou quatro, os quadriláteros (AUTODESK, 2018).

Conforme a Autodesk (2018), as superfícies poligonais têm uma ampla faixa de aplicação e são o tipo de superfície preferido para efeitos de animação em filmes, projetos de videogames e desenvolvimento na *Web* em 3D, como ilustrado na FIGURA 1.

FIGURA 1 – Modelagem poligonal

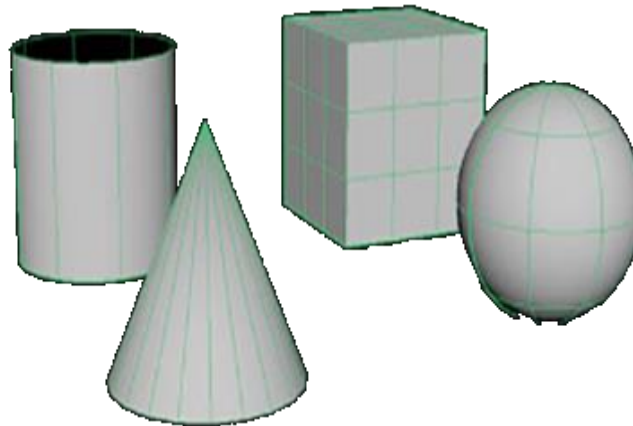


Fonte: AUTODESK, 2018.

## 2.1.2 Curvas e modelagem NURBS

Segundo Autodesk (2018) as curvas e modelagem NURBS (*Non-Uniform Rational B-Splines*, ou seja, *B-splines* racional não uniforme) são composições de curvas definidas por uma fórmula matemática. O melhor uso para os NURBS é a modelagem de superfícies suaves com curvas complexas, como uma taça de vinho ou uma bola. Os NURBS são amplamente usados em projetos mecânicos ou industriais. A FIGURA 2 ilustra essa modelagem.

FIGURA 2 – Curvas e modelagens NURBS

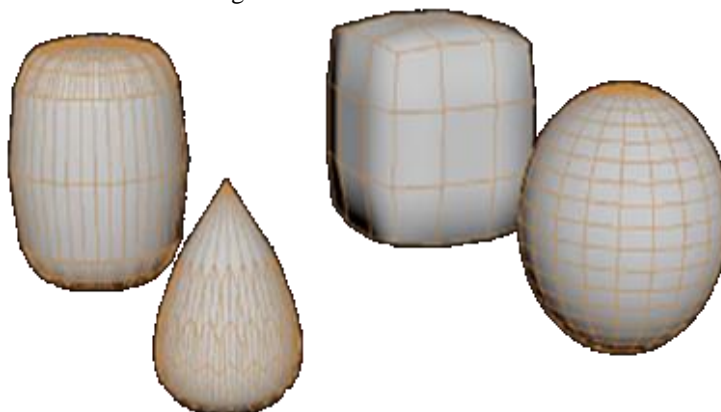


Fonte: AUTODESK, 2018.

## 2.1.3 Modelagem de subdivisão

A Autodesk (2018) descreve que as superfícies de subdivisão possuem características dos tipos de superfície poligonal e de NURBS. Como as superfícies NURBS, as superfícies de subdivisão podem produzir formas orgânicas suaves e ser modeladas com poucos vértices de controle. Tais como as superfícies poligonais, as de subdivisão permitem efetuar extrusão de áreas específicas e criar detalhes nas superfícies, quando necessário, como ilustrado na FIGURA 3.

FIGURA 3 – Modelagem de subdivisão



Fonte: AUTODESK, 2018.

Uma variação do modelo tradicional de impressão 3D é a tecnologia de escanerização 3D, na qual vem revolucionando o mercado. Cada vez mais precisa e em alta definição, permitindo que as imagens digitalizadas se aproximem ao máximo da realidade. O Scanner 3D a Laser

possui um sensor que mapeia todo o objeto em questão. Sua base é apoiada em uma superfície plana e lisa, sem nenhum desnível para que a digitalização do produto seja feita com perfeição (VERSUS DESIGNER, 2016).

Segundo a 3Dilla (2014) a criação de um modelo usando um *software* designado ou um scanner permite gerar um arquivo 3D que contém informações relevantes sobre o objeto, como suas dimensões, FIGURA 4.

FIGURA 4 – Exemplo de scanner gerador de arquivo 3D



Fonte: 3D PRINTER (2018).

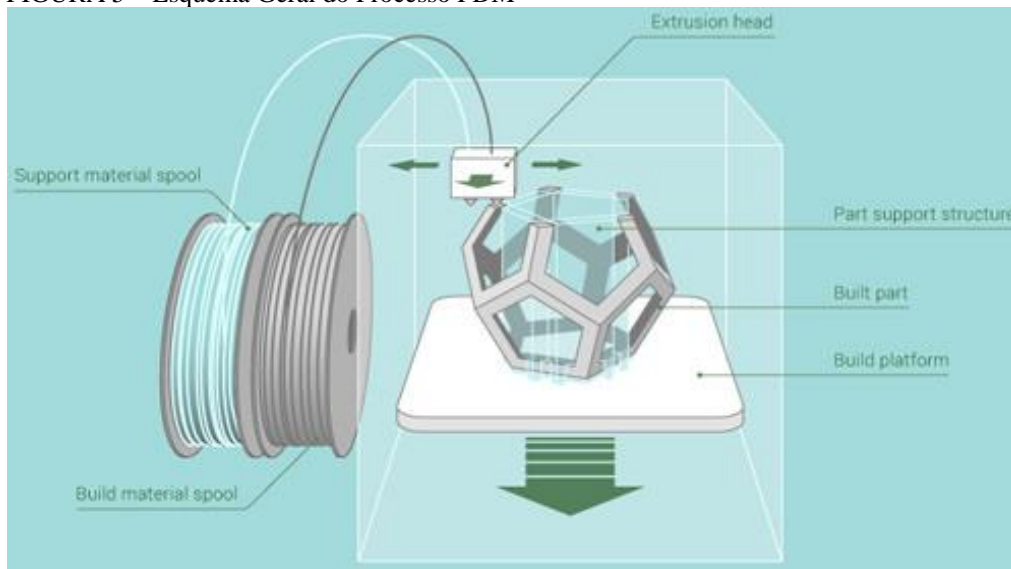
O scanner pode gerar um arquivo 3D do tipo STL (*standard tessellation language*, ou seja, linguagem padrão de tesselação). O arquivo STL é então lido pelo *software* que controla a impressora 3D (conhecido como gerador de código G), que divide o modelo 3D minuciosamente em finas camadas horizontais. Este *software* interno passa a enviar instruções para a impressora, a qual imediatamente começa a criar o objeto desejado da base até o topo (3DILLA, 2014).

O arquivo STL consiste de uma série de triângulos vinculados para recriar a geometria da superfície de um modelo sólido. Cada face do triângulo é descrita por uma direção perpendicular e três pontos que representam os cantos do triângulo, fornecendo uma listagem completa das coordenadas x, y e z desses cantos e perpendiculares (LWT SISTEMAS, 2016).

### 3 Como funciona uma impressora *Fused Deposition Modeling* – FDM

As impressoras 3D FDM realizam o processo de impressão por meio da deposição de material fundido, no qual um determinado material em estado plástico, é seletivamente depositado em uma plataforma através de um bico extrusor. Para depositar as camadas através do bico extrusor, que é movimentado pelas coordenadas de orientação espaciais “x-y”, o extrusor vai depositando o material em todo o contorno da seção e, depois de terminado, passa a preencher o interior do contorno, geralmente em movimentos de vai e vem, FIGURA 5 (MONTEIRO, 2015).

FIGURA 5 – Esquema Geral do Processo FDM



Fonte: BOA IMPRESSÃO (2017).

A funcionalidade de uma impressora 3D é complexa, visto que há uma variedade considerável de tecnologias dedicadas à impressão 3D atualmente no mercado. Entretanto, apesar das diferenças, todas essas tecnologias funcionam de acordo com o mesmo princípio: a criação de objetos camada por camada, utilizando o material fornecido, e de acordo com as instruções fornecidas pelo *software* que controla a impressora. A principal característica diferenciadora destas tecnologias está na forma como o material é disposto em camadas, de acordo com (3DILLA, 2014).

O tempo de impressão do objeto em uma impressora 3D FDM é variado, dependendo diretamente da densidade e tamanho do projeto. No QUADRO 1 são apresentadas as principais impressoras disponíveis no mercado e os diferentes materiais que são possíveis imprimir: polímeros, cerâmica, plásticos, resinas, alimentos, tecidos humanos, dentre outros (BOA IMPRESSÃO, 2017).

QUADRO 1 – Diferentes tecnologias de impressão

TIPO DE MATERIAL	FIGURA	TIPO DE EXTRUSÃO	VANTAGEM
FDM		Aquecimento um material plástico, PLA ou ABS, pelo bico extrusor.	Facilidade de uso, grande gama de impressoras no mercado.
SLA		Utilização de um laser resina líquida, solidificando e se cola à camada inferior.	Possibilidade de fabricar peças com um alto grau de complexidade.
SLS		Consiste em um laser (CO2) funde pequenas partículas de um material em pó, formando camadas	Não necessita de suportes para o apoio do modelo durante a sua fabricação.
DMSL		Necessita de um laser poderoso (Yb-fibre laser) para fundir as camadas.	Criar peças finais complexas.

Fonte: FERNANDES (2017).

#### 4 Filamentos para impressoras 3D *Fused Deposition Modeling* – FDM

De acordo com Wishbox Technologies (2016) os filamentos para impressão 3D são materiais especiais produzidos para que impressoras baseadas no método FDM possam imprimir objetos tridimensionais. Eles geralmente são constituídos de termoplásticos, vem em diversas cores e tipos. São comercializados em rolos de 1,75 mm e 3 mm de espessura, eles são derretidos e expelidos pelo extrusor. Dessa forma, a impressora consegue criar a forma tridimensional das peças.

Ao se idealizar um modelo 3D e o tipo de impressora, é necessário avaliar diversas variáveis como custo, solicitações mecânicas, térmicas, dentre outras. Hoje já estão disponíveis uma grande gama de materiais, para as mais diversos finalidades (BAGULEY, 2017).

O QUADRO 2 mostra os diferentes tipos de filamentos e suas principais características.


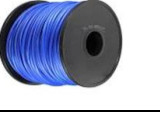









# SICIT 2018

Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

Universidade de Itaúna

QUADRO 2 – Filamentos e suas principais características

Material	Exemplo	Temperatura de trabalho	Principais características	Bom para	Compatível com
PETG		230-255 °C	Precisão, reciclagem, flexibilidade.	Utensílios para alimentos.	Impressoras compatíveis com a temperatura exigida.
ABS		220-235 °C	Baixo custo, resistência a impactos.	Peças móveis ou intertravadas.	Impressoras compatíveis com a temperatura exigida.
PLA		180-220°C	Biodegradável deriva de fontes renováveis.	Impressão Geral, peças pintadas	Todas as impressoras FDM.
PVA		18 - 45 °C	Material solúvel em água, biodegradável.	Auxiliar a impressão de modelo em PLA ou ABS.	Impressoras com múltiplas extrusoras.
Nylon		250°C	Resistente, Barato.	Utensílios domésticos, resistentes a umidade.	Impressoras compatíveis com a temperatura exigida.
HDPE		230°C	Fácil Dissolução, peso leve.	Impressões leves.	Impressoras compatíveis com ABS.
Wood Filament		180-245°C	Aparência atraente de madeira.	Aparência de madeira.	Impressoras compatíveis com PLA, necessário alguns ajustes.
Metal Filament		190 - 220°C	Aparência atraente de metal.	Aparência de metal.	Impressoras compatíveis com PLA, necessário alguns ajustes.
Conduct Filament		220-230°C	Imprimir circuitos elétricos sem adicionar fios.	Dispositivos elétricos.	Impressoras compatíveis com PLA, necessário alguns ajustes.
Carbon Fiber Mix		195-220°C	Rigidez, boa resistência e baixo peso.	Impressões estruturais.	Impressoras com múltiplas extrusoras.
Filamento Flexível		210-260°C	Textura e flexibilidade semelhante a da borracha.	Vestuário, utensílios em geral.	Impressoras com múltiplas extrusoras.

Fonte: Adaptado de BAGULEY (2017).

## 5 Defeitos que ocorrem na impressão 3D *Fused Deposition Modeling* – FDM

Quando da confecção das peças na impressora 3D podem surgir alguns problemas. Assim, antes de iniciar impressão é recomendável verificar alguns pontos para prevenir possíveis erros e

falhas durante a impressão. A seguir são descritos os principais problemas que podem ocorrer (FILAMENT2PRINT, 2017).

### **5.1 Problemas no arquivo STL**

Quando se desenha ou se faz *download* de modelos na internet para imprimir na impressora 3D deve-se revisar o modelo e se assegurar de que não existem zonas abertas entre as faces ou superfícies. Caso isto ocorra, surgem erros na forma de vazios ou desprendimentos de filamentos da peça. Para evitar isto, basta revisar a peça na pré-visualização do programa utilizado para imprimir ou gerar o *Code G* (*Pronterface*, *Cura*, *Simplify3D*, *Slic3r*), procurando os vazios ou as uniões imperfeitas (FILAMENT2PRINT, 2017).

### **5.2 Overhang**

Conforme 3DLab (2018), quando da impressão de peças com ângulos de inclinação abaixo de 45° com o plano da mesa, aconselha-se a utilização de suporte. Assim, para uma camada externa uniforme e perfeita, precisa-se que a camada de apoio imediatamente abaixo esteja correta. O *overhang* em questão seria quando a impressão necessita de um apoio sólido, e como a peça é inclinada, o apoio da camada inferior não está totalmente abaixo, necessitando que a extrusão saia mais rígida e não tenda a cair no ar (sem apoio).

### **5.3 Falta de aderência na primeira camada**

Este problema é bem comum e sua causa, na maioria das vezes, está na regulagem da mesa de impressão. Se a mesa estiver longe da cabeça de impressão, a primeira camada não vai ter a aderência correta na mesa, podendo soltar-se (3DLAB, 2018).

### **5.4 Contração nas primeiras camadas**

O plástico apresenta características elásticas. Quando ele esfria, contrai. Sendo assim, se a temperatura da mesa está alta demais, no resfriamento da peça, as camadas externas vão contrair, enquanto as internas ainda estão quentes (3DLAB, 2018).

### **5.5 Sub Extrusão**

Sub extrusão é, basicamente, falta de material para formação das camadas. A impressora busca acompanhar a velocidade de extrusão determinada, mas se o filamento não acompanhar essa velocidade o problema aparece (3DLAB, 2018).

### **5.6 Ondulações e sobras na impressão**

Acontece geralmente quando a impressão apresenta muitos cantos ou quinas vivas, um bom exemplo é a impressão de alguma palavra ou texto. Então, quando a cabeça de impressão faz uma mudança de direção súbita, a inércia provoca uma vibração, que acaba aparecendo na impressão (3DLAB, 2018).



## 6 Aplicação a impressão 3D *Fused Deposition Modeling* – FDM

Prototipagem, modelagem e *mock-ups* (protótipo no tamanho real ou em escala), sem dúvida, fazem parte das aplicações já em uso na fabricação aditiva das impressoras 3D. Entretanto, estes campos são apenas uma pequena amostra da capacidade desta tecnologia. O universo das impressões já atinge, mesmo que em modesta proporção, grandes indústrias, como aeroespacial, automobilística, aparelhagem médica e ortodôntica, entre outras. O uso da tecnologia 3D na indústria é mais economicamente aplicável em *designs* complexos e alta personalização (DABAGUE, 2014).

A impressora 3D permite a impressão das coisas mais simples aos equipamentos mais sofisticados possíveis. Muitas indústrias utilizam o método de prototipagem com essas impressoras, mas há muitas outras possibilidades de aplicações com a impressão 3D FDM. Abaixo estão listadas algumas dessas possibilidades (IMPRESSÃO3DFACIL, 2016):

- protótipos de peças, objetos e produtos sem necessidade de moldes ou usinagem;
- *mockups* de seus projetos para apresentação;
- maquetes com precisão e alto nível de detalhes;
- jóias e acessórios de moda;
- esculturas, peças de arte e decoração;
- próteses, adaptação de próteses e exoesqueletos;
- miniaturas, *action figures*;
- réplicas e acessórios para *cosplay* de personagens de filmes e games;
- brindes totalmente personalizados e únicos;
- troféus personalizados, instrumentos musicais;
- peças de reposição;
- utilidades diversas;
- ferramentas e gabaritos;
- dispositivos e peças para uso final;
- moldes positivo e negativo.

## 7 Vantagens e desvantagens na impressão 3D *Fused Deposition Modeling* – FDM

De acordo com Wong e Hernandez (2012), as principais vantagens deste processo são que nenhum pós-processamento químico é necessário, resinas para curar, máquina menos cara, e materiais resultantes em um processo mais econômico. As desvantagens são que a resolução no eixo z é baixa em comparação com outros processos de fabricação aditiva (0,25 mm), portanto, se uma superfície lisa é necessária então um processo de acabamento é necessário e é um processo lento, por vezes, levando dias para construir peça grande e complexa. Para economizar tempo, alguns modelos permitem dois modos de impressão: um totalmente denso e outro oco que economiza tempo, mas, obviamente, reduzindo as propriedades mecânicas.

As principais vantagens e desvantagens da FDM estão resumidas abaixo (3DHUBS, 2018):

- Vantagens

- é a maneira mais econômica de produzir peças e protótipos termoplásticos personalizados;
- os prazos de entrega são curtos, devido à alta disponibilidade da tecnologia;
- uma ampla gama de materiais termoplásticos está disponível;
- adequado tanto para protótipos como para algumas aplicações funcionais não comerciais.

- Desvantagens:

- possui a menor precisão dimensional e resolução em comparação com outras tecnologias de impressão 3D, por isso não é adequado para peças com detalhes intrincados;
- é provável que as peças tenham linhas de camada visíveis, portanto, o pós-processamento é necessário para um acabamento suave;
- o mecanismo de adesão de camadas torna as peças inerentemente anisotrópicas (variam ao longo do material).

## 8 Considerações finais

A construção da impressora envolve vários conceitos da engenharia mecânica, eletrônica, produção e várias áreas correlacionadas, possibilitando a obtenção de conhecimento sobre a tecnologia de impressão 3D e as etapas deste processo.

Devido ao seu custo elevado, esta interessante ferramenta de prototipagem, ainda não tem sido amplamente disseminada no Brasil, sendo encontrada principalmente em médias e grandes empresas. Apesar disso, universidades e empresas de tecnologia têm procurado se atualizar atraídos pelo interesse em processos que envolvam a confecção de modelos, como o setor de construção civil, mecânica e fundição.

Devido a tecnologia estar sempre se atualizando é factível que a prototipagem rápida, fiel e acessível traga grandes benefícios ao setor produtivo, principalmente na área de projetos. A tecnologia FDM traz um ótimo custo-benefício dentre as diversas opções de fabricação aditiva. A grande quantidade de sites e blogs de consulta, após o término de sua patente em 2009, faz com que a tecnologia FDM esteja acessível, muitas vezes podendo ser contruída por pessoas sem experiência, bastando apenas seguir os manuais de consulta.

De modo a fomentar o uso e o estabelecimento desta tecnologia é necessário uma pesquisa prévia quanto a viabilidade de oferta de filamentos, dos componentes genéricos bem como da demanda e tempo necessário para a confecção de modelos, visto que esta tecnologia ainda é novidade no país.

Por fim é necessário que as universidades, bem como o setor privado, estabeleçam parcerias de modo que fomentem a pesquisa e a inovação. Com esta parceria pode-se abrir novos campos de atuação, melhorando os resultados produtivos e contribuindo com o desenvolvimento das empresas.

Portanto, pode-se concluir que a impressão 3D é de grande importância para o desenvolvimento de um produto, permitindo obter protótipos de baixo custo em um espaço pequeno de tempo.

## Referências

3D PRINTER Superstore pty ltd. EinScan SP 3D Scanner. 2018. Disponível em: <https://3dprintersuperstore.com.au/products/einscan-sp-3d-scanner-ex-gst>. Acesso em 28 de agosto de 2018.



3DHUBS. **Introduction to 3d FDM printer**. 2018. Disponível em: <<https://www.3dhubs.com/knowledge-base/introduction-fdm-3d-printing#pros-cons>>. Acesso em 17 de agosto de 2018.

3DILLA. **O que é uma impressora 3 D**. 2014. Disponível em: <<http://pt.3dilla.com/impressora-3d/funcionamento/>>. Acesso em 09 de agosto de 2018.

3DLAB – Soluções em impressão 3D. **Principais erros de impressão e com resolvê-los**. 2018. Disponível em: <<https://3dlab.com.br/20-principais-erros-de-impressao/>>. Acesso em 18 ago. 2018.

AUTODESK. **Modelagem 3D**. 2018. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/solutions/3d-modeling-software>>. Acesso em 10 de agosto de 2018.

BAGULEY, Richard. **3D Printing Materials: The Pros and Cons of Each Type**. 2017. Disponível em: <<https://www.tomsguide.com/us/3d-printing-materials,news-24392.html>>. Acesso em: 14 de julho de 2018.

BOA IMPRESSÃO. **Como Funciona a Impressora 3D FDM**. 2017. Disponível em: <<https://boaimpressao3d.com.br/2017/02/03/como-funciona-impressora-3d-fdm/>>. Acesso em 10 de agosto.

DABAGUE, Leonardo A. M. **O processo de inovação no segmento de impressoras 3D**. 2014. 51f. Monografia - Curso de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Paraná: Curitiba, 2014.

FERNANDES, Lucas. **5 Tipos de Impressão 3D e seus Benefícios**. 2017. Disponível em: <<http://fluxoconsultoria.poli.ufrj.br/blog/projetos-mecanicos/tipos-de-impressao-3d/>>. Acesso em 24 de agosto de 2018.

FILAMENT2PRINT. **Conselhos para a impressão 3 D: antes de imprimir**. 2017. Disponível em: <[https://filament2print.com/pt/blog/26\\_Consejos-para-la-impresi%C3%B3n-3D--Antes-de-impri.html](https://filament2print.com/pt/blog/26_Consejos-para-la-impresi%C3%B3n-3D--Antes-de-impri.html)>. Acesso em 10 de agosto de 2018.

IMPRESSÃO3DFACIL. **Utilizando a impressora 3d nos protótipos e mockups de seus projetos**. 2016. Disponível em: <<http://www.impressao3dfacil.com.br/utilizando-a-impressao-3d-em-prototipos-e-modelos-funcionais/>>. Acesso em 17 de agosto de 2018.

LWT Sistemas. **O que é e para que serve o formato STL**. 2016. Disponível em: <<http://www.lwtsistemas.com.br/o-que-e-e-para-que-serve-o-formato-stl/>>. Acesso em: 6 de agosto de 2018.

MONTEIRO, Marco T. F. **A impressão 3D no meio produtivo e o design: um estudo na fabricação de joias**. 2015. 129 f. Dissertação (mestrado) - Universidade do Estado de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Design, Belo Horizonte, UFMG, 2015.



VERSUS DESIGNER – 3D Systems Brasil. **Scanner 3D** – Os melhores scanners 3D e suas aplicações. 2018. Disponível em: <<http://www.versusdesign.com.br/digitalizacao/scanner-3d-os-melhores-scanners-3d-e-suas-aplicacoes/>>. Acesso em 12 de agosto de 2018.

WISHBOX TECHNOLOGIES. **Filamentos para impressão 3D:** o que você precisa saber. 2016. Disponível em: <<http://blog.wishbox.net.br/2016/05/24/filamentos-para-impressao-3d/>>. Acesso em 10 de agosto de 2018.

WONG, Kaufui V.; HERNANDEZ, Aldo. **A review of additive manufacturing.** ISRN Mechanical Engineering, v. 2012, pp. 1-10, 2012.