

ESTUDO DAS TECNOLOGIAS EM PROTOTIPAGEM RÁPIDA: PASSADO, PRESENTE E FUTURO

ALCALDE, Eduard
Universidade de Taubaté
eduard_ga@hotmail.com

WILTGEN, Filipe
Universidade de Taubaté
lfwbarbosa@gmail.com

Resumo. Atualmente parece trivial falar de um protótipo e sua confecção, quer seja, pelos métodos tradicionais (subtrativos) de fabricação, ou pelos métodos modernos (aditivos) de fabricação em impressão em 3D. Nem sempre foi assim, houve um tempo que até mesmo fabricar um protótipo era impeditivo, pelo custo, ou pelo tempo. Os processos de desenvolvimento de produtos, quase sempre requerem testes de um modelo. Um modelo físico tridimensional permite a análise completa do produto, verificação de aperfeiçoamentos e interferências funcionais, que permitem chegar de forma efetiva ao produto final. Dentre as tecnologias do passado, todas estavam limitadas a construção de um produto a ser testado, e não um modelo ou protótipo. Na atualidade as diversas tecnologias existentes nos permitem fabricar e testar facilmente um novo produto utilizando as tecnologias que chamamos de prototipagem rápida. Em vista das tendências atuais é possível extrapolar nossas perspectivas tecnológicas disponíveis no futuro próximo, assim como, no futuro longínquo.

Palavras chave: Prototipagem Rápida. Impressão 3D. Desenvolvimento de Produto. Fabricação Aditiva. Fabricação Subtrativa. Protótipo.

Abstract. At present it seems trivial to speak of a prototype and its manufacture, whether by traditional (subtractive) methods of manufacture, or by modern methods (additives) of manufacture in 3D printing. It was not always so, there was a time that even making a prototype was impeding, by cost, or by time. Product development processes almost always require testing of a model. A three-dimensional physical model allows complete analysis of product, verification of improvements and functional interferences, that allow to reach the final product effectively. Among technologies of past, all were limited to building a product to be tested, not a model or prototype. At present, various technologies available allow us to easily manufacture and test a new product using technologies we call rapid prototyping. In view of current trends, it is possible to extrapolate our technological perspectives available in near future, as well as in distant future.

key words: Rapid Prototyping. 3D Printing. Product Development. Additive Manufacturing. Subtractive Manufacturing. Prototype.

1. INTRODUÇÃO

Faz parte da engenharia moderna a fabricação, teste e ensaio de peças e dispositivos em desenvolvimento, no qual são chamados de protótipos.

Os protótipos em engenharia são versões que tem forma e aparência do produto final, mas que ainda deve sofrer modificações e aperfeiçoamentos, que só são possíveis se houver um protótipo físico.

Para melhorar o processo final de fabricação de um produto, é necessária a realização de testes e ensaios em pouco tempo, ou seja, os protótipos devem ser construídos rapidamente, de tal forma que não sejam muito impactantes no prazo final. Além disto, o processo de prototipagem deve ser de baixo custo, rápido de fabricar e assim rápido de testar.

A Prototipagem Rápida, envolve muitas técnicas de fabricação e diversos materiais que não necessariamente serão os mesmos materiais finais do produto. Este artigo trás de forma sucinta, a cronologia destas tecnologias aplicadas na Prototipagem Rápida.

1.1. Objetivo

Mostrar de forma clara e objetiva, alguns dos principais tipos de prototipagem rápidas que existem hoje no mundo com a finalidade de encurtar o caminho da escolha e utilização deste tipo de tecnologia. Possibilitando o leitor verificar

as vantagens e desvantagens de cada tecnologia de prototipagem.

2. PROTOTIPAGEM RÁPIDA NO PASSADO

Durante mais de 200 anos, os dispositivos eram construídos sem testes e ensaios, e seus ajustes realizados diretamente, no que em algum momento se tornaria o próprio produto final.

Desta forma, o material construtivo deveria ser capaz de ser modificado durante o seu desenvolvimento, e cada produto era construído a mão, ou com ferramentas pouco precisas. Por isso neste período não era possível obter controle de qualidade e repetibilidade precisa dos produtos.

Em geral os projetistas no passado distante eram artesãos que através de suas próprias aptidões transformavam a matéria prima existente em ferramentas, utensílios, objetos do dia-a-dia e arte em geral. Cada um destes projetistas do passado tinham uma visão diferente de cada processo de fabricação de um novo objeto, e quase sempre os objetos tinham similaridade, mas não eram idênticos.

A necessidade de fazer um protótipo era difícil de ser adotada, e quando necessário se fazia por tentativa e erro, até que o projetista estivesse satisfeito com a forma e funcionalidade do objeto.

Com o passar dos anos, e das exigências dos usuários e do mercado, os produtos começaram a ser testados, aperfeiçoados e fabricados com máquinas de maior precisão e repetibilidade, mesmo assim, eram poucos os protótipos construídos. A limitação de custo e tempo quase sempre inviabilizava este importante processo de desenvolvimento de produtos. Durante muito tempo os protótipos quando indispensáveis, impactavam diretamente no lançamento e no custo de um produto, se o produto não tivesse um bom valor agregado, não possibilitava utilização destes processos.

Durante décadas o processo de prototipagem parecia ser inviável, mas com a inclusão no passado recente de computadores nos processos de automatização de máquinas de fabricação (usinagem e fresagem), diversos produtos começaram a ser testados via um modelo chamado de protótipo e não mais a versão final do produto.

Foi com a invenção de uma máquina na década de 80, com o processo de Estereolitografia, desenvolvida por Charles W. Hull, que veio a se tornar um equipamento inovador. Esta técnica foi aplicada na primeira impressora 3D. Hull é conhecido hoje como o pai da impressão 3D. Sua máquina possibilitava construir um protótipo físico real a partir de um código de computador que representava os desenhos de um produto em desenvolvimento. E uma vez interpretado pelo equipamento de fabricação em 3D, o objeto é confeccionado em material de menor valor, e quase geralmente em um tempo e custo menor que o necessário na fabricação tradicional.

3. PROTOTIPAGEM RÁPIDA NO PRESENTE

O conceito de prototipagem rápida não é novo. Foi com o surgimento de computadores que o professor Herbert Voelker começou a considerar formas de utilizar os projetos desenvolvidos em computadores diretamente em máquinas que estavam começando a aparecer nas fábricas no final dos anos 60 conforme BROWN e LIPMAN (2013). Seu trabalho e esforço foram a base e resultaram nos primeiros modelos reais baseados em algoritmos e cálculos matemáticos para descrever partes tridimensionais.

Foi a ideia Hull de imprimir objetos camada por camada sobrepostas foi testada, fabricada e difundida. As primeiras máquinas comerciais de prototipagem rápida usando essa técnica de camadas foram produzidas em 1987 e apresentadas ao público no mesmo ano em uma feira nos EUA (LIPSON e KURMAN, 2013; NIAKI, 2018). Essa técnica é a base da impressão 3D em uso hoje, embora tenha sido consideravelmente refinada e aperfeiçoada, além é claro, das múltiplas técnicas inventadas.

3.1. Técnicas de Imprimir em 3D

O conceito por trás de todas as impressoras 3D é basicamente o mesmo, com diferentes tecnologias de impressão e materiais diferentes.

Antes de tudo, deve existir um projeto de um objeto em CAD cujo desenho seja tridimensional, ou seja, o objeto deve ser um sólido virtual.

Os desenhos computacionais tridimensionais em CAD são tratados e convertidos em coordenadas tridimensionais por um programa via um algoritmo matemático que divide o sólido em diversas camadas. As camadas podem variar de 0,01 mm até alguns centímetros de espessura, dependendo é claro da máquina que está sendo usada.

Neste processo de fatiamento do objeto, o mesmo é programado em um arquivo eletrônico que informa a impressora qual é a primeira e a última camada do mesmo, que geralmente é composto por múltiplas camadas.

Cada camada, ou fatia, representa uma única camada do objeto construído conforme a estrutura do arquivo enviado a impressora. Após a conclusão de uma camada, a máquina passa para a próxima camada e sucessivamente até que a última camada do objeto seja concluída.

3.2. Principais Processos de Prototipagem Rápida - Subtrativo e Aditivo

A prototipagem rápida hoje é dividida em dois processos. O mais antigo, e primeiro a surgir, o processo subtrativo comum em máquinas tradicionais, mesmo que automatizadas (CNC), como um torno ou fresa, e o segundo processo a surgir, o processo aditivo, que é utilizado com frequência em técnicas de impressão 3D.

Comparando os métodos subtrativo e aditivo é possível identificar de imediato duas vantagens a favor da tecnologia aditiva, como o tempo de fabricação e o desperdício de material. Como o próprio nome dos processos sugere, um retira material para fabricar (subtrativo) e o outro acrescenta o material necessário para fabricar (aditivo).

No método subtrativo Fig. (1) o material é retirado de um bloco, assim como, eram realizados no passado distante com os escultores, e no passado recente com os técnicos mecânicos torneando ou esculpindo peças.

O resultado é um objeto cuja quantidade de material realmente útil, ou seja, aquela para o qual se destina o objeto, em geral é muito inferior a quantidade inicial, ou seja, muito material, tempo e energia são consumidos e desperdiçados durante a fabricação.

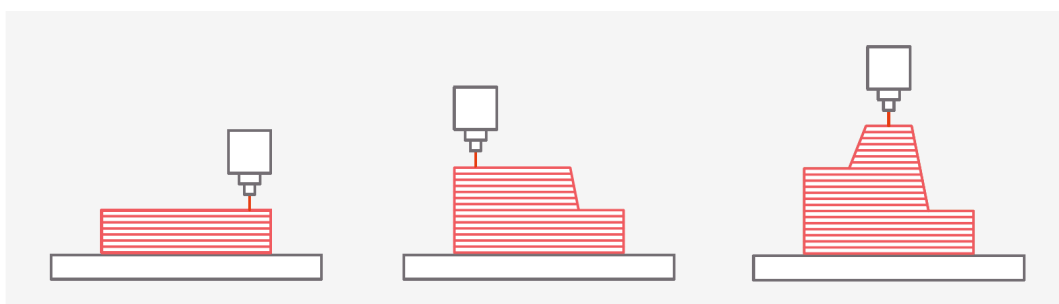
Figura 1 – Processo de Fabricação Subtrativo



Fonte: REDWOOD *et al.* (2017).

No modelo aditivo Fig. (2) o material requerido para a fabricação do objeto é inserido na quantidade necessária para a fabricação do objeto, e assim, tornando o processo mais econômico, tanto em tempo, quanto em custo de energia e material. A redução do desperdício é consequência do processo.

Figura 2 – Processo de Fabricação Aditivo



Fonte: REDWOOD *et al.* (2017).

Entretanto, ainda hoje quando comparando os processos subtrativo e aditivo, ambos têm vantagens e desvantagens, se destinam a diferentes estratégias construtivas.

Quanto à capacidade de construir muito objetos com grandes dimensões e alta precisão o processo de usinagem ainda possui vantagem em relação ao processo aditivo.

Hoje existem muitas tecnologias de Prototipagem Rápida, dentre estas, as que possuem o processo de fabricação do tipo aditivo, são comumente chamadas de impressão em 3D, destacam-se três: Estereolitografia (SLA), Sinterização a Laser (SLS) e Deposição por Fusão (FDM).

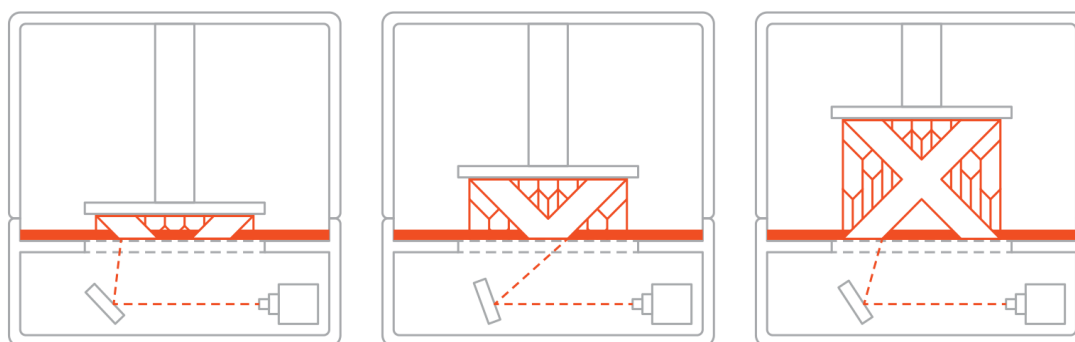
3.3. Estereolitografia (Stereolithography - SLA)

Em 1984 Hull inventou e patenteou a tecnologia SLA conforme a patente U.S 4,575,330 (1984), a mais conhecida tecnologia de impressão 3D, e mesmo sendo a primeira tecnologia de Prototipagem Rápida Aditiva a surgir é ainda é um dos métodos mais utilizados.

Esta técnica consiste de uma fonte de laser que envia raios ultravioleta para solidificar a resina polimérica, o feixe é direcionado sobre o polímero na forma líquida, que se solidifica nas regiões atingidas pelo feixe de laser que forma uma das camadas do objeto.

Após a conclusão de cada camada a plataforma ou mesa se desloca (para cima ou para baixo) possibilitando assim a formação de uma nova camada. O processo se repete nas camadas seguintes até que o objeto seja concluído. Na Fig. (3) este processo é ilustrado.

Figura 3 – Tecnologia SLA



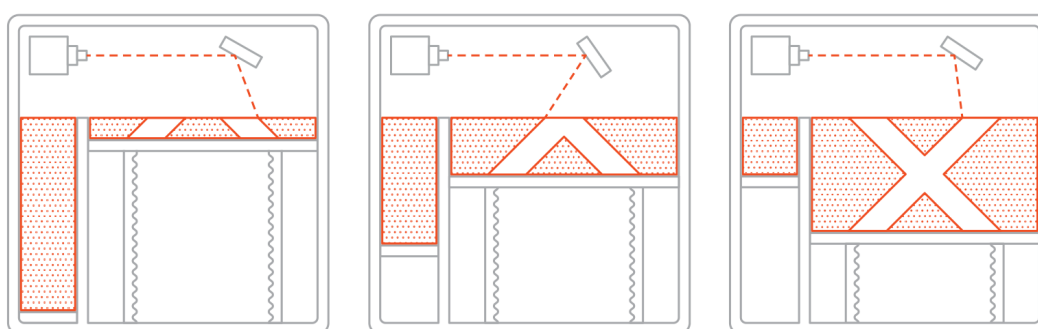
Fonte: REDWOOD *et al.* (2017).

3.4. Sinterização a Laser (*Selective Laser Sintering - SLS*)

O método SLS, o segundo a surgir, foi criado também na década de 80 por Carl Deckard. Consiste do uso de um feixe de laser para criar os modelos 3D. Sua diferença tecnológica é a utilização de um polímero em pó e não de uma resina como é utilizado na tecnologia SLA.

Na Figura 4 observa-se o funcionamento esquemático de uma máquina de tecnologia SLS.

Figura 4 - Tecnologia SLS[4]



Fonte: REDWOOD *et al.* (2017).

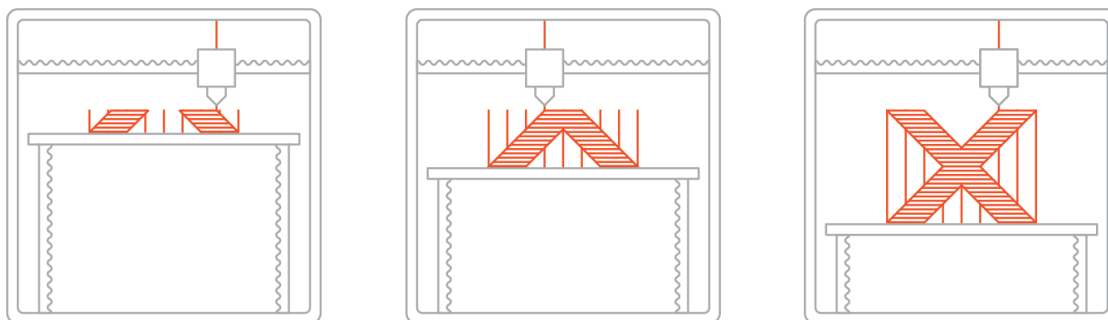
Veja que o feixe de laser solidifica o pó que está na superfície da máquina conforme o mesmo é projetado imprimindo uma imagem, na Figura 2. Após a conclusão desta camada a mesa desce e uma nova camada de pó armazenada nas laterais da máquina é colocada por sobre a camada anterior e novamente atingida pelo feixe de laser. Este processo se repete camada a camada, até que o objeto seja finalizado (Gebhardt, 2011).

3.5. Deposição por Fusão (*Fused Deposition Modeling - FDM*)

Logo após a invenção da técnica SLS, foi inventado por Steven Scott Crump, a tecnologia FDM. Esta técnica foi a responsável pela divulgação da impressão 3D, isso porque essa tecnologia é simples e de baixo custo.

As vantagens intrínsecas desta tecnologia permitiram o maior acesso às pessoas. Fácil de ser construída, com o tempo surgiram vários modelos chamados de impressoras de mesas ou desktops (como são chamadas as impressoras não profissionais). Isto difundiu a impressão 3D nas residências.

Figura 5 - Tecnologia FDM



Fonte: REDWOOD *et al.* (2017).

Este modelo consiste em derreter o filamento de um termoplástico que é puxado por uma engrenagem e empurrado pelo bico extrusor.

Nesta tecnologia tanto a extrusora quanto a mesa se movimentam, para cima e para baixo (eixo Z) ou para os lados (eixos X e Y). Deste modo o filamento fica praticamente líquido. De tal forma que o filamento derretido possa ser depositado na mesa de construção da impressora, camada por camada para que o objeto seja construído.

3.6. Tipos de Materiais mais Comuns em Prototipagem Rápida Aditiva

Os materiais existentes na Prototipagem Rápida são variados e vem crescendo cada vez mais, principalmente com investimentos para prototipagem aditiva de metais e materiais biodegradáveis.

Dentro de cada tecnologia é possível observar algumas similaridades, principalmente nas tecnologias SLS, SLA e FDM.

A tecnologia SLS utiliza resina, é possível citar três materiais como: Accura®55, Accura®25 e Accura®60, todos da empresa 3DSYSTEMS, fabricante também dos equipamentos de Estereolitografia.

O Accura®55, segundo a 3DSYSTEMS (2015) é um material similar ao material ABS, rígido e resistente, indicado para peças de produção de curto prazo e para as montagens funcionais. O Accura®25 (3DSYSTEMS, 2015) é feito de material flexível similar ao polipropileno, indicado para montagens com encaixe, moldes para fundição a vácuo e protótipos funcionais duráveis. O Accura®60 é rígido e se assemelha ao policarbonato, é um plástico transparente indicado para peças rígidas e fortes, pode ser utilizado para aplicações em faróis, garrafas e montagens transparentes (3DSYSTEMS, 2015). Estes são alguns dos materiais utilizados em SLA, porém existem diversos materiais cada um destinado para uma finalidade específica.

Para a técnica SLS os materiais são variações de Nylon. Dentre estes tem-se: Nylon 11, Nylon 12 PA e o Nylon 12 GF, sendo o Nylon 11, com alto alongamento, resistência ao impacto e indicado para fabricação de peças aeroespaciais (STRATASYS, 2017).

O Nylon 12 PA, possui boa resistência química, baixa absorção de umidade utilizados em projetos de encaixe rápido (STRATATYS, 2017).

O Nylon 12 GF é um Nylon misturado com fibra de vidro com excelente rigidez mecânica, resistência à altas temperaturas e dimensionalmente estável, suas aplicações variam de artigos esportivos a protótipos funcionais (STRATATYS, 2017).

A tecnologia FDM é a que contém maior variação de materiais disponíveis no mercado, provavelmente por ser a tecnologia mais acessível. Dentre os materiais da tecnologia FDM, destaca-se: ABS, PLA e Nylon.

O Acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS) é amplamente conhecido na indústria automotiva e possui inúmeras aplicações. Possui excelente adesão entre camadas e deformação mínima, sua aplicação é na fabricação de protótipos funcionais (ULTIMAKER, 2017).

O Ácido Polilático (PLA) é um dos materiais mais versáteis existentes para a tecnologia FDM. Apresenta boa resistência a tração e permite criar peças de resolução elevada. É utilizado na fabricação de utensílios domésticos, brinquedos, projetos educativos, protótipos e modelos arquitetônicos (ULTIMAKER, 2017).

O Nylon é um material amplamente conhecido. Resistente a impacto e a abrasão, durável, baixo coeficiente de atrito e boa resistência à corrosão de produtos químicos orgânicos, suas aplicações variam de protótipos funcionais e modelagem industrial (ULTIMAKER, 2017).

3.7. Algumas Vantagens e Desvantagens entre as Tecnologias Atuais

Este tópico tem como finalidade demonstrar de modo objetivo e claro algumas vantagens e desvantagens de modo geral sobre a tecnologia aditiva.

Como base nos tópicos anteriores é possível destacar algumas características, como agilidade, possibilidade de construir peças muito complexas com diversos tipos de materiais.

Existe ainda a questão ambiental. Atualmente os recursos naturais estão esgotando cada vez mais cedo, neste ano de 2018 segundo a Global Footprint Network (2018) comunicou que, no dia primeiro de agosto deste ano foi declarado o dia da sobrecarga do planeta Terra, ou seja, o esgotamento da capacidade do planeta se recuperar da exploração de seus recursos naturais pelas ações humanas.

Algumas tecnologias de Prototipagem Rápida Aditivas utilizam materiais biodegradáveis, como o PLA (Ácido Polilático) que é um material composto de materiais biológicos como amido de milho e cana de açúcar. Há ainda uma série de pesquisas sendo realizadas com materiais bio-impressos em 3D para uma série de aplicações médicas como exemplo do artigo publicado por CHIA (2015).

A tecnologia FDM vem aumentando a quantidade de materiais disponíveis para impressão e vem trazendo cada vez mais polímeros biocompatíveis com baixas temperaturas de fusão.

Na Tabela 1 são apresentados itens comparativos entre as três tecnologias baseados em NIAKI (2018), JUNIOR *et al* (2007), CUNICO (2015), RECROSIO (2018) e VOLPATO (2007).

Tabela 1 – Comparações SLA, SLS e FDM

Descrição	SLA	SLS	FDM
<i>Custo do Equipamento</i>	Pior	Mediano	Melhor
<i>Custo de Manutenção</i>	Pior	Mediano	Melhor
<i>Custo de Material</i>	Pior	Mediano	Melhor
<i>Disponibilidade de Materiais</i>	Mediano	Pior	Melhor
<i>Resolução de Impressão</i>	Melhor	Mediano	Pior
<i>Precisão de Impressão</i>	Melhor	Mediano	Pior
<i>Acabamento Superficial</i>	Melhor	Mediano	Pior
<i>Tolerância</i>	Melhor	Mediano	Pior
<i>Tempo de Processamento</i>	Melhor	Pior	Mediano
<i>Resistência ao Calor (Peça)</i>	Pior	Melhor	Mediano
<i>Resistência Mecânica (Peça)</i>	Pior	Melhor	Mediano
<i>Resistência em altas Temperaturas (Peça)</i>	Pior	Melhor	Mediano
<i>Durabilidade (Peça)</i>	Pior	Melhor	Mediano
<i>Impressão de Peças Funcionais</i>	Pior	Melhor	Mediano

Como é possível verificar a vantagem das tecnologias são: na tecnologia SLA melhor resolução, precisão, acabamento, tolerância e tempo de processamento. A tecnologia SLS tem a melhor resistência ao calor, possibilidade de imprimir peças funcionais, com resistência mecânica, resistência a altas temperaturas e durabilidade. A tecnologia FDM apresenta uma boa resolução, precisão, acabamento e tolerância, porém ainda com qualidade inferior a da tecnologia SLA.

Dentre estas três tecnologias a tecnologia FDM apresenta o menor custo do equipamento, de manutenção e de material, além de grande diversidade em materiais.

Com este resumo comparativo é possível verificar que cada uma possui vantagens e desvantagens, o fator determinante para a escolha de qual tecnologia utilizar é o estudo do custo benefício e a necessidade para cada aplicação.

4. PROTOTIPAGEM RÁPIDA NO FUTURO

No futuro próximo, a difusão de novas técnicas e das novas máquinas de Prototipagem Rápidas devem seguir no desenvolvimento de objetos constituídos de partes biológicas, para tratamento médico, tais como: remédios e partes do corpo humano, como ossos e tecido humano.

Além é claro, a impressão de alimentos onde já existem projetos conforme demonstrados por SUN *et al.* (2015). Hoje já existem alguns modelos como por exemplo a impressão de panquecas que já são já comercializados, mas no futuro com os avanços a apresentação será mais refinada possibilitando fazer alimentos personalizados. A personalização de um objeto é algo que tem relacionamento bem estreito com a tecnologia de Prototipagem Rápida Aditiva.

Outra área que será muito explorada no futuro próximo será a de construção de tecidos, utilizando é claro compostos ainda não desenvolvidos, que permitiram confeccionar trajes e roupas sem padrões definidos tais como: P, M e G (pequeno, médio e grande).

Com isto será também eliminada a parte mais frágil de todas as roupas atuais, que são as linhas necessárias para juntar as partes e costurar um tecido em outro.

As pessoas serão escaneadas em cabines de prova, e suas dimensões corporais serão apresentadas para sua escolha com relação aos ajustes, cores, tipo de textura, quantidade a ser confeccionada e eletrônica embarcada. Sendo esta última uma grande inovação, podendo ser aplicada tanto para comunicação, quanto para conforto térmico (aquecendo ou resfriando), e será impresso junto com as roupas fundido a eletrônica ao tecido impresso.

A realidade futura da construção civil será radicalmente modificada com o avanço das grandes máquinas construtivas, estudos como LIM *et al.* (2011) e Perrot *et al.* (2015) demonstram a utilização de impressão 3D para construção civil. No futuro é possível uma mudança radical utilizando concreto e outros materiais a serem empregados nas construções de moradias e outras construções com a integração concreto, resinas e metal, tudo ao mesmo tempo.

Desta forma, o processo de construção civil será realizado de forma rápida e muito diferente de como é feito hoje, incluindo a construção de pontes e túneis.

Em um futuro mais distante, os processos de montagens serão extintos, visto que as máquinas aditivas, farão isto por completo. Não necessitando mais o processo de montagem, pois cada peça será fabricada integrada a sua estrutura e funcionalidade.

Por exemplo, um veículo será completamente impresso conforme demonstrado por POLYAMAKER (2018). No futuro será possível transições suaves e integradas entre a estrutura metálica do banco com a estrutura de espuma do estofamento e a do tecido que o reveste. Todas etapas serão confeccionadas no mesmo momento da fabricação, e definido conforme o projeto e na mesma máquina. A famosa “linha de montagem de Henry Ford” deixará de existir.

A impressão de um motor a combustão completo e funcional, sem ter que montar nenhuma das partes, melhorando muito a estanqueidade de câmaras de combustão e os ajustes necessários, uma vez que a máquina o faz de forma contínua, com precisão e completo.

O veículo inteiro poderá ser impresso de uma só vez, finalizado com uma camada verniz e de tinta logo que estiver pronta sua construção, realizado pela mesma máquina que o construiu.

Toda a eletrônica, incluindo os chicotes de cabecamentos elétricos do veículo serão impressos, de tal forma a possibilitar um melhor aproveitamento dos espaços e caminhos elétricos, tornando os sistemas muito mais seguros, eficazes e eficientes. Integrando a estrutura aos sistemas eletrônicos e sensoriais de um veículo.

Desta forma, fazendo parte das peças e regiões a serem sensoriadas e monitoradas pelos sistemas do computador de bordo, similares a uma ECU atual. Dispositivos eletrônicos serão facilmente incorporados às roupas, medicamentos, equipamentos, utensílios domésticos, aparelhos e máquinas. Integrando muitas vezes a própria fonte de energia.

Parte dos objetos serão impressos com células fotovoltaicas maleáveis integradas. Por exemplo, no próprio tecido de roupas, mochilas, capacetes, entre outros. Mesmo uma simples caneta descartável, será capaz de lhe informar quanto de tinta ainda resta em seu compartimento antes de acabar, alertando o usuário para a substituição.

Aparelhos de telefonia móveis serão totalmente obsoletos, uma vez que eles podem ser integrados e transferidos pelo próprio usuário para os veículos, roupas, entre outros dispositivos.

A confecção de órgãos, tecidos e ossos demonstrados em artigos como VENTOLA (2014) e BOSE (2013). No futuro a confecção terá alcançado o mesmo desenvolvimento tecnológico de objetos personalizados. Possibilitando que uma pessoa jovem possa extrair seu DNA e através de células tronco produzir via impressão 3D os órgãos essenciais e deixá-los guardados e prontos para serem utilizados se necessários, como no envelhecimento ou em doenças.

Não será um processo comum de Prototipagem Rápida visto que os órgãos a serem replicados foram minuciosamente reconstruídos por um processo digital não invasivo, e que copia os órgãos não só em suas dimensões, mas também com as funções e estruturas idênticas a nível celular do próprio DNA. Será uma revolução sem proporções para a medicina futura.

A Prototipagem Rápida na fabricação de objetos deverá ser algo trivial no qual a própria máquina, realizará a confecção do objeto prototipado, realizando os ajustes e aperfeiçoamentos necessários. Depois descartará o protótipo e utilizará seu próprio material na confecção do objeto final.

Entretanto, mesmo conhecendo as tendências futuras e os possíveis caminhos que esta tecnologia tem seguido, muitas destas ideias do futuro são especulações controladas, baseadas nas tendências e opiniões de diversos especialistas e pesquisadores envolvidos em pesquisas e prototipagens atuais.

5. CONCLUSÃO

No presente artigo foi apresentado o histórico da Prototipagem Rápida, e o estado atual das principais técnicas e processos utilizados hoje e um possível futuro da impressão 3D.

É certo que esta tecnologia é hoje um dos métodos mais utilizados para confecção de protótipos, devido a sua facilidade de manuseio, baixo custo e curto tempo de fabricação quando comparado com métodos tradicionais.

Acredita-se que no futuro a impressão 3D quebrará paradigmas importantes incluindo os próprios protótipos como existem hoje. O futuro promissor dessa tecnologia é percebido nos grandes avanços na área médica e biológica, permitindo diversos estudos e novas tecnologias com a bio-impressão.

A manufatura aditiva demonstra que é aplicável em praticamente todas as áreas e conforme os avanços da tecnologia, incluindo o impacto no meio ambiente.

O consumo de recursos naturais estará cada vez mais entrelaçado com os novos métodos e as novas aplicações. Surgiram muitas dúvidas e discussões sobre limites desta tecnologia e os inúmeros impactos na vida humana.

REFERÊNCIAS

- 3DSYSTEMS, *Data Sheet Accura®25 – PP CLASS*, 3DSYSTEMS Inc. 2015.
- 3DSYSTEMS, *Data Sheet Accura®60 – CLEAR CLASS*, 3DSYSTEMS Inc. 2015.
- 3DSYSTEMS, *Data Sheet Accura®55 – ABS CLASS*, 3DSYSTEMS Inc. 2015.
- BOSE, S., VAHABZADEH, S., BANDYOPADHYAY, A., *Bonnet Issue engineering using 3D printing*, Elsevier, 2013.
- BROWN, C., LUBELL, J., LIPMAN, R., *Additive manufacturing technical workshop summary report*. National Institute of Standard and Technology, 2013.
- CHIA, H.N., WU, B.M., *Recent advances in 3D printing of biomaterials*, Journal of biological engineering, 2015.
- CORRAI, L.C., WALKER, K.J., *Exploring the abilities of 3D printing and its viability for consumption in the fashion industry*, Apparel Merchandising and Product Development Undergraduate Honors Theses. 1, 2017.
- CUNICO, M., *Impressoras 3D: O novo meio produtivo*, 1ª Edição, Concep3D, 2015.
- GEBHARDT, A., *Understanding Additive Manufacturing*, 1st Edition, Hanser, 2011.
- GLOBAL FOOTPRINT NETWORK, *Earth Overshoot Day 2018 fell on August 1*. <<https://www.footprintnetwork.org/>>, Acesso em 08/08/2018.
- HULL, C.W., *Apparatus for production of three-dimensional objects by stereolithography* - US Patent US4,575,330, 1984.
- JUNIOR, A.S., JUNIOR, O.C, NETO, A.I., *Análise comparativa entre os processos de prototipagem rápida por deposição ou remoção de material na concepção de novos produtos*, 4º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, 2007.
- LIM, S. et al, *Development of a viable concrete printing process*. Proceedings of the 28th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, (ISARC2011), Seoul, South Korea, 29th June 2nd July 2011, pp. 665 - 670.
- LIPSON, H., KURMAN, M., *Fabricated: the new world of 3D printing*, Wiley, 2013.

- MELNIKOVA, R., EHRMANN, A., FINSTERBUSCH, K., *3D printing of textile-based structures by Fused Deposition Modeling (FDM) with different polymer materials*, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 2014.
- NIAKI, M.K., NONINO, F. *The management of additive manufacturing*, Springer, 2018.
- PERROT, A., RANGEARD, D., PIERRE, A., *Structural built-up of cement-based materials used for 3D printing extrusion techniques*, Materials and Structures, 2015.
- POLYAMAKER, *Polymaker & XEV Launch 3D Printed Electric Car – LSEV*, <http://www.polymaker.com/polymaker-xev-launch-3d-printed-electric-car-lsev/>, Acesso em 08/08/2018.
- RECROSIO, E., *FDM vs. SLA vs. SLS: Battle of the 3D technologies*, Sculpteo, <<https://www.sculpteo.com/blog/2017/05/15/fdm-vs-sla-vs-sls-vs-clip-battle-of-the-3d-technologies/>>, Acesso em 08/08/2018.
- REDWOOD, B., SCHÖFFER, F., GARRET, B., *The 3D Printing Handbook - Technologies, Design and Applications*, Coers&Roest© 3D Hubs B.V., 2017.
- STRATASYS, *Material Data Sheet - Nylon 11 Laser Sintering Material Specifications*, Stratasys Direct Inc., 2017.
- STRATASYS, *Material Data Sheet - Nylon 12 GF Laser Sintering Material Specifications*, Stratasys Direct Inc., 2017.
- STRATASYS, *Material Data Sheet - Nylon 12 PA Laser Sintering Material Specifications*, Stratasys Direct Inc., 2017.
- SUN, J., ZHOU, W., HUANG, D., FUH, J.Y.H., HONG, G.S., *Overview of 3D printing Technologies for food fabrication*, Food Bioprocess Technology, Springer, 2015.
- ULTIMAKER. *Ficha técnica ABS*, Ultimaker, 2017.
- ULTIMAKER. *Ficha técnica Nylon*, Ultimaker, 2017.
- ULTIMAKER. *Ficha técnica PLA*, Ultimaker, 2017.
- VENTOLA, C.L., *Medical Application for 3D Printing: Current and Projected Uses*, P&T, 2014.
- VOLPATO, N. *Prototipagem Rápida – Tecnologias e Aplicações*, Editora Blücher, 2007.