

Prototipagem rápida de bobinas para máquinas de empresa têxtil automotiva

Pereira, Lucas Henrique

Lucas97henrique@outlook.com

Frões, Natan Tavares

Natan.tavares@outlook.com

Gonçalves, Luiz Augusto Lopes

Luizlopes703@gmail.com

LUCIENE VANESSA MAIA DA ROCHA JUDICE

Engenharia Mecânica

Comentado [EF1]: Repensar o título, tendo um foco em apenas um produto para ser estudado, fazendo um comparativo mais detalhado e apresentando resultados mais estruturados e comprovados. Alterando o título repensar na estrutura do trabalho e no objetivo principal.

Resumo – A impressão 3D é uma tecnologia que está ganhando cada vez mais espaço, vem crescendo em vários setores e neste trabalho é explorar a impressão de bobinas de máquinas para uma empresa têxtil automotiva. A impressora que se deseja utilizar é a GTMax3D Pro Core H5, que possui o software Simplify3D, e o filamento escolhido para criação das peças é o Tritan. Com algumas pesquisas, foram destacadas as vantagens e desvantagens de utilizar uma impressora 3D no setor industrial, que pode trazer diversos benefícios como redução de custos, agilidade na reposição de peças e qualidade do material.

Palavras-chaves – Impressora 3D; Prototipagem rápida; inovação.

1. Introdução

Em busca pela maior competitividade no mercado, as empresas procuram tecnologias que possam ajudá-las a aprimorar os processos, melhorar a qualidade do produto e a reduzir custos e tempo de produção.

Nesse contexto, surgiu a tecnologia de impressão 3D, que inclui a representação matemática da superfície 3D do objeto, a criação de formas, representações e a criação de cenas por meio de softwares distintivos para a eventos desejado.

A primeira impressão 3D e o modelo de protótipo foram desenvolvidos e patenteados pelo engenheiro norte-americano Chuck Hull na década de 1980. O objetivo inicial do desenvolvimento desta tecnologia era fazer lâmpadas para secagem de resina. Porém, destaca-se no mercado por possibilitar a fabricação de peças plásticas de alto nível de detalhamento de forma ágil e eficiente.

O equipamento de impressão 3D é denominado equipamento de prototipagem rápida e define o processo de prototipagem como o ato de tornar uma ideia tangível, buscando a expressão da realidade por meio da passagem da abstração à realidade e da abstração à física.

A prototipagem rápida permite a criação de um método de desenvolvimento de produto em fases, permitindo a interação em vários campos, como planejamento, aperfeiçoamento e execução. Ela se concentra principalmente no progresso de curto prazo de componentes funcionais, protótipos e formas de objeto por um período de tempo, e respeita as especificações exigidas pelo produto final.

Com a utilização da impressora 3D no mercado industrial, o processo utilizado na impressão, ganha força dentro e fora do país. Essa tecnologia conseguiu força no mercado por conta da sua versatilidade na elaboração de protótipos com elevado grau de detalhamento e de produtos finais refinados em um curto período de tempo e com pouquíssimo desperdício de matéria prima. De acordo com estudo da consultoria Markets and Markets, em 2025, espera-se que o mercado global de impressoras 3D alcance 42,9 bilhões de dólares, um crescimento médio de 23,3% (2018-2025). (Estado de Minas, 2021)

O objetivo do trabalho tem como base a aplicação da impressora 3D em uma empresa têxtil automotiva para fabricação de bobinas de máquinas, tendo como foco os seguintes objetivos específicos: Ganho na agilidade de reposição de peças em estoque e a redução de custos com importação.

Além do mais, o trabalho se justifica pelo fato de que na época em que estamos é preciso sempre buscar formas de eliminar possíveis problemas e ganhar o máximo de tempo que puder, na busca de soluções, nos deparamos com a tecnologia que vem crescendo no mercado, a impressão 3D, que desempenha um papel importante na Indústria nos dias atuais, podendo contribuir de várias maneiras e tornando o sistema de produção mais rápido e prático, evitando assim paradas inesperadas por falta de peças em estoque.

2. Referencial teórico

2.1. Evolução da impressora 3D

Tudo começou em Nagoya, Japão, no ano de 1981 onde H. Kodama formado em design industrial, criou duas formas de manufatura para produzir modelos de plástico. Esta tecnologia é a predecessora do SLA (Stereolithography), que usa luz ultravioleta para curar a resina fotossensível, mas não foi concluída no prazo e H. Kodama perdeu suporte para desenvolvimento posterior. (done3d, 2015).

Passados alguns anos, já em 1984, O. Witte e A. Le Méhauté, que trabalharam na Alcatel Alstom, buscaram desenvolver um aparelho para combinar formas geométricas com materiais fotossensíveis e tecnologia laser, dando vida à digitalização, porém o Centro Nacional de Pesquisas Científicas da França (CNRS) recusou o desenvolvimento do projeto, dizendo que o aparelho não teria muitos aplicativos. Assim, o projeto foi abandonado por não ter recursos. (done3d, 2015). A Figura 1, apresenta a primeira impressora criada.



Figura 1: Primeira impressora 3D SLA-1. **Fonte:** (Sculpteo, 2014).

Em 1984, Charles Hull, trabalhou para uma fábrica de lâmpadas ultravioletas, deu ideia para que a fábrica empregasse para outro propósito que seria criar produtos novos através da cura de resinas fotossensíveis. Tendo como apoio a fábrica, Chuck iniciou em um laboratório de pequeno porte o seu projeto, logo após, foi lançada sua marca. A marca nomeada de estereolitografia foi concedida em 1986, mesmo ano em que Charles fundou sua própria empresa (3D Systems) na Califórnia. (3dprint, 2015).

Lançada em 1988, a primeira impressora 3D se chamava SLA-1, e contribuiu para o desenvolvimento de tecnologias inovadoras posteriormente. A marca de Charles Hull foi o ponto de partida da indústria de impressoras que estimulou o aparecimento de tecnologias além do SLA. (3dprint, 2015). Na Figura 2 mostra os inventores da Betsy, um sistema seletivo a laser, e na Figura 3 é mostrada uma engrenagem impressa pela Betsy.



Figura 2: Dr. Joe Beaman e Carl Deckard, 1989. **Fonte:** (Museu Bullock, 2001).



Figura 3: Engrenagem impressa na "Betsy" em 1988. **Fonte:** (Museu Bullock, 2001).

No ano em que Charles lançou o SLA-1 em 1988, surgiu a tecnologia de sinterização seletiva a laser (SLS) que foi criado por C. Deckard, sua máquina se chamava "Betsy", ela só podia fazer blocos plásticos simples, o objetivo era apenas testar a nova máquina, portanto os detalhes e a qualidade da impressão eram desprezíveis. Essa tecnologia foi comprada pela 3D Systems na época. (done3d, 2015).

A sinterização seletiva a laser (SLS) é um processo de manufatura aditiva que pertence à série de fusão em leito de pó (PBF). No SLS, os lasers fundem partículas de pó de polímero termoplástico granular para construir as peças camada por camada. Uma das principais vantagens do uso do SLS é que não requer estrutura de suporte, ou seja, o pó fornece todo o suporte necessário para a construção da peça. Portanto, o SLS pode ser usado para criar geometrias complexas que são difíceis de fabricar com outros métodos de impressão 3D. (Amsbrasil, 2020).

Em 1989, S. Scott Crump criou a primeira impressora FDM, vendida pela empresa Stratasys em Minnesota, com o objetivo de disponibilizar a tecnologia para

amadores. A impressora 3D FDM gera objetos camada por camada, ou seja, por sobreposição. Os sistemas de tecnologia de manufatura aditiva usam uma variedade de materiais para fazer objetos, como resinas, cerâmicas, plásticos e até mesmo tecidos humanos e alimentos. No entanto, na maioria das vezes, esse tipo de impressora usa um filamento termoplástico, que é aquecido até o ponto de fusão, e depois extrudado camada por camada até se tornar um objeto tridimensional. (Wishbox, 2020).

Pode-se notar, que nesse momento histórico, após 10 anos desde a primeira ideia da impressora 3D, começou a se aprimorar e o software de modelagem 3D começou a se desenvolver. (done3d, 2015).

Foi criado na Europa em 1989 o sistema EOS “Stereos” para produzir impressoras 3D e prototipagem industrial. Era utilizada a tecnologia DMLS (Direct Metal Laser Sintering), reconhecida em todo mundo pela sua qualidade de impressoras 3D SLS para plásticos e metais. (done3d, 2015).

Foi observado o aparecimento da Sanders Prototype inc. em 1993, por Royden Sanders, líder na impressão em cera de formas tridimensionais de alta resolução. Essas impressões eram desenvolvidas em softwares como o CAD (Computer Aided-Design), em uma impressora chamada Model Maker. No ano de 2000, a empresa passou a se chamar Solidscape. (Stringfixer, 2016).

Uma empresa denominada de Z Corporation surgiu um ano após a Solidscape, essa empresa foi fundada por Walter Bornhorst, Marina Hatsopoulos, Tim Anderson e James Bredt, tendo como base uma tecnologia feita no MIT (Massachusetts Institute of Technology), dirigida pelo professor E. Sachs. Desenvolvida em 1994, esta tecnologia, chamada de Z Printing, faz relação dos eixos conhecidos hoje como X, Y e Z, que injeta um líquido através de um bico extrusor que faz a junção de partículas em pó na forma da casta a ser impressa, logo em seguida, injeta-se novamente uma casta de pó e o processo é repetido até a conclusão. (done3d, 2015). Na figura Figura 4, nota-se como é a estrutura bioimpressa sendo banhada por células.



Figura 4: Estrutura bioimpressa sendo banhada por células na WFIRM.

Fonte: (Simi, 2016).

Um dos períodos mais importantes para as impressoras 3D e para a medicina foi em 1999, pois foi a primeira vez que implantaram um órgão impresso em um ser humano. Junto a 400 cientistas, o Dr. A Atala imprimiu blocos biocompatíveis banhados junto às células do paciente, e então foram implantados com chance de rejeição quase zero. Dessa forma, tendo como base este acontecimento, as bioimpressoras se tornaram foco em estudos e aprimoramentos. (Revista Veja, 2016).

O bioengenheiro T. Boland no ano de 2000, iniciou um desenvolvimento de biotintas e bioimpressoras para construir diversas formas em 3D. Os primeiros protótipos impressos desenvolvidos neste ano foram os de rins, porém o sucesso dessa implementação foi após 13 anos. (Revista Veja, 2016).

Iniciado em 2004 um projeto chamado RepRap tinha como objetivo replicar impressoras 3D, ou seja, imprimir impressoras 3D, esse projeto contava com alguns membros como Adrian Bowyer e Vik Olliver, representados na Figura 5. (ALL3DP, 2020).



Figura 5: Adrian Bowyer (esquerda) e Vik Olliver (direita), membros do projeto RepRap. **Fonte:** (ALL3DP, 2020).

Esse movimento promoveu a demanda do mercado e a popularização das impressoras desktop FDM. O trabalho de Reis et al. (2004) começou a introduzir a impressão 3D no campo da saúde. De acordo com ele, a prototipagem rápida mudou completamente o planejamento da cirurgia oral maxilar (área odontológica que trata as doenças bucais, faciais e cervicais por meio cirúrgico) e melhorou a qualidade e a segurança da cirurgia. Nesse sentido, fica claro que a evolução da impressão 3D começou a entrar no campo da saúde naquele ano. (ALL3DP, 2020).

Segundo Reis et al. (2004), as tecnologias mais utilizadas são SLA, SLS, impressão 3D (impressão tridimensional), FDM e MJM (Thermojet). (ALL3DP, 2020).

A monografia de Cáceres (2005), reforçou a utilização da prototipagem rápida na medicina, mais especificamente para a criação de modelos biológicos. De acordo com ela, a prototipagem rápida é o avanço mais importante em muitos anos, pois permite construir modelos com melhor qualidade e maior precisão, o que comprova a continuidade do progresso tecnológico na área médica. (PORTO, 2016).

No trabalho de Lino (2006), foi descrito sobre materiais cerâmicos utilizados para prototipagem rápida, cujas tecnologias que permitem a utilização de materiais cerâmicos são LOM, SLS, TDP e DSPC. Além do mais, em 2008, Carvalho afirmou que as tecnologias de prototipagem rápida mais utilizadas são SLA, SLS, impressão 3D, FDM, PolyJet e MJM. Nesse sentido, os autores Carvalho (2008) e Reis et al. (2004), possuem certo consenso sobre as informações das prototipagens rápida mais utilizadas. (PORTO, 2016).

Em 2009, Hotza explorou a prototipagem rápida no desenvolvimento de células a combustível de óxido sólido. De acordo com ela, o processo de fabricação do SOAP tradicional é caro e demorado, mas com a ajuda da tecnologia SLS, LOM e 3DPrint, o

tempo de fabricação do SOAP pode ser significativamente aumentado e as despesas operacionais e os custos do produto são muito baixos. (Hotza, 2009).

Depois de imprimir o SOC usando cada tecnologia, ela concluiu que as tecnologias SLS, LOM e 3DP parecem ter vantagens significativas. Nesse sentido, é óbvio que cada tecnologia tem suas vantagens e desvantagens e, dependendo do produto impresso, uma tecnologia pode ser mais eficaz que outra. (Hotza, 2009).

Em 2011, Laurino (2011) destacou em seu trabalho o uso de impressoras 3D de custo baixo para o desenvolvimento de pequenos objetos. Naquela época, o aparecimento de impressoras baratas era comum e os preços dos produtos subiam fortemente a cada ano. (PORTO, 2016).

No mesmo ano Raulino (2011) tinha o objetivo de desenvolver uma máquina baseada no projeto RepRap com tecnologia FDM de prototipagem rápida (a primeira impressora 3D open source de baixo custo). (RAULINO, 2011).

A seguir, Azevedo (2013) trabalhou com a ideia de uma impressora 3D de custo baixo em crescimento no mercado, embora pequena, fosse muito útil. O projeto RepRap visava a produção de software em que os códigos são abertos para todas impressoras 3D. (PORTO, 2016).

A estrutura física em si da impressora permite a impressão de uma cópia de sua própria parte, que pode ser copiada várias vezes. Contudo, as impressoras 3D tiveram desenvolvimento rápido e ganharam interesse em várias áreas do mercado, mas talvez seu resultado mais atrativo foi a queda nos preços e acesso facilitado aos modelos do mercado, tornando as impressoras 3D mais adequadas para empresas, indivíduos e atraente para uso acadêmico. (PORTO, 2016).

Em 2016, o professor D. Kelly do Centro de Pesquisa em Materiais Avançados e Bioengenharia (AMBER) do Trinity College Dublin e sua equipe revolucionaram o campo da medicina ao usar a biotina para desenvolver pesquisas de cartilagem e impressão óssea. Sua descoberta reduziu a procura por doadores e possibilitou a confecção de enxertos complexos e alguns personalizados. Hoje, algumas organizações estão aprimorando esses biopigmentos para imprimir outras variedades de tecidos. (done3d, 2015).

Em 2018, criada pela WASP em cooperação com a RiceHouse, foi desenvolvido um projeto que resultou na primeira casa do mundo impressa em 3D construída pela impressora Crane WASP. Essa casa ecológica chamada Gaia tem 12

metros de comprimento e foi construída utilizando como material as sobras da produção de arroz. (done3d, 2015).

2.2. Impressora GTMax3D Pro Core H5

A impressora GTMax3D Pro Core H5 chegou na linha industrial como modelo de entrada, tendo como principal objetivo a alta produtividade e máxima tecnologia, ela possui ótima qualidade de impressão e um inovador sistema de comando e monitoramento remoto via Wi-Fi. (gtmax3d, 2021). Na Figura 6 podemos notar como é o modelo da GTMax3D Pro Core H5.



Figura 6: Imagem da Impressora GTMax3D Pro Core H5. **Fonte:** (gtmax3d, 2021).

Sua visualização é através de uma tela LCD touchscreen de 5 polegadas que possui menu interativo permitindo uma previa visual da impressão, representada na Figura 7. (gtmax3d, 2021).



Figura 7: Tela de 5 polegadas com menu interativo da GTMax3D Pro Core H5. **Fonte:** (gtmax3d, 2021).

Devido ao seu grande volume é possível imprimir peças de grande porte com boa resolução. (gtmax3d, 2021).

Além do mais, reconhece quando o filamento termina, interrompe a impressão e notifica o usuário até que uma nova bobina de filamento seja carregada para retomar a impressão. (gtmax3d, 2021).

Possui sistema de troca automática de filamento, a impressora retira o filamento carregado e puxa um novo filamento fazendo a limpeza do bico automaticamente antes de retomar a impressão. (gtmax3d, 2021).

Logo, a cada nova impressão, a impressora faz o nivelamento da mesa automaticamente, mantendo a superfície livre das imperfeições, isso faz com que evite problemas na impressão e garanta a qualidade da primeira camada. (gtmax3d, 2021).

O sistema de movimentação da impressora proporciona alta velocidade de deslocamento e repetibilidade, seu eixo Z se desloca pelos trilhos e patins garantindo estabilidade e precisão de impressão. (gtmax3d, 2021).

Pode-se notar os detalhes da impressora na figura Figura 8 que mostra sua parte interna. (gtmax3d, 2021).



Figura 8: Vista interna de impressora GTMax3D Pro Core H5.

Fonte: (gtmax3d, 2021).

A impressora conta também com um sistema onde a extrusora fica separada do carro de impressão representado na Figura 9, para deixá-lo mais leve beneficiando sua velocidade e qualidade, um sistema que tem poucas vibrações. (gtmax3d, 2021).

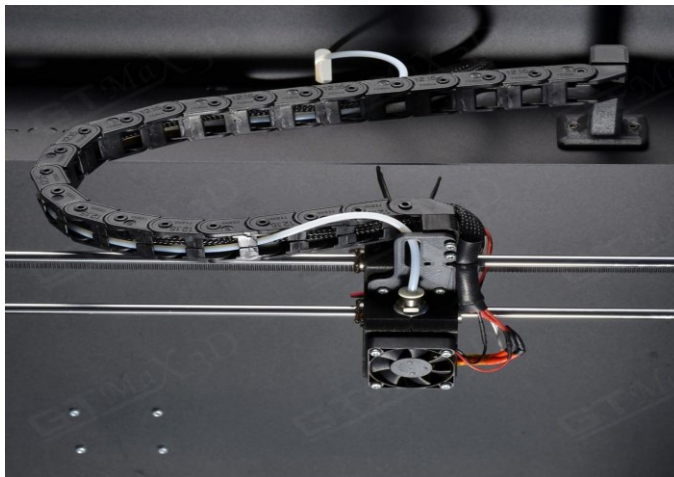


Figura 9: Carro de impressão. **Fonte:** (gtmax3d, 2021).

Seu Hotend Volcano suporta até 295 graus, permitindo a impressão de diversos materiais com maior fluidez. (gtmax3d, 2021). A figura 10 apresenta uma imagem demonstrativa dos recursos interno da impressora 3D.

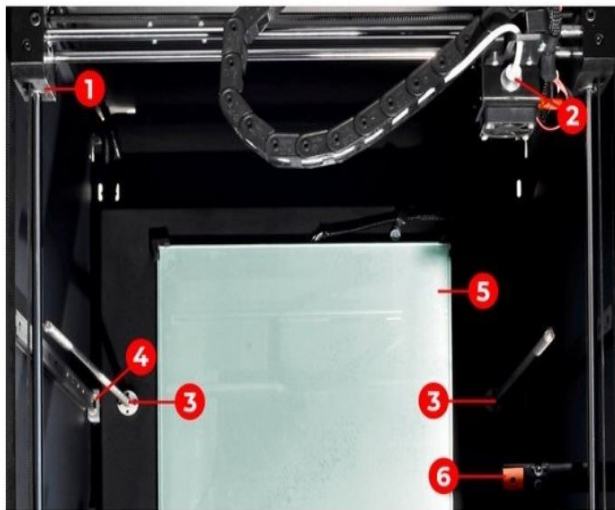


Figura 10: Imagem demonstrativa dos recursos internos da impressora.

Fonte: (gtmax3d, 2021).

No item 1 da Figura 10 se encontra a Cinemática Core XY que garante maior velocidade e precisão, no item 2 está o Sistema Bowden de impressão, esse sistema elimina o peso no garro de impressão, já no item 3 se encontra o Acionamento Dublo no eixo Z, que beneficia a qualidade e velocidade de impressão, no item 4 pode-se notar os Trilhos e Patins no eixo Z que garantem maior estabilidade na mesa de aquecimento ilustrada no item 5 que pode chegar até 135°C, e no item 6 está o limpador automático do bico. (gtmax3d, 2021).

2.2.1. Especificações técnicas

A impressora GTMax3D Pro Core H5 conta com tecnologia FFF/FDM (Fabricação por filamento fundido) e cabeça de impressão única extrusão. (gtmax3d, 2021).

Sua área de impressão em mm é de XYZ:300 x 300 x 500 mm, tendo um volume de impressão de 45 litros, comporta filamentos de 1,75mm, seu bico tem 0,4mm, 0,5mm de diâmetro, e sua resolução de camada está entre 400-50 μ m (0,40mm – 0,05mm). (gtmax3d, 2021).

A mesa de impressão da GTMax3D Pro Core H5 é de alumínio aquecida com tampo de vidro (até 135°C) e nivelamento automático podendo a velocidade máxima chegar em 400 mm/s. (gtmax3d, 2021).

A impressora também possui detecção de fim de filamento, tendo suporte para os seguintes materiais: ABS, PLA, PETG, Tritan, TPU, TPE, Filamentos flexíveis, Filamentos de metal, HIPS, Filamentos condutíveis, Filamentos de madeira, entre outros (sistema de insumos aberto – pode usar qualquer marca de filamento). (gtmax3d, 2021).

O gabinete dessa impressora GTMax3D é totalmente fechado, feito em aço carbono com pintura eletrostática, sua alimentação é bivolt (127V/220V) automatizada, podendo identificar a voltagem a ser utilizada para alimentá-la. (gtmax3d, 2021).

A temperatura do bico de impressão pode chegar até 295°C, seu aquecimento é de 1 à 4 min, enquanto que o da mesa é de 2 à 5 min. (gtmax3d, 2021).

Possui conectividade Wi-Fi, Rede e USB, seu display é LCD Touchscreen 5" e também conta com monitoramento através de uma câmera interna. (gtmax3d, 2021).

As dimensões da impressora são de L 500mm x P 700mm x A 770mm e seu sistema operacional pode ser o MacOS, Windows ou Linux, suportando arquivos em formatos G, GCODE, GCODE.gz, UFP. (gtmax3d, 2021).

2.3. Início dos softwares na história das impressoras

Para Carvalho (1999), as primeiras máquinas de prototipagem surgiram na década de 40 e trabalhavam no modo de subtração, ou seja, elas partiam de um bloco de material e esculpiam o objeto desejado, escavando ou polindo o material. (BAIÃO, 2012).

A impressora gera os objetos através de líquidos, metais ou papel. O objeto é gerado camada por camada perante os modelos transversais da peça obtidas pelo modelo 3D. Ela consegue desenvolver modelos de plástico, madeira, cerâmica e metal. Os desenhos são gerados pela ferramenta CAD no formato STL que é uma

versão monocromática que aproxima o modelo sólido por pequenas facetas ou triângulos. Quanto menor esses triângulos, melhor será a estrutura do objeto, enquanto que por sua vez, quanto maior for o tamanho de arquivo STL, maior vai ser o tempo de processamento. (BAIÃO, 2012).

Logo para esse tipo de desenvolvimento também se pode utilizar arquivos em outros formatos como o IGES (Silva, 2005) um arquivo que permite que seja possível trabalhar com uma peça feita em um outro programa CAD e o WRL que é uma extensão do arquivo VRML (Virtual Reality Modelinglanguage), que são outros tipos de formatos utilizados para salvar os protótipos desenhados na ferramenta CAD. (BAIÃO, 2012).

O processo de impressão funciona de modo que o plástico sai do cartucho e entra pela máquina até chegar ao ponto onde é aquecido a 120°C. A impressora tem duas cabeças que colocam o suporte e o molde em camadas muito finas, aonde a espessura do material é impossível de ser visto a olho nu. As partes móveis são feitas como parte do molde e liberadas quando o suporte é retirado. Esse tipo de processo de impressão das impressoras 3D vem com o intuito de modificar o mercado tecnológico, a fim de facilitar a produção de peças únicas que antes só podiam ser adquiridas em lojas ou fábricas, e agora podem ser produzidas na casa dos consumidores. (BAIÃO, 2012).

Esse processo de impressão também era de fácil utilização, já que não exigia um conhecimento específico, só a colocação correta dos cartuchos e o envio correto das informações para o software que realiza todas as operações necessárias para a produção do objeto desejado. A impressora 3D faz o mesmo serviço que a impressora convencional, só que ao invés de simplesmente colocar a tinta em cima de uma folha, ele cria objetos em 3 dimensões. (BAIÃO, 2012).

O uso da ferramenta que possibilitava a interpretação de objetos desse tipo era indispensável, essa ferramenta utilizada era o CAD, próprio para esse tipo de serviço. (BAIÃO, 2012).

Para Giuliani (2010), buscando a forma perfeita da peça assim como ela foi projetada na ferramenta de desenho, a impressora precisa estar em um ambiente de temperatura controlada entre 40 e 60% de umidade e 22 a 28°C. (BAIÃO, 2012).

2.3.1. Softwares utilizado pela impressora

A impressora GTMax3D Pro Core H5, conta com o software Simplify3D que possui suporte para centenas de impressoras, o software pode alternar rapidamente entre as diferentes configurações da máquina, permitindo o controle de tudo a partir de um aplicativo central. (simplify3d, 2021).

O Simplify3D, 2021 inclui simulações de pré-impressão incrivelmente realistas, permitindo ver as ações exatas que a impressora 3D realizará antes do início da impressão. Pode ser literalmente assistida há animação da extrusora porque ela mostra cada linha de plástico individual, dando mais visão do que o normal. A simulação inclui informações sobre a velocidade exata, sequência e configurações usadas para impressão, para que possa ser verificado rapidamente essas configurações, o que permite detectar possíveis problemas antes mesmo de ligar a impressora 3D. (simplify3d, 2021). Na Figura 11 é mostrada como fica a simulação de uma peça desenhada.

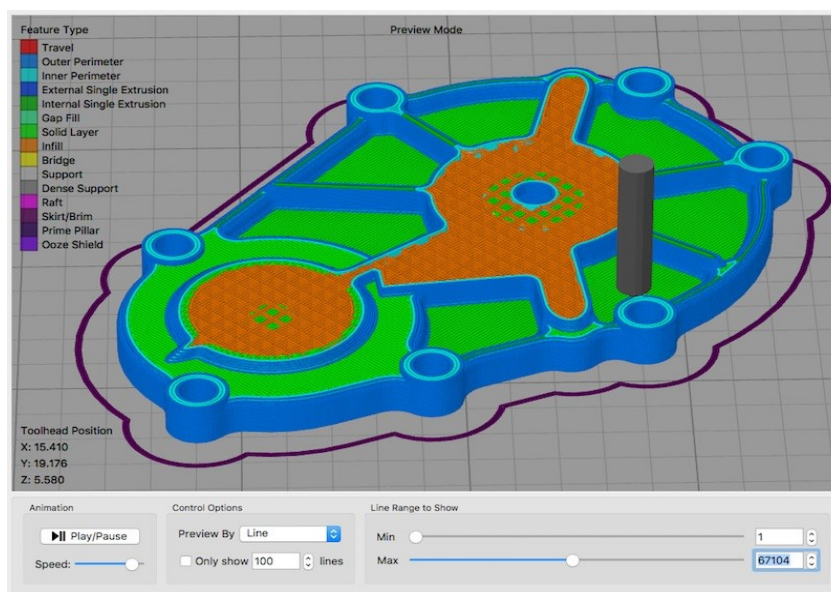


Figura 11: Imagem de uma simulação de pré-impressão. **Fonte:** (simplify3d, 2021).

O software fornece a melhor estrutura de suporte disponível, permitindo obter o mais alto nível de qualidade de superfície, mesmo para as impressões mais

complexas. Após a impressão, a mídia pode ser facilmente removida sem ferramentas especiais ou pós-processamento. (simplify3d, 2021).

O Simplify3D sugere automaticamente o local onde os materiais de suporte devem ser adicionados, mas a capacidade de personalizar o suporte é a parte mais interessante. É possível adicionar facilmente mais suportes ou remover suportes desnecessários em áreas que podem estar sujeitas a instabilidade para acelerar a impressão. (simplify3d, 2021). Na Figura 12 podemos visualizar como fica na tela o projeto a ser fabricado e uma das configurações do software.

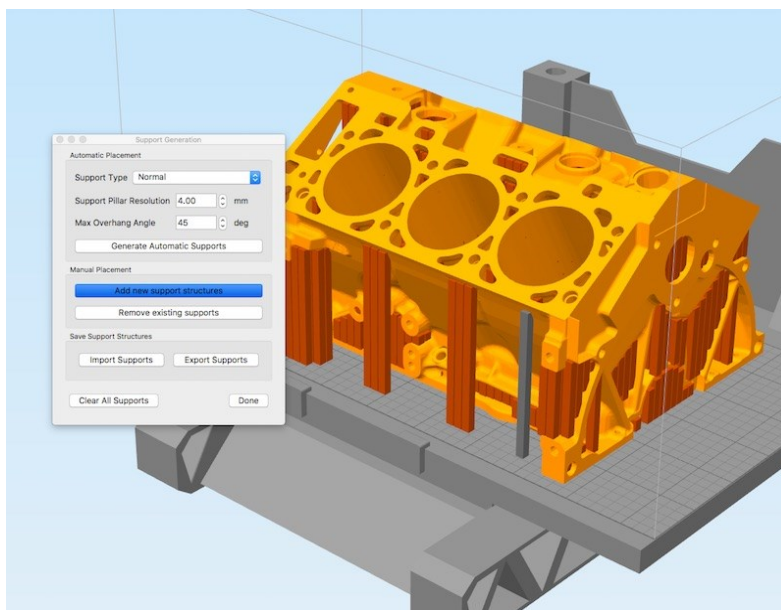


Figura 12: Uma das configurações do software e seu projeto a ser fabricado ilustrados na tela. **Fonte:** (simplify3d, 2021).

2.4. Filamentos que podem ser utilizados na modelagem das peças

Derivado do petróleo, o filamento ABS é um dos mais utilizados na impressão 3D. Resistente a altas temperaturas e impactos, ele possui um visual opaco muito agradável para peças que exigem menos brilho. Também é um material com baixa dureza superficial, o que permite um acabamento fácil após a impressão. (3dlab, 2021).

Outro dos filamentos mais utilizados na impressão 3D é o PLA, produzido a partir de fontes renováveis é um material que não polui o meio ambiente e não causa danos à saúde. (3dlab, 2021).

O PLA é indicado tanto em impressoras abertas como fechadas, com mesas aquecidas ou não. Esse filamento é recomendado para impressão de peças grandes que não precisam de muito acabamento após a sua produção. (3dlab, 2021).

Já o Tritan é um material feito de copoliéster, uma forma modificada de poliéster que são combinações de dióis e diácidos, com características únicas de impressão 3D, que se distinguem por sua excelente adesão intercamada e resistência à tração. (3dlab, 2021).

É um filamento durável e flexível, portanto, é um material com forte aderência à mesa, o que significa que a mesa precisa ser aquecida a cerca de 110°C, sendo assim, ele suporta altas temperaturas, chegando até 110°C, além de possuir alta resistência mecânica e a impactos. A resistência química também é maior, por isso as peças feitas com esse material podem ser lavadas em lava louças. (3dfile, 2021).

Uma característica importante dos filamentos Tritan é a necessidade de maior temperatura de extrusão, o que é uma grande dificuldade para impressoras com tubos de Teflon, pois a resistência térmica desse material é menor do que a extrusão. (3dlab, 2021).

Esse filamento é muito utilizado na área da engenharia mecânica para fabricar peças que requerem maior resistência, sendo muito adequado para impressão de grandes peças devido ao seu baixo encolhimento e quase nenhum empenamento. (3dlab, 2021).

Os filamentos Tritan são recomendados para impressão de peças que requerem autoclavagem, engrenagens e peças que precisam de alta resistência à tração, porém, é necessário realizar testes prévios para o ajuste da peça, pois a geometria e a espessura da parede e a espessura da camada afetarão o comportamento do material. (3dlab, 2021). Para uma melhor visualização, na Figura 13 é mostrado um rolo de 1kg de filamento Tritan, utilizado pela impressora na confecção de peças.



Figura 13: Filamento Tritan 1.75mm GTMAX3D – Preto 1KG.

Fonte: (gtmax3d.com, 2021).

2.5. Desvantagens da impressora 3D

Segundo Seguin (2011), as impressoras 3D apresentam algumas deficiências em suas aplicações, principalmente em termos de manutenção. Por se tratar de uma tecnologia relativamente nova, há falta de mão de obra dedicada para a realização deste serviço, o que acarreta elevados custos. (FERREIRA, 2016).

Outra desvantagem apontada por Seguin (2011) é a retirada de modelos de peças grandes da impressora, pois quando são produzidos em espessuras muito finas, podem causar quebra de parede. (FERREIRA, 2016).

Embora a variedade de materiais disponíveis para impressão 3D seja ampla, tais como PP (polipropileno), PC (policarbonato), Nylon e CPE (copoliéster), existem limitações quando você deseja produzir objetos em forma de metal. (FERREIRA, 2016).

Em comparação com as peças produzidas pelo processo de usinagem, as peças produzidas pelo processo de prototipagem rápida têm um acabamento superficial inferior. (FERREIRA, 2016).

Concluindo, algumas impressoras 3D exigem a utilização de mais material para finalizar o processo, o que gera desperdícios de consumo de material. (FERREIRA, 2016).

3. Metodologia

De acordo com os objetivos do presente trabalho, pode-se classificar este trabalho de forma exploratória, que busca investigar tópicos e hipóteses propostas, visando obter resultados finais para questões de pesquisa.

Esta pesquisa foi desenvolvida com base nas tecnologias de manufatura aditiva atualmente existentes no mercado e auxiliando na visualização de suas aplicações e usos.

Primeiramente, foi realizada uma breve análise da história e das características de cada tecnologia que constitui esta evolução, a fim de realizar uma análise mais detalhada da sua aplicação em projetos relacionados.

O método utilizado para a obtenção dos dados é a pesquisa bibliográfica exploratória: textos, artigos e livros, que explica exatamente os tópicos envolvidos.

As etapas do processo de construção do estudo podem ser nomeadas em três partes:

- Pesquisa do material de estudo;
- Seleção de conteúdo;
- Redação e organização do conteúdo selecionado.

Com base na seleção de conteúdo, este artigo se esforça para descrever de forma clara e sucinta para ajudar os leitores a compreender sobre a aplicação do protótipo.

A pesquisa contou com o a utilização do software AutoCAD ou Computer Aided-Design representado na Figura 14, para a criação de protótipos em 3D. No CAD o objeto desejado é moldado da forma e cor esperada, o que antes era necessário o auxílio de um arquiteto ou projetista, pode agora ser feito por qualquer usuário com um mínimo de conhecimento dessa ferramenta, diminuindo assim custos e mão de obra.

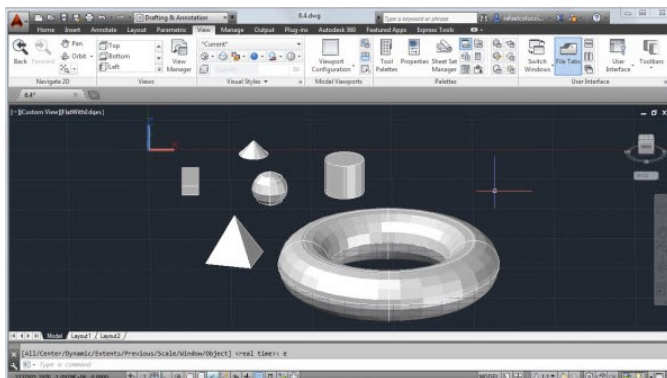


Figura 14: Criando o um objeto 3d no AutoCAD. **Fonte:** (cursosguru, 2021).

Também foram mostrados através da pesquisa bibliográfica a necessidade da utilização do software SIMPLIFY3D auxiliado por um computador para elaborar os protótipos em 3D, permitindo fazer vários processos como ajustar a melhor posição de impressão.

Para a impressão dos objetos, foi escolhida a impressora GTMAX3D CORE H5 (Figura – 6) que utiliza a técnica FDM ou Fused Deposition Modeling, montada para as impressões dos protótipos, e o material a ser impresso foi o TRITAN (Figura – 13), um polímero resistente, bem leve e flexível.

4. Resultados e Discussão

Após várias pesquisas serem feitas, foi apresentado o quanto a prototipagem 3D é um avanço na tecnologia e o quanto afetará o mercado tecnológico de forma positiva, já que amplia o espaço para inventores e pequenas empresas, o certo é que irá causar mais concorrência aumentando assim a procura por produtos de melhor qualidade.

Foi feita uma demonstração de como funciona essa tecnologia desde a elaboração de uma imagem no computador, até receber os dados e desenvolvê-los através do SIMPLIFY3D, para assim criar o protótipo e também os filamentos que são utilizados para esse processo.

Realizando uma entrevista com um participante da empresa automotiva localizada em Pouso Alegre, foi possível constatar que a empresa busca utilizar a impressora 3D que utiliza o processo FDM (Fused Deposition Modeling) para criação

de bobinas de máquinas. Na Figura 15 e Figura 16 é demonstrado como é a bobina e suas dimensões.

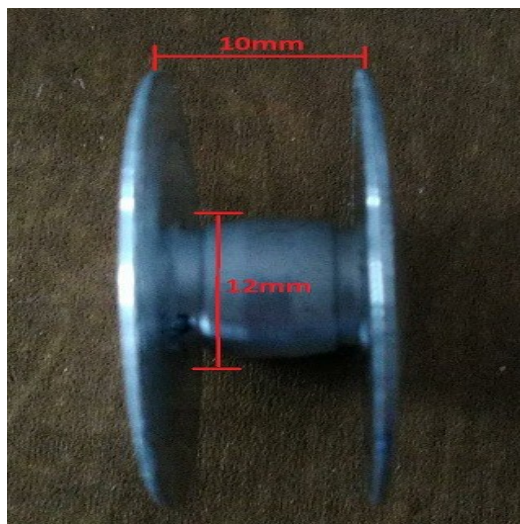


Figura 15: Imagem da bobina em sua vista superior. **Fonte:**

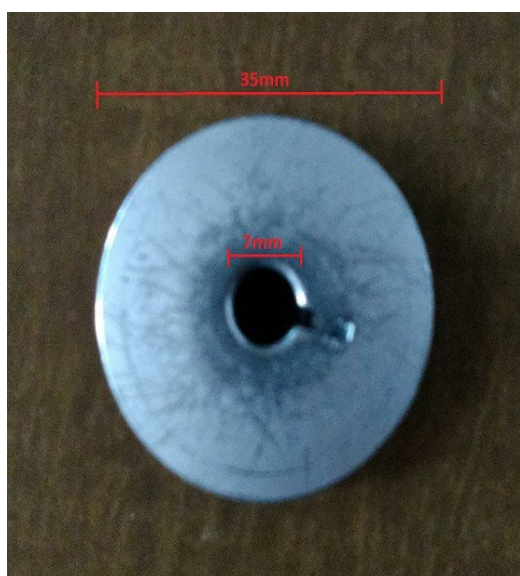


Figura 16: Imagem da bobina em sua vista lateral. **Fonte:**

O Quadro 1 mostra as vantagens, desvantagens e aplicações práticas retiradas das análises realizadas durante as pesquisas feitas pelo entrevistado da empresa que pretende adotar a técnica de prototipagem rápida.

Quadro 1 – Vantagens, Desvantagens e Aplicações.

Vantagens	Desvantagens	Aplicações
Ajuda a evitar alguns modos de falhas e seus efeitos	Dificuldade em obter certas geometrias das peças	Simulação e testes de novas ferramentas de produção
Curto prazo na otimização das peças	Dificuldade em obter certas resistências das peças	Simulação e testes de novos dispositivos de produção
Custo baixo na otimização das peças	Investimento alto para uma boa impressão	Simulação e testes de produtos e componentes em desenvolvimento
Custo baixo em relação ao processo convencional	Não possuir capacidade de atingir 100% das tolerâncias exigidas	Validação de produtos e componentes em desenvolvimento
Fácil simulação nos laboratórios	Não possuir mão de obra especializadas	Dispositivos para processo em gabaritos
Fácil simulação no chão de fábrica	Processo de impressão é lento	Nas área de produção, na criação de peças

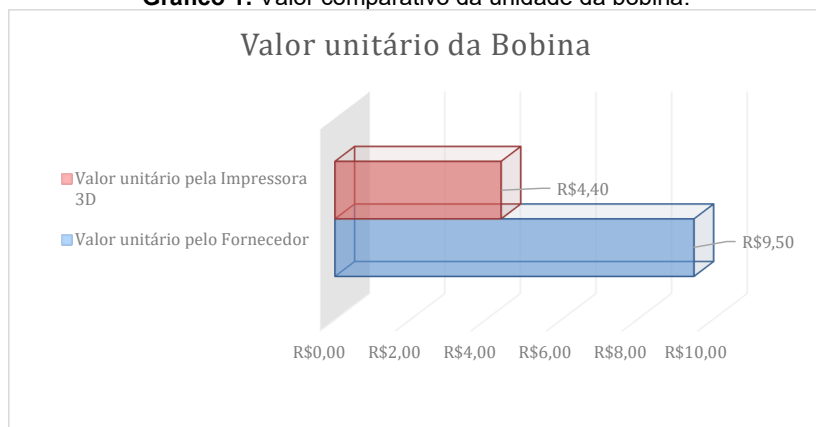
Fonte: (O autor, 2021).

Pode-se notar que a tecnologia foi bem aceita no quesito desenvolvimento dos produtos, pois mostrou ganhos na redução das falhas devido a sua facilidade na produção de protótipos muito parecidas com as peças finais.

Este fácil acesso às peças, ainda desenvolveu estudos para produção interna das peças que eram adquiridas anteriormente através de fornecedores externos.

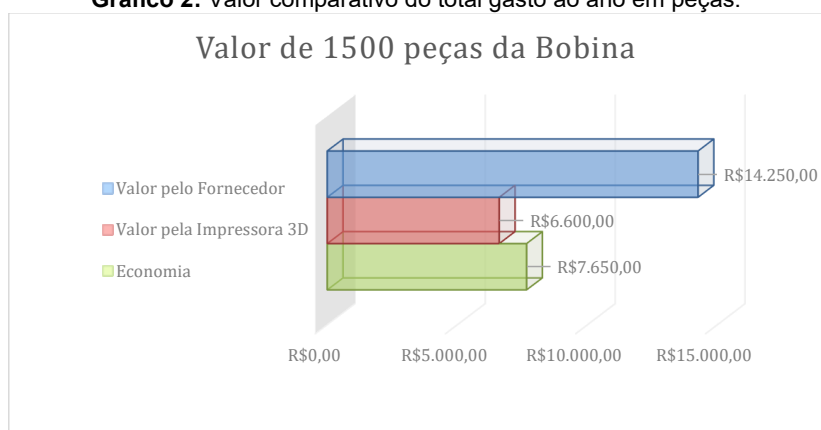
As figuras 15 e 16 demonstram um comparativo de valores pagos em uma bobina, sendo ela comprada do fornecedor ou feito em uma impressora 3D, ao todo em um ano são usadas cerca de 1500 peças.

Gráfico 1: Valor comparativo da unidade da bobina.



Fonte: (O autor, 2021).

Gráfico 2: Valor comparativo do total gasto ao ano em peças.



Fonte: (O autor, 2021).

Esta análise mostrou ganhos significativos em tempo e custo, pois, eliminou a toda burocracia do processo de compra das peças. A peça produzida internamente apresentou uma grande diferença de valor comparado ao custo de aquisição por meio de fornecedores, e o tempo para se obter a peça sendo produzida por meio interno apresentou-se bem menor, pois na impressora foram gastos em torno de 5 horas pra imprimir a peça enquanto que comprando do fornecedor a peça pode demorar até 20 dias úteis para chegar. (O autor, 2021)

Mesmo com informações de especialistas em relação a variedade de materiais que podem ser utilizados para a produção das peças por meio da tecnologia de impressão 3D como ácido polilático biodegradável, acrilonitrila butadieno estireno e poliamidas (como o nylon) são exemplos de plásticos popularmente usados na impressão 3D, mesmo assim foram apontadas algumas dificuldades de obtenção de certas geometrias, já que as peças produzidas não tinham as mesmas resistências das peças tradicionalmente produzidas. Isso mostra que a prototipagem 3D ainda necessita de melhorias para que se possa conseguir uma produção de peças impressas cada vez mais próximas das peças originais. (O autor, 2021).

Por meio das análises foi evidenciado também que a prototipagem rápida trata-se de uma tecnologia nova, que está se expandindo no mercado, o que gera algumas dúvidas e desconfiças sobre a sua eficácia. Essa falta de conhecimento dos benefícios que podem ser adquiridos com a sua aplicação e a falta de dados de reais ganhos obtidos com a aplicação dessa tecnologia gera várias dificuldades aos desenvolvedores dos produtos, o que mostra a defesa de obtenção desse tipo de maquinário.

A aplicação dessa tecnologia pode realmente economizar tempo, custos de produção, reduzir a geração de resíduos, reduzir falhas e melhorar significativamente a qualidade das peças finais.

Espera-se que o processo relacionado a prototipagem rápida continue evoluindo e ganhe cada vez mais mercado, aumentando a qualidade das peças produzidas, para que a tecnologia possa ser aplicada não só na produção de protótipos, mas também na produção de peças finais o que acarretará no aumento de benefícios conseguidos, peças personalizadas e principalmente eliminação de estoque, sendo produzidas peças conforme necessário.

5. Conclusões

Foi possível concluir que a tecnologia de prototipagem rápida pode revolucionar toda a indústria porque reduz o custo de produção individualizada e customização.

Em comparação com outros processos de construção, a tecnologia de prototipagem rápida gera poucos resíduos, requer menos mão de obra e ajuda a criar protótipos.

Verificou-se os benefícios da aplicação da impressão 3D no processo de fabricação da indústria têxtil, o que é alcançado por meio da análise de entrevistas

semiestruturadas realizadas na empresa. Os principais benefícios observados são: redução de custos, redução de tempo, otimização de peças, auxílio nas simulações e testes, e redução de falhas no produto final.

Entre as desvantagens da aplicação desta tecnologia, o ponto principal é que é difícil alcançar certas formas geométricas e resistências necessárias.

Referente às limitações do trabalho, destacam-se as características inerentes ao estudo de caso. Esses resultados são aplicáveis à empresa estudada e ao seu estado na época do estudo. Podendo ter diferentes resultados em futuras pesquisas e em outras empresas em estudo.

Como sugestão para trabalhos futuros, estudar a durabilidade, custo e benefícios de ferramentas e moldes que contribuem para o ambiente produtivo, que se relacionam com os mesmos tipos de ferramentas e moldes produzidos por processos tradicionais e são produzidos por impressão 3D. Também como sugestão de trabalho, estudar a logística reversa dos resíduos e descartes gerados pela tecnologia de impressão 3D.

6. Referências Bibliográficas

14 TIPOS DE IMPRESSORA 3D: veja como funciona cada uma. Wishbox, Balneário Camboriú, 11, novembro 2020. Disponível em: < >. Acesso em: 30 setembro 2021.

Adlughmin. **You Can Now See the First Ever 3D Printer** — Invented by Chuck Hull — In the National Inventors Hall of Fame. 3D Printing, Virgínia, 10, junho 2015. Disponível em: <<https://3dprint.com/72171/first-3d-printer-chuck-hull/>>. Acesso em: 30, setembro 2021.

BAIÃO, Francisco José. **Funcionalidades e Tecnologias da impressora 3D**. 2012. Monografia (Curso de graduação) – Curso de Engenharia da Computação – Universidade São Francisco, São Paulo, 2012.

Da Redação. Usando células vivas como “tinta”, as máquinas imprimiram estruturas que, implantadas em modelos animais, desenvolveram vasos sanguíneos e nervos. **Cientistas desenvolvem impressora 3D capaz de fabricar tecidos para transplantes em humanos**, Revista Veja, volume 1, páginas 1-1, fevereiro 2016.

Estado de Minas. **Mercado de impressão 3D atingirá mais de 40 bilhões de dólares até 2025**, Revista Estado de Minas, volume 1, páginas 1-1, abril 2021.

FERREIRA, Géssica da Cruz, KRUGER, Thaisa Regina, DOS SANTOS, Christiane Bischof. **Utilização da impressão 3D na manufatura para a otimização de processos: um estudo de caso em indústrias automobilísticas**. 2016. Tese (Graduada em Engenharia de Produção) – Curso de Engenharia – FAE Centro Universitário, Curitiba, 2016.

História das Impressoras 3D. **Done3d**, Ribeirão Preto, 03, novembro 2015. Disponível em: <<https://done3d.com.br/historia-das-impressoras-3d/>>. Acesso em: 30 setembro 2021.

Hotza, D. **Prototipagem rápida de pilhas a combustível de óxido sólido**. 2009. Núcleo de Materiais Cerâmicos e Vidros (CERMAT) – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, 2009.

<<https://www.gtmax3d.com.br/impressora-3d-pro/gtmax3d-core-h5-simplify3d>>. Acesso em: 30 setembro 2021.

<<https://www.simplify3d.com/software/features/>>. Acesso em: 30 setembro 2021.

Hussain, Bhavnagarwala 3D Printer Plans: 10 Great 3D Printer Blueprints to DIY. **All3dp**, Munique, 06, outubro 2020. Disponível em: <<https://all3dp.com/2/3d-printer-plans-3d-printer-blueprints/>>. Acesso em: 30 setembro 2021.

Lisboa, Alysson. as impressoras 3D imprimem tudo, até órgãos humanos. **Simi**, Belo Horizonte, 09, junho 2016. Disponível em: <<http://www.simi.org.br/noticia/Artigo-as-impressoras-3D-imprimem-tudo-ate-orgaos-humanos>>. Acesso em: 30, setembro 2021.

Primeira Impressora 3D do mundo: conheça a história. **3dlab**, Betim, 16, março 2021. Disponível em: <<https://3dlab.com.br/a-primeira-impressora-3d-do-mundo/>>. Acesso em: 30 setembro 2021.

PORTO, Thomás M. S. **Estudo dos avanços da tecnologia de impressão 3D e da sua aplicação na construção civil, Rio de Janeiro/ PORTO, T. M. S. – Rio de Janeiro: UFRJ/ ESCOLA POLITÉCNICA, 2016.**

RAULINO, Bruno. **Manufatura Aditiva:** Desenvolvimento de uma Máquina de Prototipagem Rápida Baseada na Tecnologia FDM (Modelagem por Fusão e Deposição) [Distrito Federal] 2011.

Você sabe o que é impressão 3D por Sinterização Seletiva a Laser?. **AMS Brasil**, Joinville, novembro 2015. Disponível em: <<https://amsbrasil.com.br/voce-sabe-o-que-e-impressao-3d-por-sinterizacao-seletiva-a-laser/>>. Acesso em: 30 setembro 2021.