

APARECIDA DE FATIMA FERNANDES
CARLOS ROBERTO APARECIDO DE ALMEIDA
DANIELA BIANCHI PONCE LEON DE LIMA
FELIPE MARIN CARNEIRO
HUGO LEANDRO DE SOUZA
MAXWELL BALBINO DE ASSIS E SILVA
NILTON CLEBER CAPORALI DA CUNHA
TIAGO BARBOZA FERNANDES

Supply Chain e o Impacto da Impressora 3D

São Paulo

2014

APARECIDA DE FATIMA FERNANDES
CARLOS ROBERTO APARECIDO DE ALMEIDA
DANIELA BIANCHI PONCE LEON DE LIMA
FELIPE MARIN CARNEIRO
HUGO LEANDRO DE SOUZA
MAXWELL BALBINO DE ASSIS E SILVA
NILTON CLEBER CAPORALI DA CUNHA
TIAGO BARBOZA FERNANDES

Supply Chain e o Impacto da Impressora 3D

Trabalho final da matéria GOK-005 –
Gestão da Base de Fornecimento
apresentado ao PECE – Programa de
Educação Continuada da Escola
Politécnica da USP.

Curso:
Engenharia e Gestão de Manufatura e
Manutenção – MBA - USP

Professor Dr. José Eurípedes Gomes

São Paulo

2014

Dedico este trabalho à todos os integrantes do grupo, que fizeram o melhor possível dentro dos limites de cada um.

Entre um governo que faz o mal e o povo
que o consente há uma certa
cumplicidade vergonhosa - Victor Hugo

RESUMO

O presente trabalho aborda sobre a Impressão 3D, também conhecida como prototipagem rápida, é uma forma de tecnologia de fabricação aditiva onde um modelo tridimensional é criado por sucessivas camadas de material. São geralmente mais rápidas, mais poderosas e mais fáceis de se usar do que outras tecnologias de fabricação aditiva. Oferecem aos desenvolvedores de produtos a habilidade de num simples processo imprimirem partes de alguns materiais com diferentes propriedades físicas e mecânicas. Tecnologias de impressão avançadas permitem imitar com precisão quase exata a aparência e funcionalidades dos protótipos dos produto.

Nos últimos anos, as impressoras 3D tornaram-se financeiramente acessíveis para pequenas e médias empresas, levando a prototipagem da indústria pesada para o ambiente de trabalho. Além disso, é possível simultaneamente depositar diferentes tipos de materiais. A tecnologia é utilizada em diversos ramos de produção, como em joalheria, calçado, design de produto, arquitetura, automotivo, aeroespacial e indústrias de desenvolvimento médico.

Palavras-chave: Impressora 3D; Fabricação aditiva; Cadeia de suprimento.

ABSTRACT

This paper discusses about 3D printing, also known as rapid prototyping, is a form of additive manufacturing technology where a three dimensional model is created by successive layers of material. Usually are faster, more powerful and easier to use than other additive manufacturing technologies. Offer product developers the ability to print parts in a simple process of some materials with different mechanical and physical properties. Advanced printing technologies allow imitate with almost exact precision the appearance and functionality of product prototypes.

In recent years, 3D printers have become affordable for small and medium businesses, leading to prototyping of heavy industry to the desktop. Furthermore, it is possible to simultaneously deposit different materials. The technology is used in various branches of production, such as jewelry, footwear, product design, architecture, automotive, aerospace and medical industries development.

Keywords: 3D Printing; Additive manufacturing; Supply Chain.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABS	Acrylonitrile butadiene styrene
ALM	<i>Additive Layer Manufacturing</i>
CAD	Computer Aided Design
FDM	Fused Deposition Modeling
RM	Rapid Manufacturing
UV	Ultraviolet

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxo da Cadeia de abastecimento TRADICIONAL.....	14
Figura 2 - Fluxo da Cadeia de abastecimento DIGITAL – IMPRESSORA 3D.....	15
Figura 3 –Foto de uma impressora 3D.....	16
Figura 4 - Violão com partes impressas em 3D.....	22
Figura 5 - Modelos de sapatos feitos inteiramente em impressoras 3D.....	23
Figura 6 - Case para telefone celular impresso já é vendido nos EUA	24
Figura 7 - Skates poderão ser produzidos com ainda mais personalização	25
Figura 8 - Prótese de alta precisão	25
Figura 9 - Peças de roupa inteiras usando software que escaneia corpo	26
Figura 10 - Produto da máquina de chocolate da Choc Edge.....	27
Figura 11 - Brinquedos impressos em 3D	28
Figura 12 - Bicicleta feita de nylon endurecido tão resistente quanto metal.....	28
Figura 13 - Estrutura arquitetônica impressos em 3D	30
Figura 14 - Exoesqueleto robótico customizado impressos em 3D.....	31
Figura 15 - Cadeia tradicional de Manufatura	35
Figura 16 - Cadeia de Fornecimento Digital.....	37
Figura 17 - Benefícios hipotéticos do Supply Chain Digital	39
Figura 18 - Impressora 3D RepRap	43
Figura 19 - Miniaturas de pessoas impressa em 3D	44
Figura 20 - Área de impressão da Shapeways.....	46
Figura 21 - Unhas produzidas na impressora 3 D	48
Figura 22 - - Moldes gerados na impressora 3 D	53
Figura 23 - Produto acabado manufaturados nos Moldes criados na impressora Stratasys	54
Figura 24 - Molde de Sopro Manufaturado em impressora 3D.....	55
Figura 25 - Peças metálicas impressas em 3D	56
Figura 26 - Postiço para refrigeração de Molde plástico	56
Figura 27 - Produto 3D para uso em manufatura final	57
Figura 28 - Processo de modelagem por deposição de material fundido.....	67
Figura 29 - Sistema de jateamento de material.....	68
Figura 30 - O processo de jateamento interno	69
Figura 31 - Laminação utilizando rolos de material do produto e um laser de corte.	70
Figura 32 - Litografia Stereo.....	71
Figura 33 - Sinterização Seletiva a Laser (SLS), utilizando um sistema de 3 bin.....	72
Figura 34 - Fonte de deposição por energia Direta	72
Figura 35 - Drone em decolagem com ajuda de um veículo	76
Figura 36 – Imagem de Drone apresentando as falhas na lavoura	77
Figura 37 - Drone na usina de açúcar	78
Figura 38 - Timeline Drones 1782 à 1940	80
Figura 39 - Timeline Drones 1740 à 1980	81
Figura 40 - Timeline Drones 1780 à 2014	82

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
1. Impressão 3D	16
1.1. O que faz a impressora 3D	16
1.2. Como funciona a impressora 3D	17
1.3. Método de construção na impressora 3D.....	17
1.4. Precisão da impressão de uma impressora 3D.....	18
1.5. Mercado consumidor de produtos impressos em 3D	19
1.6. Perspectivas para o futuro	19
1.7. Diferença entre a tecnologia de impressão 3D e demais processos.....	20
1.8. Quem oferece atualmente as impressoras 3d.....	20
1.9. O que pode ser produzido pela impressora 3D	22
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	34
2.1. Cenário de fabricação	34
2.2. Impressão 3D e o abastecimento digital em cadeia.....	36
2.3. O beneficiamento potencial da cadeia de abastecimento digital	37
2.4. A revolução das impressoras 3D	40
2.5. Liderança em impressão 3D	40
2.5.1. Inspiradas pela MakerBot, <i>startups</i> exploram impressão 3d no brasil...40	
2.5.2. Preços mais acessíveis	41
2.5.3. Educação e economia criativa	41
2.5.4. Futuro da impressão 3D no brasil.....	42
2.5.5. <i>Marketing</i> para impressão 3D.....	44
2.5.6. Impressão 3D sob medida.....	45
2.5.7. Impressão 3D associada ao photoshop.....	47
2.5.8. Impressão 3D e a beleza	48
3. Estudo de caso e aplicabilidade da impressão 3D na cadeia de suprimentos....	49
3.1. Injetoras ARBURG	49
3.2. STRATASYS E ARBURG – <i>Soft tooling</i>	50
3.3. Como a fabricação rápida pode atuar nas cadeias de fornecimento	57
3.3.1. Camada por camada em 3D (ALM)	59
3.3.2. Benefícios comerciais exclusivos.....	59
3.3.3. RM e o ambiente.....	61
3.3.4. Implicações para o futuro.....	63

3.3.5. Usuários da fabricação rápida	65
3.3.6. Visão dos processos de fabricação rápida	66
4. CONCLUSÃO	73
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
ANEXO A – DRONES	76

INTRODUÇÃO

A impressão tridimensional permite manufaturar objetos sólidos a partir de uma impressora 3D e tem o potencial para auxiliar na cadeia de abastecimento global. Impressão 3D ou fabricação aditiva é uma técnica de fazer objetos sólidos a partir de um modelo digital produzido com CAD. Isso é possível por meio de impressoras de partículas que depositam camada por camada de acordo com o modelo digital.

A Impressão 3D surgiu como um conceito no início de 1980, embora o nome de "impressão 3D" foi marcado em 1995 na sequência de uma modificação em uma impressora jato de tinta normal, foi feito por dois estudantes de pós-graduação do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT). Charles W. Hull (Chuck Hull) é identificado como o pioneiro da impressão 3D.

Muitos itens estão sendo feitos com impressoras 3D e todos os dias aparecem mais possibilidades, são projetos de calçados, móveis, peças fundidas de cera para fazer itens de joias, ferramentas, órgãos de humanos, próteses para medicina, carros e brinquedos. No entanto, estes estão em valores decimais da produção global. As indústrias automotiva e de aviação usar impressoras 3D para fazer as peças. Os artistas podem criar esculturas e arquitetos podem fabricar modelos de seus projetos em algumas horas.

Com o sempre tão crescente o custo de combustível e mão de obra, as empresas com longas cadeias de abastecimento têm de lutar nos mercados futuros. De acordo com a *The Economist* em 2012, nos últimos 5 anos os custos trabalhistas chineses subiram em um incrível 20% ao ano. Com o fim da "China barato", seguido por aumentos de custos semelhantes em muitos países trabalhistas historicamente com custo baixo, muitas empresas acreditam agora em " *near sourcing*" ao invés de *outsourcing*.

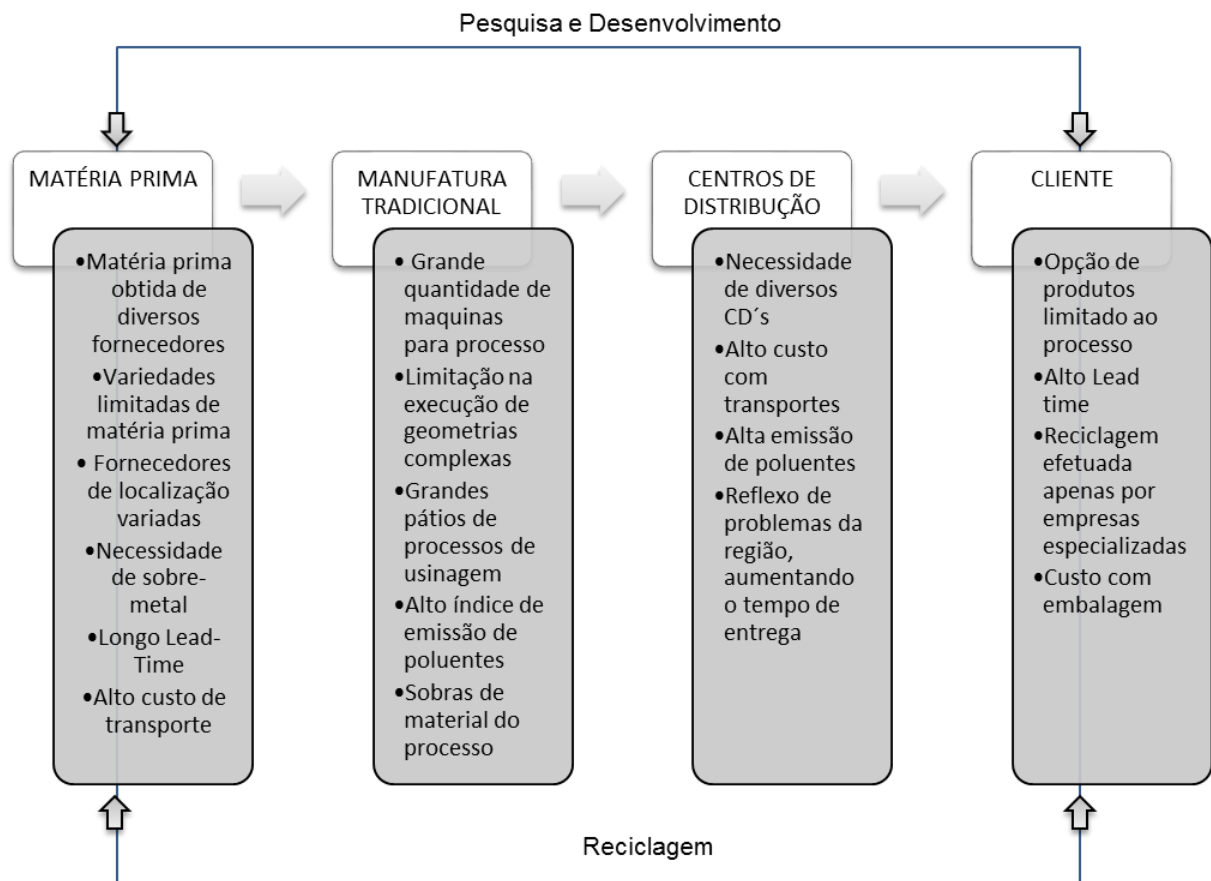


Figura 1 - Fluxo da Cadeia de abastecimento TRADICIONAL

Fonte: Hugo (2014)

A seguir representamos hipóteses de diferenças entre a Cadeia de abastecimento tradicional (Figura 1) e a Cadeia de abastecimento Digital com Impressoras 3D (Figura 2)

Nas novas Cadeias de Fornecimento com a impressão 3D, se os produtos são feitos através de um único processo com máquinas, apenas poucas empresas serão menos trabalhosas. Fabricantes seria tentado a fabricação local mais perto de seus clientes eliminando alguns elos da cadeia de abastecimento tradicionais. Ao reduzir a distância da cadeia de abastecimento produtores podem evitar maiores custos de transporte e à volatilidade dos preços do petróleo.

Mais empresas vão achar que é fácil de se adaptar a *Just in time (JIT)* de produção e técnicas de manufatura enxuta com a ajuda de tecnologia de impressão 3D. Os produtores podem fazer seu processo de produção enxuto com a ausência de estoques de produtos acabados e de trabalhos em curso, como o sistema é capaz

de produzir apenas a pedido de clientes, sem resultar em mais trabalho como a produção é feita com uma só vez.

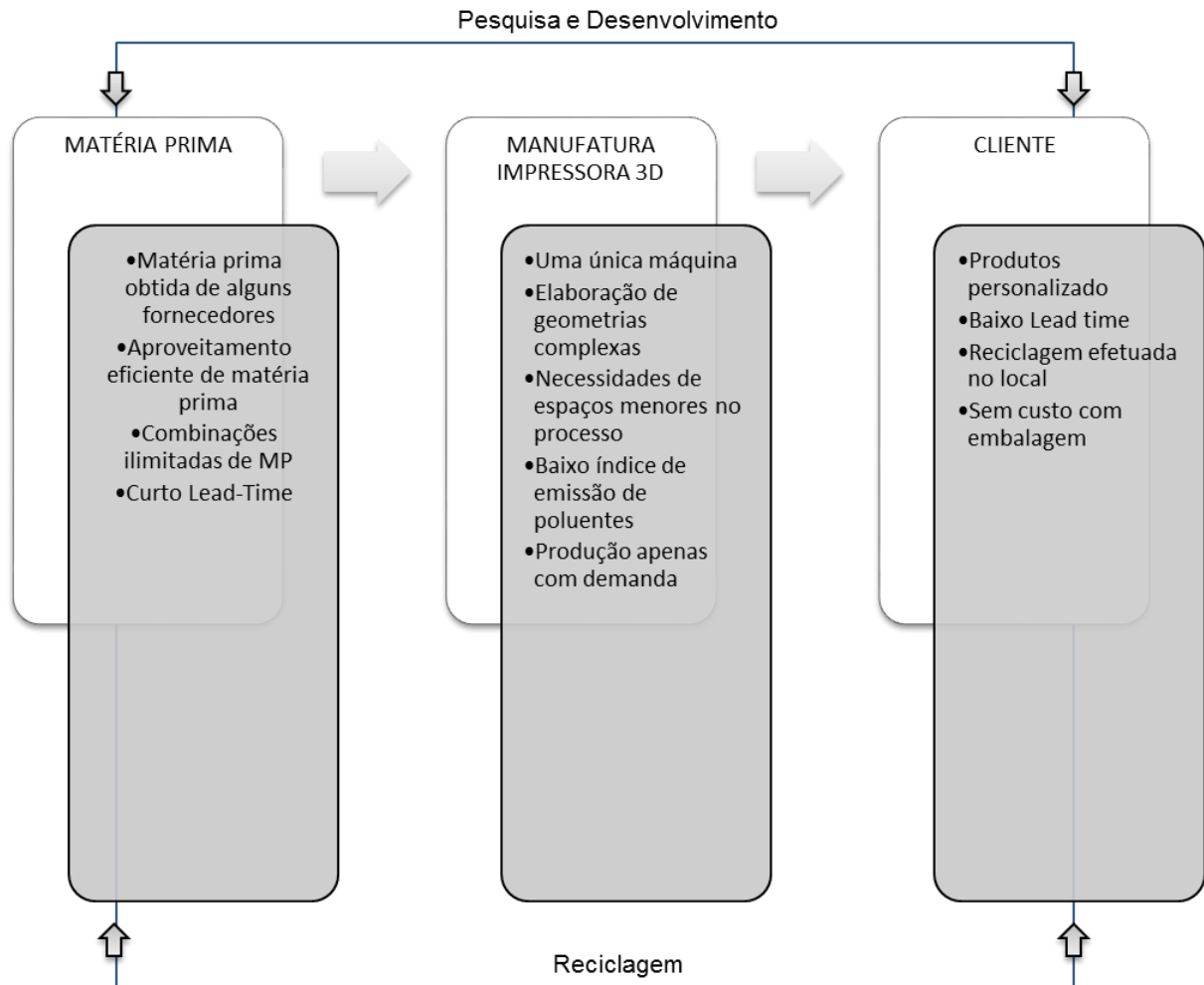


Figura 2 - Fluxo da Cadeia de abastecimento DIGITAL – IMPRESSORA 3D

Fonte: Hugo (2014)

O estudo de caso apresentado fala sobre uma tecnologia de moldes plásticos gerados em impressoras 3D, chamados de *soft tooling* ou ferramentaria leve, e podem ser usados para produzir o primeiro lote de peças injetadas em plásticos como polipropileno, elastômeros, termoplásticos, acetal (POM), ABS, entre outros propõe um estudo de caso de Manufatura Aditiva Direta, isso representa uma produção do produto final com auxílio da impressão 3D.

1. Impressão 3D

1.1. O que faz a impressora 3D

As impressoras 3D são equipamentos que permitem imprimir praticamente qualquer coisa, de brinquedos e bonecos até partes de equipamentos industriais, em apenas algumas horas, conforme demonstra a Figura 3



Figura 3 –Foto de uma impressora 3D

Fonte: cubify.com

Quando se fala em “imprimir”, não se está referindo a uma imagem que pode ser visualizada em três dimensões no papel, mas sim a um objeto realmente construído em 3D, como engrenagens, bonecos de brinquedo, capas para celulares ou até mesmo uma motocicleta em tamanho real. Obviamente, a moto, por exemplo, não seria funcional, mas sim um molde em polímero ou gesso do produto final que será produzido.

O equipamento não é novidade para as grandes indústrias, que já o utilizam na fase de prototipagem há algum tempo, mas sim para o consumidor final. Atualmente, tem ocorrido uma revolução: se antes a maioria das impressoras girava em torno de trinta mil dólares, hoje algumas companhias já ofertam produtos

na faixa dos cinco mil dólares, prevendo para daqui a algum tempo os custos serão inferiores a dois mil dólares. (1)

1.2. Como funciona a impressora 3D

Se antes era necessário primeiro desenhar um produto por meio de várias perspectivas, depois projetá-lo em três dimensões para somente então repassá-lo a um artesão especializado, que seria incumbido da tarefa de produzir o primeiro molde (por preços muito elevados), hoje só é necessário projetar o modelo por meio de um aplicativo que suporte objetos 3D e mandá-lo direto para a impressão. Sem complicações, revisões ou impedimentos.

Desta forma, as fabricantes podem testar e visualizar tudo com mais agilidade e precisão, tendo noção exata de proporções, falhas de projeto, questões de conforto e segurança (ou design) e do próprio funcionamento, economizando na prévia do produto (já que moldes não são mais necessários) e poupando muito tempo, fato que lhes confere uma vantagem competitiva enorme.

Outras duas vantagens notáveis são a completa ausência de materiais tóxicos durante a fabricação e também a facilidade de limpeza e acabamento: ao invés da lixa para a eliminação de excessos e bordas com falhas, é preciso apenas retirar a camada em excesso com uma pinça ou a poeira com uma escova. (1)

1.3. Método de construção na impressora 3D

O conceito de impressão tridimensional é um só, visando sempre à produção de um objeto detalhado com volume e profundidade, entretanto, até mesmo para uma única aplicação existem diversas tecnologias diferentes.

A primeira — e uma das mais tradicionais — consiste na sobreposição de diversas lâminas de polímeros que são coladas por meio do conteúdo de um cartucho especial de cola e cortadas em locais específicos, camada por camada, conferindo a forma final. A cor do material também pode ser escolhida (dentre cerca de cinco opções, incluindo algumas translúcidas), mas deve ser aplicada em toda a peça.

Ao término do processo, o usuário precisa apenas destacar as partes remanescentes do bloco principal.

O segundo método consiste na aplicação de jatos do material em pó por meio de um cartucho de impressão, que são unidos de forma seletiva por outro cartucho

com conteúdo adesivo. Esta é a tecnologia de impressão tridimensional mais rápida existente atualmente, além de ser também a única que permite a aplicação de finalização colorida nos objetos (simulando a pintura).

Uma variação da aplicação de cartuchos utiliza foto polímeros em estado líquido, que são injetados e tratados em camadas por meio de uma lâmpada UV. Aqui entra a combinação entre as cores preta e branca para a criação de tons de cinza, muito populares entre eletroeletrônicos.

Outra mais recente trabalha com materiais sólidos (chamados de ABS), que são aquecidos em uma câmara e fundidos até o ponto de injeção, sendo aplicado então um método similar ao descrito acima. Por tratar com um calor realmente elevado, o objeto construído é imediatamente depositado em uma câmara com água para ser resfriado e finalizado.

Por fim — e voltada especialmente à produção de objetos realmente pequenos — temos a micro fabricação tridimensional em gel, que utiliza *lasers* focados em diferentes pontos e distâncias para tratar o material até um ponto em que ele se torne sólido. Todo o restante que não foi focado é simplesmente lavado ao fim do procedimento, se desprendendo da peça. Componentes com tamanhos inferiores a 100 nanômetros são facilmente produzidos. Outro exemplo, novamente, são as peças interligadas com partes móveis.

Cada um dos métodos citados possui suas próprias vantagens e problemas, cabendo a quem compra o equipamento definir as prioridades e necessidades, dentre questões como: custo dos materiais de impressão, maleabilidade, velocidade de impressão, capacidades (para um usuário ou vários compartilhados), qualidade e resolução (para impressão detalhada) e necessidade de cores. (1)

1.4. Precisão da impressão de uma impressora 3D

Além da finalidade de testes, as impressoras tridimensionais já atingiram um patamar tão avançado que podem construir peças extremamente complexas, já incorporadas umas às outras (montadas, mesmo quando em várias partes e em diferentes profundidades), como garras com movimentos mecânicos, dobradiças e muito mais.

Isto é possível graças à utilização de materiais flexíveis e que não se deformam com o tempo. Outros exemplos assustadores incluem rolamentos com partes redondas e soltas, mas já posicionadas e até mesmo correntes: sem quaisquer emendas, falhas ou marcas de ligação. (1)

1.5. Mercado consumidor de produtos impressos em 3D

Há uma enorme vantagem para todas as empresas ligadas à fabricação de equipamentos ou ainda para as grandes indústrias com a aplicação da tecnologia em impressão 3D. O processo está sendo utilizado por terceiros que visam colocar um produto rapidamente no mercado, ou ainda consumido sob demanda.

Empresas como a Activision (responsável pelo enorme sucesso que é a franquia Guitar Hero) estão aderindo a esta onda, programando para o próximo lançamento que os jogadores possam criar seus *avatares* virtuais (personagens fictícios com características próprias) pelo videogame para depois encomendar versões deles em bonecos de plástico, com direito às mesmas roupas, acessórios e tudo mais.

As próprias guitarras e controles especiais para os aspirantes a astros do Rock já passam por testes nos modeladores do futuro.

Outro exemplo já mais avançado é o da Bandai — a companhia japonesa de desenhos, brinquedos e jogos — que conta com uma série de impressoras 3D de larga escala para fabricar sua linha de bonecos “Gundams”, os quais são redistribuídos pelo mundo todo.

O mais curioso é que os modelos vão desde os tamanhos próximos aos de uma pessoa aos minúsculos, menores que um centímetro, mas ainda assim capazes de reter boa parte de seus detalhes. (1)

1.6. Perspectivas para o futuro

O clássico Matrix — dos irmãos Wachowski — nos defronta com uma realidade na qual as máquinas assumiram total controle e escravizaram os homens. Do ponto de vista da inteligência artificial, há ainda muito a ser estudado e desenvolvido para que possamos sequer chegar a um nível próximo ao mostrado no cinema, mas há outro aspecto da obra que está bem mais próximo.

Com o avanço das impressoras 3D, estas já passam a ser quase autorreplicáveis, podendo produzir mais de 50% de suas próprias partes. É claro que componentes

que envolvem circuitos e placas, além de peças metálicas, ainda não estão em questão, mas tudo é uma questão de tempo. E se elas são capazes de imprimir suas próprias partes, isso significa que muitos outros equipamentos receberão o mesmo tratamento em breve.

A redução de preço para o equipamento foi realmente drástica desde a sua introdução, o que leva a crer em uma rápida popularização da tecnologia que deve invadir também os lares pelo mundo inteiro. E, assim como para a indústria especializada, as vantagens para os consumidores finais seriam enormes.

Não há necessidade também de conhecimento técnico, mesmo na atual forma da tecnologia. O usuário precisa apenas seguir as instruções da colocação dos cartuchos ou do material, abrir um programa compatível (os arquivos mais frequentes têm sido os em formato CAD) e mandar para a impressora, exatamente como é feito para imagens e texto. (1)

1.7. Diferença entre a tecnologia de impressão 3D e demais processos

As impressoras 3D terão um importante papel no desenvolvimento de produtos para pessoas com necessidades especiais. Alguém com uma deformação no pé, por exemplo, poderia ter uma palmilha e um calçado projetado, evitando desconfortos e dores causados pelas fôrmas padrão. Seria necessário apenas rodar o scanner para capturar a imagem já pronta do pé e projetar a superfície baseada nas novas medidas.

Já para os atletas de alto nível, estão em fase de pesquisa calçados e vestes protetoras que, ao invés de projetarem energia em direção ao solo, gerariam impulso ou energia em sentido contrário, garantindo mais embalo e velocidade ou uma resistência maior contra impactos. (1)

1.8. Quem oferece atualmente as impressoras 3d

São inúmeras companhias ao redor do globo, cada uma utilizando seus próprios métodos para a fabricação tanto da tecnologia quanto da impressora. Seguem algumas das opções, seguidas dos respectivos modelos e — quando possível — o processo de aplicação dos polímeros. (1)

a) Objet

A empresa é uma das mais versáteis do mercado, ofertando produtos para praticamente todas as necessidades com três linhas distintas. São elas: Alaris, Eden e Connex. A primeira é a mais compacta de todas (o primeiro modelo que clama ser Desktop), possuindo compatibilidade com processos de fabricação por gel (descrito acima) por meio da tecnologia PolyJet Matrix.

A linha Eden, por sua vez, conta com inúmeros produtos, voltados especificamente para a produção rápida de itens e equipamentos de precisão, bem como prototipagem rápida. Já a Connex, é uma das únicas do mercado a utilizar tecnologia para múltiplos materiais simultaneamente, o que permite objetos de rigidez variável, além de injeção dupla para alta durabilidade.

b) Unique

Apesar do espectro multicolorido que fica por trás das imagens dos produtos, a empresa é séria quando o assunto é impressão tridimensional, colocando praticamente um computador inteiro dentro de cada item para que os projetos possam ser salvos e gerenciados em apenas alguns instantes.

Sua linha de produtos tem tamanho variável para acomodar as diferentes necessidades de seus consumidores, e pode também imprimir todo tipo de aparato. O diferencial principal é a secagem rápida do material uma vez fora da câmara de impressão.

c) Dimension

A companhia carrega em seu slogan a mensagem de que é a número um, tendo como foco principal soluções empresariais e comerciais de médio ao grande porte. São quatro modelos básicos, sendo oferecido ao usuário um sistema de questionário para que ele verifique qual é a melhor solução. A saída delas é de alta precisão, portanto voltada a engenheiros e projetos de peças (até mesmo porque o custo é proibitivo, girando em torno de quinze mil a trinta mil dólares).

d) Desktop Factory

É atualmente uma das companhias com oferta mais barata do mercado: seu modelo de impressora custa cinco mil dólares. Para a construção dos objetos é aplicada tecnologia de camadas, tendo como resultado final objetos fortes e duradouros que podem ser aquecidos, pintados ou lixados, mas que não necessitam de reforço posterior.

e) Fabjectory

Diferentemente de todas as concorrentes listadas até agora, a Fabjectory não é uma companhia especializada na produção de impressoras tridimensionais, mas sim um serviço que visa transformar objetos virtuais (a exemplo dos *Miis*, do Nintendo Wii, ou dos personagens de “Second Life”) em bonecos e brinquedos.

1.9. O que pode ser produzido pela impressora 3D**a) Instrumentos musicais**

Violões que funcionam relativamente bem já foram criados utilizando a tecnologia e não tardará até que qualquer instrumento musical possa ser criado usando modelos baixados na internet, conforme demonstra a Figura 4.



Figura 4 - Violão com partes impressas em 3D

Fonte: Reprodução / Cubify.com

O violão da Figura 4 teve o corpo criado pela SinsterStation Pro, usando um processo parecido com as fábricas comuns de instrumentos musicais. Os detalhes em metal também foram impressos.

b) Sapatos

Já podem ser facilmente criados em impressoras 3D sapatos com salto, de qualquer cor, tamanho ou modelo. Alguns modelos podem ser vistos na Figura 5.



Figura 5 - Modelos de sapatos feitos inteiramente em impressoras 3D

Fonte: Reprodução / Hongkiat

O par de sapatos mostrado na Figura 2 foi criado pelo designer Pauline Van Dongen utilizando um processo de sinterização a laser de nylon.

c) Case para telefone celular

Não há dúvida de que o mercado de cases para telefone celulares é um sucesso. Eles vendem muito, por um simples motivo: todos querem deixar seus aparelhos com a sua cara. Será muito interessante quando os consumidores puderem criar seus próprios cases em casa e terem vários modelos, um para cada ocasião.

Já há pessoas inclusive criando novos modelos de case e vendendo na internet, mas isso deverá mudar um pouco assim que as impressoras ficarem mais baratas.

Deve-se observar, na Figura 6, um case de iPhone desenhado pela designer Janne Kytanen, e conta com um porta-cartões. A impressora utilizada foi a Cube, disponível para venda no Brasil.



Figura 6 - Case para telefone celular impresso já é vendido nos EUA

Fonte: Reprodução / Hongkiat

d) Skate

Skatistas deverão se tornar uma tribo especialmente fanática por impressão 3D. Afinal, eles sempre personalizaram seus skates, o que deverá ser potencializado pelo uso dessa nova tecnologia. Observe na Figura 7 o skate construído usando uma base feita na impressora Objet30.



Figura 7 - Skates poderão ser produzidos com ainda mais personalização

Fonte: Reprodução / Fubiz

e) Próteses

Na medicina as aplicações são infinitas. Próteses perfeitas como a da Figura 8 já podem ser criadas usando a tecnologia *Fused Deposition Modeling* (FDM), da Stratasys. Usando materiais biocompatíveis, é possível fazer impressões com escalas e geometria perfeitas.



Figura 8 - Prótese de alta precisão

Fonte: Reprodução / Hongkiat

f) Roupas

No futuro próximo, vai ser possível ter um guarda-roupa quatro vezes menor que o atual, considerando que uma impressora 3D poderá criar qualquer peça de roupa, bastando que se faça o *download* da roupa pela Internet.

Os modelos da Figura 9 foram criados pelo designer Jiri Evenhuis, utilizando um software para mapear o corpo e criar peças de roupa sem a necessidade de linhas e agulhas com a impressora Mobius.



Figura 9 - Peças de roupa inteiras usando software que escaneia corpo

Fonte: Reprodução / Ecoterre

g) Chocolate

Com a tecnologia de impressão 3D será possível até mesmo criar chocolate em casa, ou abrir seu próprio negócio vendendo doces sem precisar ser bom cozinheiro.

A impressora da Choc Edge acumula chocolate nos cartuchos e, quando em funcionamento, consegue criar qualquer forma que se possa imaginar. Observe o produto através da Figura 10.



Figura 10 - Produto da máquina de chocolate da Choc Edge

Fonte: Reprodução / Choc Edge

h) Brinquedos

Esta é definitivamente a categoria que menos exige investimento. Para criar brinquedos não são necessários materiais caros ou impressoras 3D especiais para lidar, por exemplo, com alta precisão.

A Cubify é uma das empresas que está investindo nesse segmento, possibilitando a criação de brinquedos similares ao Lego. Cenários inteiros vindos da imaginação de crianças e adultos poderiam ser criados a partir de modelos para a impressora Cube.

Cubify aposta no mercado de brinquedos impressos em 3D. Figura 11



Figura 11 - Brinquedos impressos em 3D

Fonte: Reprodução / Cubify

i) Bicicletas

O consumidor poderá criar sozinho uma bicicleta como a Airbike, criada utilizando uma impressora 3D e um processo de finalização com *laser* para deixar a estrutura mais resistente. Segundo os criadores, do Grupo de Defesa Aeroespacial Europeu, o veículo é 65% mais leve que bicicletas comuns, e consegue ser tão forte quanto alumínio ou ferro, Figura 12.



Figura 12 - Bicicleta feita de nylon endurecido tão resistente quanto metal

Fonte: Reprodução / Policymic

j) Impressoras 3D

Há um projeto já em curso para construir uma máquina que conseguiria criar outras impressoras 3D. A FABtotum tem a precisão de 0,47 microns, capaz de fabricar filamento fundido para construir 'irmãs', aumentando as possibilidades principalmente de negócios com esse tipo de tecnologia.

k) Carros

O apresentador do programa de televisão americano "The Tonight Show", Jay Leno é fã de carros antigos. Em sua garagem, são mais de cem. Mas o *hobby* tinha um empecilho: peças antigas são raras, quando não inexistentes. Então, Leno resolveu imprimir partes de seu Stanley Steamer 1909, um calhambeque movido a vapor. Isso aí, imprimir. Ressuscitou o carro com uma impressora 3D. Não à toa, o setor automotivo é dos que mais investem na tecnologia, diz Luiz Fernando Dompieri, diretor-geral da fabricante de protótipos 3D Robtec. E as impressoras não vão só dar vida aos clássicos, como um Jurassic Park automobilístico. Em 2011, o Urbee foi lançado como o "primeiro automóvel impresso em 3D" - embora só a carroceria tenha sido feita assim. É o mesmo caso do Areion, carro de corrida feito por um grupo de estudantes de engenharia belgas. Ele tem velocidade máxima de 140 km/h. Nada mal. "Tentaremos fazer um carro por ano, mas não há planos para uma escala industrial", diz Joris Aerts, chefe da Formula Group T, a equipe do Areion, que corre em competições universitárias. (3)

l) Casas

Quando era pequeno, assim como tantas outras crianças de tantas gerações, o italiano Enrico Dini construía castelos de areia. Em 2007, já adulto, criou uma mega impressora 3D que usa areia e uma cola à base de magnésio para fazer casas. Não há nada de concreto, aço ou metal na obra. A D-Shape monta estruturas de até 6 metros por 6 metros, e a construção demora até quatro vezes menos tempo do que pelo método tradicional. No futuro, Dini pretende construir abrigos para sobreviventes de catástrofes e casas populares para população de baixa renda. Mas sua pretensão vai muito mais

longe. Ele quer fazer casas na Lua e ajudar a concluir as obras da basílica da Sagrada Família, em Barcelona. Figura 13 (3)

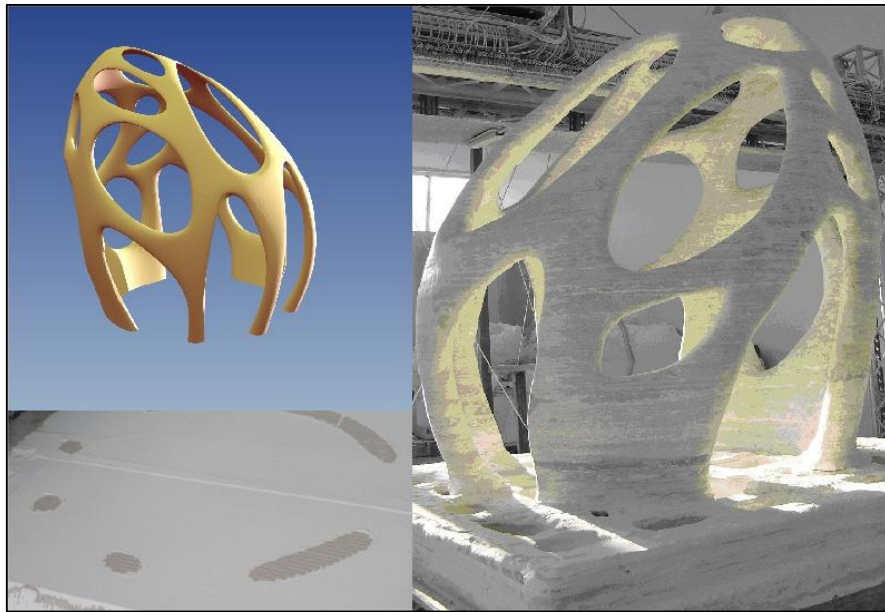


Figura 13 - Estrutura arquitetônica impressos em 3D

Fonte: biomimetic-architecture.com/

m) Impressão de “braços mágicos”

Com dois meses de vida, Emma LaVelle foi diagnosticada como portadora de artrogripose múltipla congênita, síndrome que provoca a atrofia das articulações e compromete os movimentos. Em outras palavras, ela não conseguia levantar os braços. Paciente do hospital pediátrico Alfred I. duPont, em Wilmington, Estados Unidos, ela tinha de usar uma pesada armadura que a obrigava a andar como um androide. Foi então que dois pesquisadores do hospital, Whitney Sample e Tariq Rahman, desenvolveram o Wrex. Trata-se de um exoesqueleto robótico customizado, feito de plástico. Um "braço mágico", como a própria Emma chama. Mais simples, mais barato. Quando ela, hoje com dois anos, cresce ou quebra alguma peça, é só imprimir uma nova. "Hoje em dia, tudo o que você imaginar pode ser impresso em 3D. No campo das próteses ortopédicas, então, as possibilidades são infinitas", diz Sample. Figura 14 (3)



Figura 14 - Exoesqueleto robótico customizado impressos em 3D

Fonte: assets.inhabitat.com/

n) Impressão de ossos

Se depender da química Susmita Bose, da Universidade Estadual de Washington, nos EUA, a bota de gesso, que já foi muito popular entre esportistas mirins, vai virar peça de museu. Dentro de dez anos, um osso artificial sob medida segurará as pontas enquanto o natural se recupera da fratura. A técnica já foi testada em ratos e coelhos e os resultados foram promissores. A princípio, Bose usou fosfato de cálcio, mas logo reforçou o material com silício e zinco, o que duplicou a resistência do osso de laboratório. Mas como isso vai funcionar na prática? Quando a pessoa der entrada no hospital, o médico providenciará uma tomografia da área lesionada, criará um arquivo com o molde a ser impresso e, em seguida, imprimirá um osso provisório. Quando ele for colocado junto com o osso natural, a tendência é que o artificial funcione como uma prótese, o que ajuda o osso original a se recuperar. "O osso biológico tende a funcionar melhor em áreas do corpo humano que suportam pouca carga", explica Bose. Quando o osso biológico se recuperar da lesão, o indivíduo não vai precisar mais voltar ao ortopedista para tirar o gesso. O osso artificial vai se dissolver sozinho, sem deixar vestígios ou provocar danos ao organismo. (3)

o) Impressão de remédios

"E se, em vez de objetos, imprimíssemos moléculas?" Essa é a pergunta que veio à mente do químico Lee Cronin, da Universidade de Glasgow, Escócia, durante conferência sobre o uso do 3D na arquitetura. Logo, ele bolou um jeito de aplicar a tecnologia na criação de remédios. Quando acordar de ressaca, planeja Cronin, em vez de ir à farmácia comprar um analgésico, basta imprimi-lo - em casa. Em pouco tempo, ele desenvolveu o Chemputer, em que moléculas de carbono, hidrogênio e oxigênio fazem as vezes de tinta da impressora. Em 2012, ele começou com medicamentos relativamente simples, como o anti-inflamatório Ibuprofeno, que ainda está em fase de testes. Bem-humorado, Cronin admite que o conceito de impressão 3D de remédios continua no estágio da ficção-científica, mas já vislumbra possibilidades humanitárias, como a impressão e distribuição de remédios em áreas de conflito militar ou em cidades ameaçadas por epidemias. Mas, e se, no futuro, mentes inescrupulosas resolverem fabricar drogas em casa? Para Cronin, criminosos não precisam de impressoras 3D para falsificar remédios e produzir drogas. "Se alguém quiser, já pode fazer drogas em sua casa usando produtos químicos". (3)

p) Impressão de tecidos do corpo

Bioimpressão. Esse é o nome dado à técnica de impressão 3D que reproduz partes do corpo, como veias, cartilagens e pele. Graças a ela, será possível, em alguns anos, imprimir tubos que serão usados como artérias em cirurgias de ponte de safena, cartilagens fabricadas sob encomenda para recompor articulações de um joelho lesionado ou enxertos de pele para recuperar vítimas de queimaduras. "A impressão 3D já provou seu valor ao recriar uma variedade de tecidos anatomicamente idênticos aos naturais", diz Michael Renard, vice-presidente da Organovo, empresa responsável pela criação da primeira bioimpressora 3D, em 2010. "Em pouco tempo, esses tecidos vivos funcionais poderão fazer a diferença no estudo de patologias ainda pouco conhecidas e, principalmente, na avaliação da eficácia e segurança de drogas ainda em fase de testes", prevê. A tendência é que a bioimpressão decreta o fim da utilização de ratos, coelhos e outros bichos na pesquisa clínica. (3)

q) Impressão de vacinas

"Tudo o que eu previ aconteceu". A frase é do geneticista americano Craig Venter. Considerado o pai do projeto Genoma, ele sequenciou o código genético humano e comandou o experimento que criou, pela primeira vez, uma célula viva e sintética, em 2010. Vida de laboratório. Agora, ele prevê a criação de uma impressora capaz de produzir vacinas. Já imaginou? Em época de campanha de vacinação, você acessa o site do Ministério da Saúde, faz *login* e baixa uma vacina para gripe, pólio ou hepatite B. Na teoria, tudo parece fácil e revolucionário. Mas, na prática, o método precisa ser seguro e eficaz. Caso contrário, um equívoco qualquer pode causar estragos bem maiores do que um HD danificado. "Será necessária uma legislação limitando a utilização deste tipo de equipamento para determinados usos. Cabe até aos fabricantes impor limites via *software* ou *hardware*", diz Rodrigo Krug, diretor da fabricante de impressoras 3D Cliever. (3)

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Cenário de fabricação

Há uma grande agitação em torno de impressão 3D (também conhecida como fabricação 3D ou fabricação aditiva em seus termos mais amplos) em tecnologia de impressão de hoje. A crescente importância da produção em 3D é reforçada pelo discurso inaugural do presidente Barack Obama no início deste ano, em que o mesmo citou a impressão 3D como um fator chave da vantagem competitiva futura da América. Hoje, vemos com frequência notícias sobre como a impressão 3D vai colocar fabricação e design de produto personalizado nas mãos do consumidor. Algumas pessoas observam isso como simplesmente esperança para o futuro. Em vez disso, a fabricação 3D tem potencial muito real para mudar completamente a nossa forma de pensar sobre cadeia de suprimentos, operações de serviços e distribuição de varejo. De acordo com Paul Brody, vice-presidente e líder da indústria global de Eletrônica IBM, a impressão 3D pode representar um enorme valor em negócios, especialmente quando considerada em conjunto com a robótica avançada e uma cadeia de abastecimento ligado colaborativo.

A indústria de eletrônicos de consumo é uma grade área de testes para a exploração do impacto transformador de fabricação 3D na cadeia de suprimentos como a conhecemos hoje. Muitos dos desafios da indústria de eletrônicos de consumo são oportunidades ideais para a utilização desta tecnologia a fim de geração de valor. As mais importantes empresas de eletrônicos da atualidade são capazes de produzir e montar seus produtos em regiões econômicas que apresentam os mais baixos custos de trabalho, além de executar com excelência operacional com base na "fabricação tradicional", observando o modelo da cadeia de suprimentos. No entanto, a cadeia de abastecimento atual é estruturalmente inchada com prazos, custos e riscos. Fatores externos como o aumento do custo de transporte devido ao aumento do custo do petróleo, além das dificuldades impostas pelas políticas comerciais em mercados-alvo afetam o aumento do custo de entrega de produtos aos consumidores. Como esperado, estes fatores reduzem as margens de lucro em toda a indústria.

Para compreender o valor potencial da impressão em 3D, é preciso desafiar os modelos "tradicionais" de cadeia de fornecimento e distribuição. Isso será feito comparando o modelo "tradicional" com um modelo de Cadeia de Suprimentos

Digital que utiliza a impressão 3D e colaboração em conexão. O conceito de *Digital Supply Chain* considera ainda as tendências em rápida evolução e maturação de robótica avançada para automação de fábrica e *hardware open source* para o chão de fábrica de baixo custo no futuro. (2)

A empresa típica de eletrônicos de consumo fica em uma carteira de fornecedores que fornece componentes acabados entregues a um ponto de fabricação/montagem de produtos de uma empresa. Uma vez que o produto é fabricado, é então distribuído através de uma rede de centros de distribuição regionais e locais para obter os produtos da empresa para os seus pontos de venda ou compra. Deve-se observar a imagem da cadeia tradicional na Figura 15.

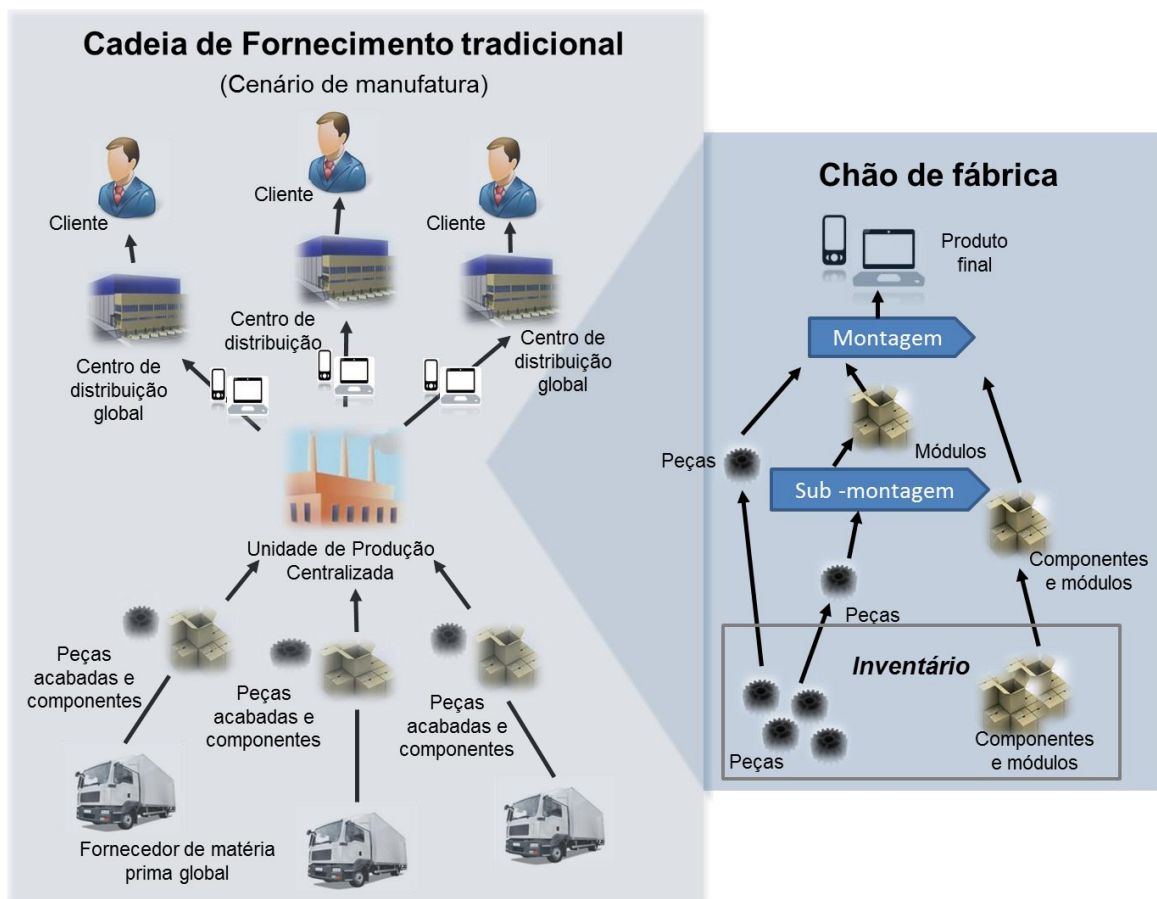


Figura 15 - Cadeia tradicional de Manufatura

Fonte : Maxwell B. (2014)

O principal desafio para as empresas de eletrônicos é otimizar a oferta e a demanda para minimizar os custos de estoque (custo de transporte), otimizando a receita, tornando o produto disponível a qualquer hora e em qualquer lugar no qual é

exigido. Quanto menor a quantidade de inventário estacionada, em geral, melhor para o balanço e fluxo de caixa. Este desafio tornou-se cada vez mais difícil para as empresas de eletrônicos. Em um esforço para preservar as margens, considerando potencialmente aumento de outros custos e riscos, incluindo prazo de entrega, custos de transporte, os desafios de qualidade e risco geopolítico com a equação da cadeia de suprimentos. Como as taxas de trabalho na China e Índia continuam a subir, os benefícios da terceirização *offshore* e produção estão diminuindo. (2)

2.2. Impressão 3D e o abastecimento digital em cadeia

O *Supply Chain* Digital tem o potencial de transformar a cadeia de suprimentos dinâmica que as empresas de eletrônicos de consumo lidam hoje, reduzindo ou eliminando a considerável arbitragem trabalhista para fornecimento e fabricação que acrescentam grandes prazos de entrega, além de custo e risco para a cadeia de abastecimento.

No modelo de *Supply Chain* Digital, existem três elementos-chave que conduzem a benefícios:

1. Base local de fabricação 3D: proporciona economia de escopo, com a sua capacidade de fabricar uma ampla gama de peças;
2. Robótica avançada: fornece montagem mais facilitada, usando tecnologias inteligentes, robôs que aprendem que podem realizar tarefas humanas;
3. Eletrônica *Open Source*: fornece elementos programáveis, componentes eletrônicos *open source* (Arduino, Netduino).

Na cadeia de abastecimento Digital, o fornecedor não é mais o responsável pelos bens acabados. Passará a fornecer matérias-primas que serão distribuídas para fábricas equipadas com impressoras 3D que produzirão peças sob encomenda para serem usadas na montagem do produto final. Desta forma, alivia-se o custo de transporte característico do modelo de cadeia de fornecimento "tradicional". As empresas serão capazes de descentralizar sua fabricação e fornecimento de seus canais de distribuição. Estes poderão estar mais perto do ponto de venda. Esta mudança na dinâmica da cadeia de suprimentos promete vantagens significativas. (2)

Pode-se observar, na Figura 16, o Supply Chain Digital

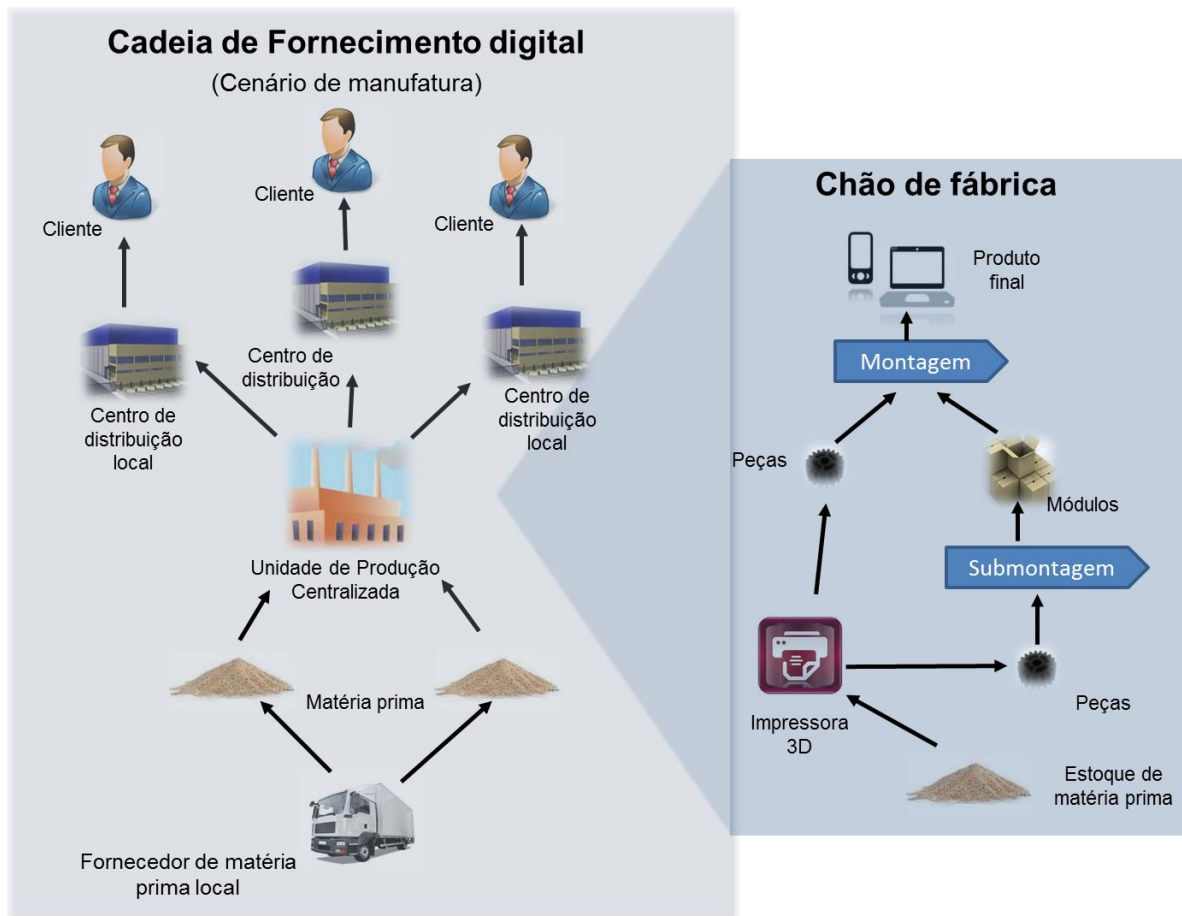


Figura 16 - Cadeia de Fornecimento Digital

Fonte : Maxwell B. (2014)

2.3. O beneficiamento potencial da cadeia de abastecimento digital

A hipótese de benefício para a Cadeia de Suprimentos Digital sugere cinco principais oportunidades para a redução de custos e riscos associados ao modelo de cadeia de fornecimento "tradicional". Em primeiro lugar, a possibilidade de impressão 3D para mudar o mix de estoque de produtos acabados de matérias-primas pode reduzir o custo total de transporte em toda a cadeia de abastecimento. As matérias-primas representam um perfil de custo de estoque muito menor do que produtos acabados. Além disso, o custo de transportar peças adquiridas de um fornecedor como produtos acabados pode ser adiado por fabricar uma peça ou componente, quando e onde é exigido usando uma impressora 3D.

Em segundo lugar, o *Supply Chain* Digital tem a capacidade de eliminar uma quantidade significativa de custos de transporte da cadeia de abastecimento, eliminando as questões trabalhistas, importação e outros custos - permitindo às empresas fabricar de forma econômica as suas próprias peças localmente utilizando matérias-primas de origem local. Consequentemente, a impressão 3D vai reduzir prazos associados às peças e componentes de abastecimento de regiões geográficas diferentes, reduzindo, assim, as saídas de ações, o que poderia impactar a receita e, potencialmente eliminando os requisitos de estoque de segurança e os custos de inventário associados.

Em terceiro lugar, fábricas equipadas com baixo custo de montagem de robôs avançados podem reduzir equipamentos e mão de obra, reduzindo o custo do erro humano no processo de fabricação. Componentes fabricados localmente podem ser montados em produtos acabados com pouca intervenção humana. Além disso, a fabricação automatizada permitirá às empresas melhorarem o tempo de chegada ao mercado, reduzindo a montagem, tempo de entrega e tempos de ciclo.

Um quarto benefício de fabricação 3D é economia de objetivo final, o que, consequentemente, permite que as empresas realizem economias de escala na personalização de peças. Impressoras 3D são capazes de fabricar peças personalizadas dentro dos limites funcionais, reduzindo os tempos de ciclo e custos de reequipar o equipamento no chão de fábrica e proporcionando agilidade de produção. As empresas não precisam mais depender de peças padrão para obter economias de escala. A habilidade de usar peças personalizadas de uma forma financeiramente competitiva permite que a equipe de engenharia de produto de uma empresa construa produtos que não são limitados pela economia, resultando na capacidade de criar projetos sob medida.

Finalmente, as empresas podem aproveitar os benefícios da fabricação em 3D para reduzir o custo e desperdício associado à produção de sucata. Impressoras 3D fabricam objetos criando camadas sucessivas do produto, com base em um modelo digital. O volume de material utilizado é o volume de material que vai para a manufatura do objeto. Como resultado, a fabricação aditiva, utilizando a impressão 3D, resulta em zero sucata. A não existência de sucata também tem benefícios ambientais significativos que podem ajudar uma empresa a melhorar a sustentabilidade de suas operações de fabricação. (2) Pode-se observar, na Figura 17, os benefícios hipotéticos do *Supply Chain* Digital.

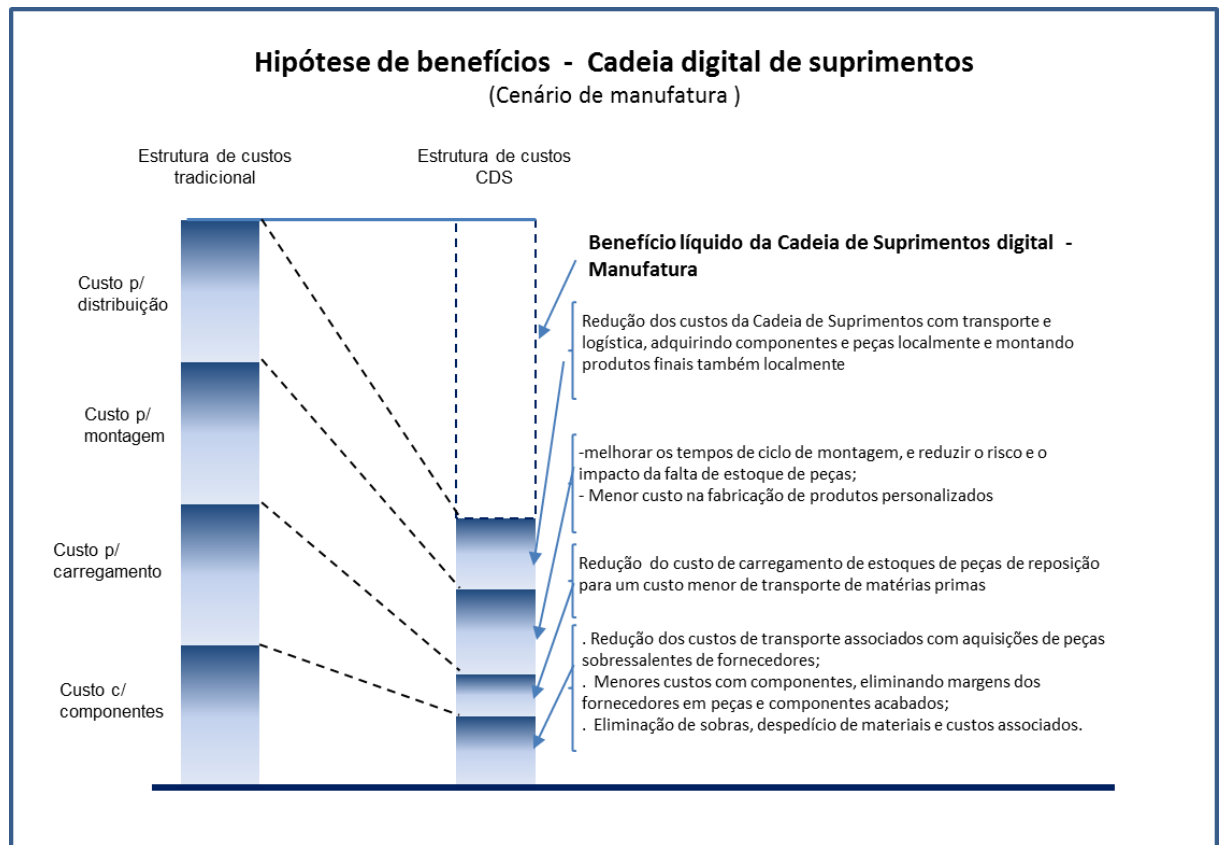


Figura 17 - Benefícios hipotéticos do Supply Chain Digital

Tendo o sentido qualitativo de como *Supply Chain* Digital pode beneficiar a cadeia de suprimentos como a conhecemos hoje, a questão permanece - como vamos estruturar nosso pensamento em torno dos benefícios potenciais de *Supply Chain* Digital? O diagrama mostrado na Figura 12 fornece uma comparação de uma estrutura de custos da cadeia de suprimentos "tradicional" para a fabricação de uma estrutura hipotética por *Supply Chain* Digital. O benefício líquido hipotético de uma Cadeia de Suprimentos Digital vem da redução em quatro categorias de custos: custos de distribuição, custos de montagem, custo de transporte (custo de inventário) e custo de componentes (fornecedor de matéria prima para impressão). Embora o modelo de benefícios seja simples, ele deve dar a todos nós uma sensação de como exibir o valor da impressão 3D e seu potencial para transformar a cadeia de abastecimento hoje na cadeia de abastecimento Digital de amanhã.

Através da comparação, observa-se que *Supply Chain* Digital é uma visão de futuro. Ele posiciona a tecnologia de impressão 3D na vanguarda da transformação do negócio. Os benefícios hipotéticos de *Supply Chain* Digital e fabricação 3D têm

o potencial de transformar a forma como pensamos de fabricação, distribuição e, finalmente, o negócio. (2)

2.4. A revolução das impressoras 3D

Em 1984, Charles Hull fez a primeira impressora 3D, que, em vez de tinta no papel, construía objetos camada a camada. Mas foi nos últimos anos que ela evoluiu e barateou. E a revolução começou. (3)

2.5. Liderança em impressão 3D

A Shapeways, um serviço de impressão 3-D e mercado *on-line*, já foi descrita como a Amazon da impressão 3-D por conta do seu modelo de negócio sob encomenda, e não apenas pelo seu volume de produção descomunal: as máquinas produzem cerca de 120 mil objetos por mês, um fluxo corrente de projetos que vão do mundano ao surpreendente. A primeira coisa que Duann Scott faz quando chega à fábrica da Shapeways, no Queens, EUA, é verificar as pilhas de caixas amarelas em uma sala toda branca que lembra o interior de uma nave espacial, e contêm as últimas impressões que saem das máquinas. Recentemente, uma busca rápida pelas caixas revelou um par de óculos flexíveis de armação preta, uma maquete de um biplano, um anel de bronze cheio de detalhes, vagões de trens de plástico suficientes para formar uma ferrovia em miniatura e uma estatueta de duas minúsculas mulheres roxas sobre trapézios também roxos e minúsculos. Scott geralmente não faz a menor ideia de como serão usadas essas coisas. Mas isso não diminui o sorriso que abre ao olhar um por um. (4)

2.5.1. Inspiradas pela MakerBot, startups exploram impressão 3d no brasil

Com vendas anuais na casa de centenas de unidades, Cliever e Metamáquina fornecem produtos principalmente para universidades e para a indústria criativa. Sony, Samsung e LG são alguns dos grandes nomes de tecnologia que sempre se destacam na CES, maior feira de tecnologia do mundo. Na edição deste ano, porém, elas tiveram a companhia de uma empresa bem mais nova. A fabricante de impressoras 3D MakerBot atraiu centenas de jornalistas à sua coletiva de imprensa, na qual apresentou novos modelos. (5)

2.5.2. Preços mais acessíveis

Ainda longe da realidade da MakerBot, alguns startups tentam explorar o mercado de impressão 3D no Brasil. Uma delas é a Cliever, de Porto Alegre (RS), que fornece máquinas para empresas, faculdades e, ocasionalmente, pessoas físicas. “Um de nossos clientes era médico e me explicou que muitas pessoas reclamavam do nariz após a cirurgia, pois quase não notavam a diferença do anterior. Então ele comprou a impressora para digitalizar o rosto do paciente e imprimir em 3D o nariz original e dar de presente, como um souvenir”, conta Rodrigo Krug, de 27 anos, que comanda a Cliever.

Fundada oficialmente em 2012, a *startup* que nasceu na PUC do Rio Grande do Sul recebeu, no final do ano passado, aporte financeiro de um grupo de investidores nacionais. Hoje, instalada na Tecnopuc – parque tecnológico da universidade em que Krug ainda cursa engenharia de controle e automação –, a Cliever conta com nove pessoas. A empresa fechou 2013 com 250 máquinas vendidas e se prepara para exportar para a América Latina em 2014. (5)

2.5.3. Educação e economia criativa

O bem-humorado cirurgião plástico é um caso atípico. A indústria criativa é o principal cliente da Cliever ao lado de universidades, que compram o equipamento para uso dos alunos de cursos como design, engenharia de produto, arquitetura e outros tantos. Hoje, são 80 máquinas só em instituições de ensino. Empresas como Embraer, Intelbras, Nissan, Renault e Randon, que fazem protótipos com certa frequência, também fazem parte da sua carteira de clientes.

A impressora da Cliever é a CL-1. Ela custa R\$ 4.650, imprime volumes de até 18 cm x 18 cm x 10 cm e está disponível em três cores. A máquina é compatível com qualquer software de modelagem 3D, mas vem com o seu próprio embarcado. A impressão é feita a partir de um filamento plástico, PLA (biodegradável) ou ABS (reciclável), disponível em até 28 cores. A máquina tem ainda suporte e garantia nacional de seis meses. Segundo Rodrigo Krug, a demanda já é maior que a produção.

A meta da empresa é chegar a mil máquinas até o final do ano. Diminuir o preço também está nos planos: ele quer reduzir o valor final à metade. Por isso, trabalha com fornecedores para desenvolver soluções nacionais e importar o mínimo

possível, reduzindo o impacto da carga tributária. Na opinião de Krug, o “custo Brasil” ainda é um dos maiores obstáculos para empreender no País.

Por enquanto, fabricantes de fora como a MakerBot não ameaçam o seu negócio, pois as máquinas chegam ao Brasil com preços exorbitantes, tanto pela conversão do dólar quanto pela incidência de impostos. O primeiro modelo da Cube, da 3D Systems, vendido na Saraiva, custa R\$ 6.398,00. No Mercado Livre, os preços de uma MakerBot variam de R\$ 4.690 a R\$ 11.890, dependendo do modelo. (5)

2.5.4. Futuro da impressão 3D no brasil

Quanto ao futuro da impressão 3D no Brasil, Krug tem dúvidas se a terceirização da impressão de objetos impressos pegaria, como acontece hoje com a impressão tradicional. Otimista, ele acredita que as pessoas físicas vão ter suas máquinas em casa: “as pessoas gostam da personalização, daquela coisa olha, mãe, fui eu que fiz”, comenta.

A imaginação de Krug vai mais longe: “Eu penso em empresas como a Ikea e a Tok Stok vendendo modelos de objetos em seus sites para os clientes imprimirem em casa. Quebraria toda uma cadeia produtiva, imagina só”, diz, otimista.

A Cliever não está sozinha no mercado brasileiro. Apresentada no mesmo dia em que a CL-1 na Campus Party de 2012, a Metamáquina também já tem seus clientes e está empenhada em fazer seu negócio crescer. A principal diferença é que a Metamáquina nasceu em um contexto bem diferente. Na faculdade Politécnica da USP, em São Paulo, Felipe Sanches, de 30 anos, e Rodrigo Rodrigues da Silva, se conheceram graças ao interesse mútuo por *software* livre. Mais tarde, juntaram-se a eles outro sócio, Felipe Moura.

Eles foram responsáveis pela criação do Garoa Hacker Club, um *hackerspace* (laboratório comunitário) que incentiva a troca de conhecimentos sobre diversas áreas da tecnologia. Segundo conta Sanches, na nova sede da empresa, junto ao Fab Lab no centro de São Paulo, a ideia de fazer uma impressora 3D nasceu da vontade de colocar em prática os princípios do *software* e do *hardware* livre.

“Na mesma lógica de fazer dinheiro com *software* livre”, conta Sanches, que gosta de reforçar que isso é possível sem trair os princípios do movimento, “nós pegamos um projeto de impressora 3D, livre, que estava quase lá, fizemos algumas inovações incrementais, fechamos uma lista de componentes e fizemos”. A Metamáquina é baseada em um projeto livre inglês chamado RepRap, de

impressoras 3D autor replicantes (uma é usada para imprimir a outra). Conforme Figura 18

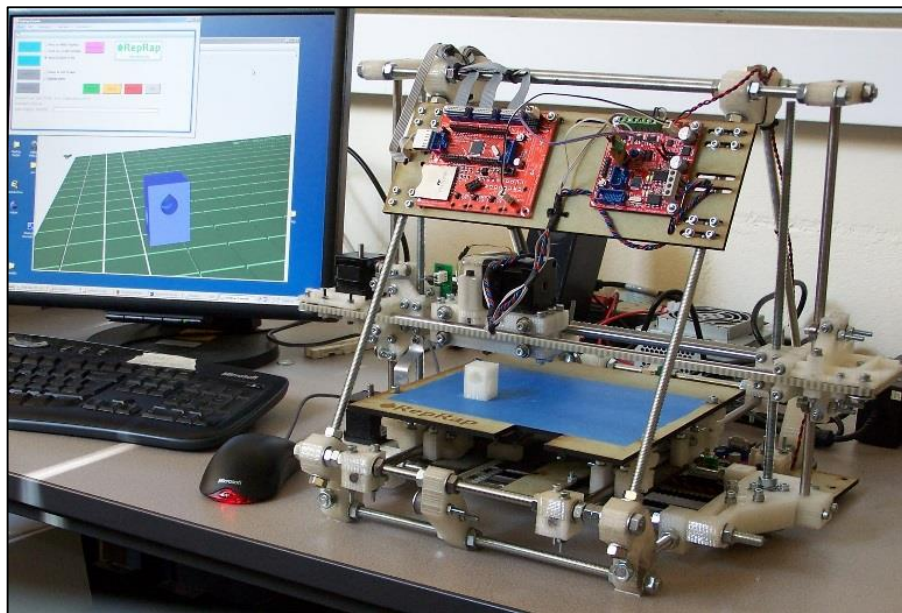


Figura 18 - Impressora 3D RepRap

Fonte: en.wikipedia.org

Enquanto Rodrigo Krug, da Cliever, tomou empréstimo em banco para fundar sua empresa, os sócios da Metamáquina recorreram ao *crowdfunding* para arrecadar o investimento inicial de R\$ 30 mil. Desde 2012 foram vendidas 150 máquinas, levando em conta todos os modelos. No momento, Sanches prefere não falar de modelos, preços, nem abrir a estratégia de negócios.

A empresa que hoje conta com cinco pessoas, incluindo os sócios, está no meio de mudanças estratégicas. Mas ele concorda com Rodrigo Krug em um ponto a respeito de começar um negócio: a maior dificuldade são os impostos.

Sanches acredita que, além do consumidor final, o futuro da impressão 3D possa estar nas lojas de serviços gráficos. Ele crê que no futuro pode haver impressora 3D em uma loja de serviços gráficos, como ocorre hoje com máquinas de fotocópia. Os clientes da Metamáquina não divergem muito dos da Cliever: indústrias que fazem prototipagem, assim como as universidades que compram o equipamento para disciplinas específicas e laboratórios.

“Eu tenho a impressão de que 2014 é um ano bombástico. As pessoas estão cada vez mais tendo consciência da existência da impressão 3D e é cada vez mais comum as pessoas chegarem aqui sabendo bastante sobre o assunto. No começo

era assim: chegou o circo na cidade e a gente faz uma mágica, e agora não é mais”, conclui. (5)

2.5.5. *Marketing* para impressão 3D

Scott, um australiano alto e barbudo de 39 anos, detém o título de propagandista de *designs* da Shapeways. Ele é jurado de concursos de *design* 3-D, dá palestras em escolas e empresas e participa de eventos como o “South by Southwest Interactive”, em Austin, no Texas, onde, em março, ele e seus colegas de trabalho levaram um *scanner* 3-D para festas (os convidados que se interessavam eram digitalizados e podiam encomendar uma miniatura de si mesmos). Figura 19



Figura 19 - Miniaturas de pessoas impressa em 3D

Fonte: www.swide.com

Scott também passa boa parte do seu dia vasculhando não apenas as caixas, mas todos os projetos enviados para o site da Shapeways em busca de maravilhas do *design* em 3-D. Quando se impressiona com o trabalho de um *designer*, liga e oferece os recursos da empresa, apresenta o *designer* no *blog* Shapeways, ou envia um convite para uma festa – ou, como fez com Bradley Rothenberg, arquiteto e *designer* baseado em Manhattan, recomenda a pessoa em questão para marcas que têm interesse na tecnologia de impressão 3-D.

Depois de ver uma palestra de Rothenberg há mais ou menos um ano, Scott sugeriu o seu trabalho para representantes da Victoria's Secret. O *designer*

projetou asas de anjo feitas de flocos de neve e outras peças com base em esboços da equipe de *design* da empresa, que foram então usadas pelas modelos no desfile da marca no ano passado, chamando a atenção para a Shapeways, que imprimiu as peças plásticas de *nylon*, e para Rothenberg. "Estou sempre de olho nos talentos que existem por aí", disse Scott. "Tenho alguns *designers* incríveis em mente caso alguém precise entrar em contato com eles."

Existem outros serviços de impressão 3-D, incluindo o Sculpteo e a Materialise, mas a maioria fica na Europa. A Kraftwurx, empresa de Houston, oferece impressões sob encomenda e um espaço para que os *designers* possam comercializar seu trabalho, mas ainda não tem a presença pública robusta da Shapeways, que patrocina concursos, divulga o trabalho de *designers* talentosos e faz parcerias com museus. Em seu papel de divulgador da impressão 3-D, Scott tem sido fundamental para desenvolver essa relação com a comunidade de *designers*. Alguns deles, como Rothenberg, utilizam as impressoras sofisticadas de alta precisão da empresa para fazer protótipos ou produzir seu trabalho. Outros, porém, consideram a empresa uma plataforma que é ao mesmo tempo fabricante, varejista *on-line* e espaço onde é possível levar a carreira a um próximo nível. (5)

2.5.6. Impressão 3D sob medida

Susan Taing, que fundou um estúdio de design 3-D chamado Bhold, é uma das pessoas que desenvolveu uma parceria próxima com a Shapeways. Taing, de 33 anos, começou a fazer experiências com a impressão e a modelagem 3-D por *hobby*, projetando coisas simples, como um organizador de fio de fone de ouvido. No ano passado, usou a Shapeways para imprimir o dispositivo, que chamou de "bsnug wrap", e começou a vender a ferramenta pelo site da Shapeways.

"Todos os dias surgem mais ideias do que poderia fazer com a impressão 3-D", disse Taing, cujas ofertas incluem agora a xícara de café bholdable (69 dólares) e o amplificador de som para smartphones bheard (39,50 dólares). "Estava mesmo pensando em criar uma empresa, e quando surgiu o conceito, me pareceu que daria certo". Pode-se observar na Figura 20 a área de impressão da Shapeways.



Figura 20 - Área de impressão da Shapeways

Foi o modelo de "baixos riscos e poucos obstáculos" da Shapeways, contou Taing, que possibilitou o início de seu próprio negócio. Com a impressão sob encomenda, não houve os desanimadores custos iniciais de fabricação; a Shapeways também cuidou de processos demorados de suporte, como faturamento, transporte e serviço de atendimento ao cliente.

Taing simplesmente enviou um projeto que poderia ser impresso, definiu um preço acima do custo que a Shapeways cobrou para imprimir o produto e pagou a taxa de 3,5 por cento sobre o seu lucro. Tudo com a garantia de que a oferta seria exatamente compatível com a demanda. "Desse modo, não precisamos gerenciar o estoque com a preocupação de que algo possa faltar ou sobrar", disse ela. "É um formato muito menos dispendioso". O *designer* industrial Evan Gant, de Massachusetts, disse que se não fosse pela Shapeways, muitas das ideias que tem em seu tempo livre nunca sairiam do seu *notebook*. "Desenvolver um produto leva um bom tempo", disse ele. "Envolve não apenas a concepção inicial e o *design*, mas inúmeros recursos; temos que encontrar o fabricante certo, temos que entender de varejo."

Seria improvável que Gant ou quaisquer investidores externos dedicassem recursos significativos à fabricação do Button 2.0, um botão de camisa com um clipe que projetou para prender os fios de fone de ouvido (fios de fone de ouvido desorganizados, ao que parece, são uma das provações da vida moderna). Mas

depois de fazer o *upload* de um projeto de desenho na Shapeways, recebeu imediatamente o orçamento para a produção e solicitou alguns para teste. Após aperfeiçoar o projeto, ele o vendeu. Total investido em pesquisa e desenvolvimento: cerca de 15 dólares. "Acho que a Shapeways cobrou US\$2,50 para produzir o botão, e eu acrescentei 1,50", disse Gant, referindo-se ao seu lucro. Com a Shapeways cuidando da fabricação e do suporte, "só precisamos nos preocupar em desenvolver o projeto", disse ele, "e em documentá-lo para que possa ser divulgado".

Embora a Shapeways promova os *designers* e tente chamar atenção para aqueles que considera serem os melhores produtos, o *marketing* fica em grande parte sob a responsabilidade dos *designers*, assim como a questão das patentes. Os *designers* com os quais Scott mais gosta de trabalhar, contou ele, são aqueles que dão conta tanto da forma quanto da tecnologia de impressão 3-D, mas que também são capazes de produzir bons vídeos ou fotografias. "Quando vemos que alguém faz isso bem, procuramos promover e o ajudar a melhorar", contou ele, "porque quanto mais bem-sucedida essa pessoa for, mais bem-sucedidos nós seremos".

(5)

2.5.7. Impressão 3D associada ao photoshop

Acordos com MakerBot e Shapeways facilitarão impressão de objetos 3D a partir do editor de imagens. A impressão 3D foi um dos destaques da CES 2014, maior feira de tecnologia do mundo que aconteceu em janeiro, em Las Vegas (EUA). Empresas como MakerBot vêm criando impressoras 3D cada vez mais baratas e simples de usar, e analistas preveem que o mercado da impressão de objetos físicos deve crescer neste ano.

Em 16 de janeiro de 2014, a Adobe fez um anúncio que deve reforçar essa tendência. A empresa está trazendo suporte para impressão 3D para seu programa mais popular, o Photoshop. Uma atualização já disponível para o pacote Adobe Creative Cloud permite que o Photoshop CC seja usado para editar arquivos de objetos 3D. O programa também poderá enviar os arquivos diretamente para impressoras 3D da MakerBot, empresa mais conhecida do setor. O processo é idêntico à impressão de um arquivo em papel. Basta clicar no botão de impressão para que o arquivo seja reproduzido pela impressora 3D.

Outra novidade na área de 3D é que o Photoshop CC também exportará arquivos compatíveis com o serviço de impressão 3D *online* Shapeways. Esse serviço imprime arquivos 3D enviados por internautas em uma variedade de materiais, como cerâmica e metal. O Photoshop CC também exportará arquivos 3D compatíveis com o serviço SketchFab 3D. (5)

2.5.8. Impressão 3D e a beleza

As americanas Sarah C. Awad e Dhemerae Ford desenvolvem elaboradas unhas postiças no computador e, com a tecnologia, trazem para a vida real. Elas desenvolvem criativas unhas postiças no computador e, com a ajuda de impressoras em 3D, trazem os acessórios para a vida real. São chamadas de acessórios porque chamam tanta atenção que é preciso levá-las em consideração na hora de combinar com o estilo de quem as usa. (6)

Veja as imagens destas unhas na Figura 21.



Figura 21 - Unhas produzidas na impressora 3 D

Fonte: Revista Glamour (6)

3. Estudo de caso e aplicabilidade da impressão 3D na cadeia de suprimentos

3.1. Injetoras ARBURG

A Arburg Brasil e a Stratasys vêm realizando uma nova experiência no segmento de injeção de plástico. A subsidiária da Arburg alemã, fabricante de máquinas injetoras de plástico, desenvolveu uma experiência no Brasil que pode significar uma redução drástica nos custos e no tempo de produção de moldes para a fabricação de séries limitadas de produtos ou componentes.

Em vez de gastar altas somas e muito tempo produzindo moldes em aço para a produção de séries limitadas de componentes ou produtos, os usuários das injetoras Arburg já podem trabalhar com moldes produzidos nas impressoras 3D da Stratasys, reduzindo custos e acelerando o lançamento do produto.

Renata Sollero, gerente de território da Stratasys para o Brasil, observa que um único molde em aço pode custar dezenas ou centenas de milhares de reais e levar de uma semana a meses para ser produzido enquanto o molde impresso em 3D pode ser produzido em horas e, no caso de alguma mudança ou ajuste no projeto do produto a ser injetado, outro molde impresso em 3D é gerado com igual rapidez agilizando todo o processo de desenvolvimento e fabricação do produto.

O uso dos moldes impressos em 3D é mais frequente na indústria automobilística, especialmente nas que fabricam peças e componentes pequenos e médios. Além disso, podem ser usados nas indústrias aeroespacial, de defesa, produtos eletrônicos, brinquedos, sapatos, equipamentos médicos, entre outras.

A principal vantagem dos moldes de plástico está na possibilidade de verificação do produto em um modelo real produzido de forma rápida e relativamente econômica. Também as indústrias podem usar os moldes de plástico para verificar o molde de aço que será usado para injetar as peças em larga escala. Geralmente as indústrias imprimem de 10 a 20 moldes em material da Stratasys antes de obter o molde perfeito, que será usado como base para a criação do molde final em aço.

Em geral, os moldes impressos com a tecnologia da Stratasys podem aceitar a injeção de um número de peças ou produtos que varia de 10 a 100 unidades. As indústrias que desejam injetar seus produtos ou peças em larga escala devem continuar usando os moldes em aço, pois eles são mais indicados nesse tipo de aplicação”, afirma Renata. Em função disso as duas tecnologias - moldes em plástico e moldes em aço

– vão continuar convivendo. “O mercado vive hoje um momento de diversificação de tecnologias e os moldes em aço podem, em alguns casos, ser complementados ou até substituídos pelos moldes impressos em 3D. A colaboração entre a Stratasys e a Arburg coloca ao alcance das indústrias usuárias das nossas injetoras mais uma possibilidade de acelerar seus processos de desenvolvimento e fabricação de moldes e do produto final, possibilitando a coexistência dessa nova tecnologia com a produção de moldes tradicionais em aço ou outro metal”, afirma Kai Wender, diretor geral da Arburg Brasil. (7)

3.2. STRATASYS E ARBURG – *Soft tooling*

Os moldes de plástico gerados em impressoras 3D são chamados de *soft tooling* ou ferramentaria leve, e podem ser usados para produzir o primeiro lote de peças injetadas em plásticos como polipropileno, elastômeros, termoplásticos, acetal (POM), ABS, entre outros. Segundo Renata, isso demonstra que as empresas que desejam substituir moldes em aço pelos moldes gerados nas impressoras Stratasys podem continuar empregando os plásticos já usados intensamente na fabricação de suas peças e produtos.

A executiva explica que as indústrias devem considerar que o uso de moldes gerados nas impressoras 3D pode exigir pequenas alterações no projeto do molde em relação ao projeto do molde em aço criando, por exemplo, ângulos de inclinação mais altos e pontos de injeção de material mais amplos para reduzir a pressão na cavidade.


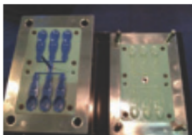

A Stratasys, uma das principais fabricantes de impressoras 3D e sistemas de produção para prototipagem e manufatura do mundo, anuncia sua colaboração com a Arburg Brasil, subsidiária da gigante alemã Arburg. Um dos líderes globais do mercado de injetoras de plástico, esta empresa tem se destacado, nos últimos 20 anos, no segmento de soluções industriais verdes, que promovem a eficiência energética e a sustentabilidade.

A soma das tecnologias Arburg e Stratasys abre para as indústrias brasileiras a possibilidade de saltar para o centro da nova revolução industrial e passar a usar moldes impressos em 3D nas injetoras de plástico Arburg. Isso permite reduzir o período de desenvolvimento e lançamento de produtos, além de baixar o custo de todo o processo.

Coexistência entre moldes impressos em 3D e moldes de alumínio e aço para Kai Wender, diretor geral da Arburg Brasil, a colaboração com a Stratasys coloca ao

alcance das empresas usuárias das injetoras Arburg a possibilidade de acelerar seus processos de desenvolvimento de produtos e de geração de moldes. Segundo o executivo, o mercado vive hoje um momento de diversificação de tecnologias, em que moldes de aço podem, em alguns casos, ser complementados ou até mesmo substituídos por moldes impressos em 3D. “De qualquer maneira, ao escolher as injetoras de plástico da Arburg, os usuários esperam encontrar os mesmos valores que a empresa tem defendido nos últimos 50 anos: uma empresa inovadora, habilitada para o desenvolvimento de injetoras de plástico reconhecidas por sua eficácia e robustez, totalmente qualificada para suportar os processos industriais de manufatura”, declara Wender. “Estamos passando por um período em que os moldes de aço tradicionais e os moldes criados com impressoras 3D podem coexistir na mesma empresa, cada um atuando em aplicações específicas com base na limitação de geometria e nos materiais plásticos injetados”. Aplicações de *soft tooling*.

O uso de moldes gerados em impressoras 3D nas injetoras de plástico Arburg é uma aplicação de *soft tooling*, ferramentaria leve. Após ser impresso em impressoras 3D e com materiais digitais da Stratasys, o molde é colocado na injetora de plástico. Esses moldes suportam a pressão de injeção e podem produzir o primeiro lote de peças injetadas a partir do material do produto final. “As partes internas dos moldes impressos em nossas impressoras são idênticas às partes internas dos moldes de aço, e elas podem aceitar, por meio da injeção de plástico, a maioria dos materiais amplamente usados no setor”. Os materiais incluem polipropileno, elastômeros termoplásticos, acetal (POM) e ABS, e assim por diante. “Isso demonstra que as empresas que desejam substituir moldes de aço por moldes impressos com materiais da Stratasys podem continuar a empregar plásticos já usados intensamente como material de injeção em todo o setor”. Os usuários deveriam considerar que esse processo pode exigir pequenas alterações de projeto no molde em relação ao projeto do molde de aço. A tabela 1 define algumas comparações

	Molde de Alumínio		Impresso em Digital ABS		
	Custo	Lead Time	Custo	Lead Time	Componentes
 <i>Hélice motor em POM</i>	\$1,670	7 dias	\$960	1 dias	<ul style="list-style-type: none"> • Objet500 Connex • 810gr RGD535 • 1408gr RGD515 • 100gr support
 <i>seis cav.(6) colheres de sorvetes injetado em PP</i>	\$1,400	30 dias	\$785	7 horas	<ul style="list-style-type: none"> • Objet260 Connex • 400gr RGD535 • 480gr RGD515 • 100gr support
 <i>Digital ABS molde para tampa com rosca</i>	\$1,900	4 dias	\$530	13 horas	<ul style="list-style-type: none"> • Objet350 Connex • 500gr RGD535 • 876gr RGD515 • 100gr support

Análise de custo e benefícios relacionados a tempo de construção e custos (comparados com molde de alumínio)

Tabela 1 – Comparação de custo e tempo dos moldes Impressos em 3D com o Usinado em alumínio

Fonte: <http://www.stratasys.com/>

No caso acima é demonstrado um molde impresso numa ConnexObjet500 capaz de imprimir em materiais digitais. Os moldes foram então impressos com Digital ABS, uma liga de resina que quando curada tem a resistência mecânica do ABS. O tempo de impressão das 3 partes do molde foi de 22 horas. Ou seja, se enviado às 10 da manhã à impressora, às 8 da manhã do dia seguinte está pronto.

As peças foram então levadas à injetora, uma Arbug 70 toneladas, e a injeção se deu nas seguintes condições:

Temperatura do processo: 210 graus

Pressão de injeção: 300 bar

Pressão de fechamento: 100 bar

Tempo de fechamento: 8 segundos

Força do Gancho: 150 KN

Volume injetado 65 cc

Tempo de resfriamento: 30 segundos

Comparando com dois orçamentos solicitados aos desenvolvedores de ferramental, a economia gerada é de 700% à 1800%, 43% mais barato que o molde de alumínio e 72% mais barato que um molde de aço. As aplicações de *soft tooling* estão conquistando o mercado. Atualmente, há várias aplicações em grande escala para moldes impressos em 3D. Na maioria delas, a principal vantagem é a verificação de material real moldado e injetado de forma rápida e relativamente econômica. Uma das aplicações está relacionada a indústrias de plásticos, que produzem grandes quantidades de peças e produtos. Com o uso de moldes 3D, essas empresas têm a opção de verificar o molde de aço que será usado futuramente para injetar as peças (7). Observe os molde gerado na impressora 3 D e peças injetadas através da Figuras 22 e 23.



Figura 22 - - Moldes gerados na impressora 3 D

Fonte: CADxpert.com.br (7)



Figura 23 - Produto acabado manufaturados nos Moldes criados na impressora Stratasys

Fonte: CADxpert.com.br (7)

Uma das aplicações mais conhecidas de moldes impressos em 3D é na produção de pequenas séries de produtos para validação interna de projetos ou, então, validação de produtos que serão examinados por órgãos reguladores como a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). No Brasil, por exemplo, um brinquedo só pode ser fabricado depois de ter sido examinado e testado no laboratório da ABNT. Para submeter esse brinquedo à série de testes necessária, seria preciso montar toda a linha de produção e também gerar o molde em aço para a injetora de plástico. Moldes impressos em 3D e colocados na injetora de plástico podem ser usados para a produção do brinquedo sem que, antes, toda a linha de produção industrial seja montada. Quantidade de peças injetadas depende de diversos fatores. Outra aplicação estratégica de moldes impressos em 3D está relacionada à nova revolução industrial. Nesse caso, o cliente tem a possibilidade de usar moldes impressos em 3D para personalizar o produto desejado. Nessa aplicação, as injetoras de plástico recebem moldes que são ligeiramente diferentes entre si; esses moldes serão usados

para criar produtos em linhas limitadas e personalizadas, feitos sob medida para mercados e usos específicos. Fatores como a complexidade geométrica deste molde e sua maior ou menor resistência ao calor e à temperatura definem a quantidade de peças que podem ser criadas com esses moldes. Em geral, os moldes impressos com a tecnologia da Stratasys podem aceitar a injeção de um número de peças ou produtos que varia de 10 a 100 unidades. As empresas que desejam injetar milhões de peças ou produtos devem continuar a usar os moldes de aço nas máquinas de moldagem por injeção de plástico, pois eles são mais indicados nesse tipo de aplicação. (7). Pode-se observar, através das Figuras 24, 25, 26 e 27, imagens dos produtos relacionados apresentados no “Inside 3D Printing Conference and Expo”, evento que ocorreu em São Paulo – Brasil, nos dias 16 e 17 de Abril de 2014.



Figura 24 - Molde de Sopro Manufaturado em impressora 3D

Fonte: inside 3D Printing Conference and Expo 2014 –SP (Hugo Souza)



Figura 25 - Peças metálicas impressas em 3D

Fonte: Inside 3D Printing Conference and Expo 2014 –SP (Hugo Souza)



Figura 26 - Postiço para refrigeração de Molde plástico

Fonte: Inside 3D Printing Conference and Expo 2014 –SP (Hugo Souza)



Figura 27 - Produto 3D para uso em manufatura final

Fonte: Inside 3D Printing Conference and Expo 2014 –SP (Hugo Souza)

Sobre a Stratasys, empresa com sede em Minneapolis, Minnesota (EUA) e em Rehovot, Israel, produz impressoras 3D e materiais para prototipagem e fabricação de produtos. Seus processos patenteados FDM® e PolyJet® produzem protótipos ou objetos fabricados diretamente de arquivos de CAD 3D ou de outros conteúdos 3D. Entre os sistemas incluem-se impressoras *desktop* 3D acessíveis para desenvolvimento de ideias, uma série de sistemas para prototipagem e grandes sistemas de produção para manufatura digital direta. Entre as subsidiárias da Stratasys destacam-se a MakerBot e a Solidscape; a empresa opera, ainda, a rede de serviços para manufatura digital RedEye. A Stratasys conta com mais de 1.500 funcionários, possui mais de 500 patentes concedidas ou pendentes de manufatura aditiva no mundo inteiro e já ganhou mais de 20 prêmios por sua tecnologia e liderança.

3.3. Como a fabricação rápida pode atuar nas cadeias de fornecimento

Um método rápido, direto ou digital de fabricação irá impulsionar as empresas a adotar uma cadeia de suprimentos distribuídos globalmente que suporte economicamente a produção de baixo volume.

Na sociedade de consumo de hoje, os compradores estão exigindo cada vez mais rápido atendimento de pedidos e aumentando os níveis de personalização de produtos. Neste ambiente, as empresas de fabricação muitas vezes são pressionadas a identificar e adotar processos e tecnologias que fornecem uma vantagem verdadeiramente competitiva de negócios. Mas há uma abordagem que parece oferecer a solução perfeita: um conceito conhecido na América do Norte como a fabricação digital direta (*direct digital manufacturing* - DDM) e na Europa e Ásia como a fabricação rápida (*rapid manufacturing* - RM).

Fabricação rápida (RM) envolve a produção econômica de produtos de baixos volumes sob demanda em vários locais próximos ao ponto de consumo. Até recentemente a capacidade de fabricar em baixo volume e produtos personalizados sob encomenda tinha sido limitado quase que exclusivamente para o setor de impressão bidimensional usado para criar cartões de visita, panfletos de propaganda, relatórios de empresas, bem como produtos de consumo personalizado, como copos de café e camisetas personalizadas. No entanto, novos desenvolvimentos em tecnologias tridimensionais de impressão (3D) e um processo conhecido como fabricação aditiva em camada (*Additive Layer Manufacturing* - ALM) fizeram a fabricação rápida viável para alguns setores de produção industrial, incluindo produtos automotivos, aeroespaciais e médicos.

Fabricar produtos quando e como necessário, exatamente onde eles são necessários pode ajudar as empresas a reduzir seus custos de transporte e de logística, para facilitar uma redução em suas questões ambientais e atrair os consumidores que apoiam a compra ética. Além disso, a produção rápida é considerada por muitos como uma das influências potenciais mais importantes sobre o futuro da indústria transformadora.

É por estas razões que a RM tem sido citada como a catalisadora para uma potencial "revolução industrial para a era digital". Mas as implicações de um movimento em direção a RM vão muito além do próprio processo de fabricação. Esta estratégia de produção ágil permite que uma cadeia de abastecimento verdadeiramente distribuída, onde a fabricação pode ocorrer simultaneamente em vários locais que estão localizados perto do consumidor. Esta nova estrutura poderia eliminar várias etapas da cadeia de abastecimento tradicionais, afetando os prazos de entrega, gerenciamento de inventário e de transação e custos de logística. (8)

3.3.1. Camada por camada em 3D (ALM)

Fabricação rápida depende do uso de processos aditivos de fabricação por camada. Tecnologias ALM têm sido amplamente utilizadas durante mais de 20 anos para a fabricação de protótipos e os padrões de fundição. No entanto, avanços recentes na ALM e materiais podem permitir atualmente a rápida produção de peças de uso final para uma variedade de aplicações na produção de materiais tais como metais, polímeros e cerâmicas.

A ALM consiste em três passos básicos: em primeiro lugar, uma representação do computador 3D é alimentada para uma máquina de fabricação especialmente concebida. Os dados iniciais em 3D podem vir de uma variedade de fontes, incluindo a concepção assistida por computador (CAD), pacotes ou do processo por contato e sistemas de digitalização sem contato. Outras fontes de dados comumente usados incluem tomografia computadorizada (TC) e de imagem de ressonância magnética (*magnetic-resonance imaging* - MRI) *scans* médicos e, mais recentemente, programas de jogos de computador.

Em seguida, a imagem digital é fatiada em centenas de camadas bidimensionais, cada um representando um perfil por meio da peça a ser fabricada. Finalmente, as camadas são reconstruídas no interior da máquina de um ALM de cada vez, a partir de baixo para cima, até que a peça é completa.

Diferentes processos de ALM podem construir e consolidar as camadas de diferentes maneiras. Alguns sistemas utilizam energia térmica a partir de *laser* ou de elétrons, que são dirigidos via óptica para derreter (formar uma massa coerente, sem fusão) de metal ou plástico em pó junto. Outros sistemas usam cabeças de impressão a jato de tinta do tipo de *spray* com precisão ou solvente para cerâmica ou polímero em pó. Independentemente de quais são as técnicas utilizadas e materiais, o resultado líquido é o mesmo: uma representação sólida e tangível dos dados dos computadores originais, sem ferramentas de moldagem, sem usinagem, sem gabaritos para realizar o trabalho no local, sem utensílios, e nenhum manual de intervenção se faz necessário. (8)

3.3.2. Benefícios comerciais exclusivos

Processos de fabricação rápida oferecem às empresas uma série de benefícios exclusivos em uma ampla gama de áreas, incluindo custos operacionais e ganhos de

eficiência, além de inovação de produtos e redução do impacto ambiental. A lista a seguir apresenta brevemente alguns dos benefícios mais importantes:

- a)** Sem as limitações de ferramentas, gabaritos e dispositivos elétricos, RM dá aos fabricantes a capacidade de forma rentável para produzir apenas uma peça ou lotes de tamanhos reduzidos. As empresas podem reduzir ou eliminar seu investimento de capital em tais ativos fixos, e não há amortização de custos de ferramentas associadas. Os produtos podem ser trazidos para o mercado mais rapidamente, com muito menor custo e com muito menos risco. Isto é particularmente atraente para as empresas de pequeno porte e da comunidade inovadora. Novos produtos podem ser lançados com investimento financeiro limitado, como a capacidade de máquina de RM pode ser comprado como e quando necessário de prestadores de serviços ou departamentos. Como alternativa, muitas empresas optam por investir em capacidade de ALM internamente. No entanto, esta pode ser uma decisão complexa; máquinas-ferramentas variam de preço de US \$ 25.000 para sistemas simples e de baixo de produção poliméricos até US \$ 750,000 ou mais para impressão em metal e tecnologias de processamento de cerâmica.
- b)** A RM permite a produção de geometrias altamente complexas que seriam impossíveis para fabricar itens como único meio de processo de fabricação tradicional. Como resultado, os fabricantes podem consolidar anteriormente partes separadas, reduzindo assim a fabricação, montagem e custos de inspeção. Além disso, a RM permite a fabricação de componentes topologicamente otimizados, onde as estruturas complexas com distribuição otimizada podem ser fabricadas sem qualquer custo extra. Isso permite que um fabricante pode reduzir tanto a quantidade de matéria-prima necessária na produção e peso subsequente da parte de produção. Este é um benefício particularmente importante para as indústrias automotiva e aeroespacial.
- c)** Porque RM usa fabricação em camadas, muitos dos "projetos para manufatura" tradicional não mais se aplicam. Por exemplo, ele pode não ser mais necessário para desenhar linhas de divisão em produtos, para permitir a remoção de ferramentas ou para manter a espessura de parede de material constantes a fim de eliminar o encolhimento na fundição, para dar apenas dois exemplos.
- d)** Processos Aditivos de camada permitem mais "funcionalidade " ao ser adicionado a partes em que estão a ser construídas. Exemplos incluem porosidade projetada em implantes médicos para promover a entrada de células, propriedades

mecânicas variáveis dentro de um único lado, e a adição de dispositivos "inteligentes", tais como fibra óptica, medidores de tensão e de ligas com memória de forma entre as camadas.

- e) Sem necessidade de ferramentas de produção, RM torna possível fabricar a mesma peça em vários locais que estão muito próximos aos clientes. Isso pode reduzir o risco de uma única fonte da cadeia de suprimentos, eliminando várias etapas das cadeias de abastecimento tradicionais, incluindo o transporte de produtos acabados, reduzindo os prazos de entrega, estoque e custos de logística.
- f) Como as peças são feitas usando a fabricação aditiva (em oposição ao processamento subtrativo típico ou processos de moldagem de formação), processos RM normalmente geram pouco, se gerarem algum, material de excedente (perdas).

Quase todos os usuários atuais de fabricação rápida em todo o mundo têm explorado um ou mais desses benefícios para o negócio. Assim, pode-se supor que a RM tem o potencial de beneficiar as empresas em que: É necessária a produção de baixo volume; Trabalham com geometrias complexas - design de produto são predominantes; O ferramental custo fixo não pode facilmente ser amortizado no preço peça - parte; Risco do produto - lançamento é alto; Investimento é problemático; A base de clientes é amplamente distribuída; e/ou o cliente (ou fornecedor) tem preocupações éticas ou ambientais.

Poderia argumentar-se que esta lista representa uma proporção significativa dos fabricantes que atuam nas economias ocidentais desenvolvidas, onde, para manter uma vantagem competitiva contra as empresas da concorrência no exterior de baixo custo, deve projetar e produzir cada vez mais produtos complexos em volumes cada vez menores ou altamente personalizado para grupos de consumidores pequenos ou exclusivamente para um cliente individual. É por isso que mais e mais empresas em uma ampla gama de setores industriais devem adotar a fabricação rápida como uma ferramenta econômica para atender às expectativas e necessidades dos clientes. (8)

3.3.3. RM e o ambiente

Estes são os benefícios para as empresas citadas anteriormente a respeito de um assunto que afeta a cadeia de fornecimento de cada empresa: a necessidade de reduzir o impacto da produção e distribuição no ambiente. A importância global desta

questão exige uma visão mais detalhada de como RM pode ser uma ferramenta eficaz para mitigar danos ambientais.

A RM limita a quantidade de energia utilizada na fabricação. Fabricação rápida tem potencial para substituir os processos, tais como a fundição ou moldagem, em que uma quantidade significativa de energia é desperdiçada em alterar os materiais de sólido para líquido, ou em outros processos que requerem ciclos de pré-aquecimento e arrefecimento do material. Contraste isso com alguns processos de ALM, que utilizam apenas a energia necessária para consolidar os materiais necessários para uma parte de cada vez.

A fabricação rápida reduz o desperdício de material e sucata. Embora os processos RM poliméricos produzam resíduos em pó ou estruturas de apoio, muitos dos mais novos, metal em pó sistemas de alimentação de pó pode alcançar a eficiência dos materiais de até 97%. Esta capacidade não tem o potencial de reduzir significativamente a quantidade de sucata produzido durante a fabricação. Compare isso, por exemplo, para usinagem aeroespacial tradicional, onde não é incomum que apenas um quilo em cada 20 quilos de material comprado realmente resulte em peças usinadas. Os restantes 19 quilos de material se tornam sucata, que então requer caro reprocessamento ineficiente em termos energéticos.

A RM elimina a necessidade de alguns tipos de produtos químicos potencialmente nocivos. Usinagem para muitos materiais requer a adição de fluidos de corte, que utilizam os recursos hídricos e produção de resíduos industriais perigosos, um problema que é praticamente inexistente nos ambientes RM.

A RM promove o uso mais eficiente de matérias-primas. A globalização e o aumento dos padrões de vida em nações como a Índia e a China continuarão a esticar a oferta global de commodities como o cobre, titânio e aço. Com reservas de alguns materiais (cobre, por exemplo) se esgotando, tecnologias de produção eficientes em termos de materiais, como RM vão se tornar mais importantes.

A RM permite design de produtos ecologicamente corretos. Processos de fabricação tradicionais colocam muitas restrições ao projeto do produto. A flexibilidade de RM permite que os fabricantes possam otimizar projeto para produção enxuta que, por sua natureza, elimina o desperdício. Além disso, a capacidade da RM para a construção de geometrias complexas significa que muitas partes anteriormente separadas podem ser consolidadas em um único objeto. Além disso, os desenhos topologicamente otimizados que a RM é capaz de realizar poderia aumentar a

funcionalidade do produto, reduzindo a quantidade de energia, o combustível ou recursos naturais necessários ao seu funcionamento. No entanto, até a data de otimização topológica só foi aplicada a RM para produtos simples e de consumo estático, como mesas e cadeiras, onde os efeitos da otimização de materiais estão sendo utilizados apenas para estética, em vez de para a redução de peso funcional. No entanto, uma vez validado em aplicações industriais, este será um fator determinante na adoção RM; ele já está sob investigação por empresas como a Boeing e Airbus.

A fabricação rápida reduz o consumo de combustível e as emissões dos veículos porque RM tipicamente usa o mínimo absoluto de material. O processo pode reduzir significativamente o peso das partes e componentes. Peças automotivas ou aeroespaciais mais leves vão diminuir o peso total da aeronave ou veículo, reduzindo assim a carga de combustível do equipamento e emissão de carbono em todo seu ciclo de vida. Além disso, porque fabricação pode ser realizada junto ao consumidor final, RM pode, em muitos casos, reduzir ou mesmo eliminar a necessidade de transporte, armazenamento e embalagem de proteção de produtos acabados, reduzindo as emissões de consumo de combustível e gases de efeito estufa. (8)

3.3.4. Implicações para o futuro

A pesquisa em curso na fabricação rápida continuará a produzir avanços técnicos que poderiam levar a melhorias significativas nos custos de produção, design de produto e ao meio ambiente. No entanto, existem algumas áreas onde RM poderia ter consequências de longo alcance e, portanto, merecem especial análise mais aprofundada.

A RM tem grande potencial para facilitar a mudança, libertando inovadores de produção tradicional e restrições financeiras. Rapidez de fabricação "*tool-less*" apresenta estrutura distribuída e permite que as empresas com pouco capital de investimento para desenvolver e levar ao mercado novos produtos e serviços associados complexos. Ela também permite a adoção de um novo modelo em algumas áreas do mercado de bens de consumo, realinhando a distribuição para o varejo de fabricação do modelo tradicional para um novo modelo em que a atividade de varejo ocorre antes da fabricação. Isto fornece capital de giro para um negócio com quase nenhum custo inicial de ferramentas fixas e de produção.

Na verdade, a fabricação rápida é uma tecnologia emergente que tem o potencial de estimular a criação de negócios inteiramente novo, mercados e setores, junto com suas cadeias de fornecimento associados. Um bom exemplo é a fabricação de aparelho ortodôntico invisível. A norte-americana Invisalign Inc. usa RM para a fabricação de ferramentas de conformação sobre o qual aparelhos ortodônticos transparentes descartáveis são formados individualmente, em conjuntos para cada paciente. A Invisalign tornou-se um fenômeno global no setor odontológico de abastecimento, com o crescimento da empresa a partir do nada para US \$ 206 milhões em vendas em menos de cinco anos.

A RM também pode ser uma tecnologia inovadora. Considere o exemplo de RM polimérica, o que já foi estabelecido como uma alternativa de baixo custo para moldagem por injeção de peças de baixo volume. Aos fabricantes que utilizam esta técnica não é mais necessário a compra de equipamentos e serviços de empresas de moldagem, ferramentas e preocupação de perda de fabricantes, empresas de fornecimento e outros fornecedores tradicionais de ferramentas de corte. Da mesma forma, como a tecnologia de RM metálico está em desenvolvimento, ele irá substituir progressivamente componentes usinados, reduzindo a necessidade de se fazer negócios com empresas de usinagem. É importante ressaltar que essa evolução vai afetar não apenas os fornecedores imediatos de materiais e serviços, mas também as extensas cadeias produtivas associadas a esses ramos de fabricação.

Questões sociais e culturais que se poderia pensar, têm pouco a ver com a fabricação e produção, quase certamente irão incentivar a adoção de RM no futuro. A RM já está sendo usada para abordar tais questões, incluindo o envelhecimento da população, a necessidade de cuidados de saúde acessíveis e mudanças demográficas. Mudanças sociais, juntamente com o aumento das capacidades tecnológicas em casa, vão ajudar a impulsionar o uso de RM para a fabricação de produtos de consumo únicas e personalizadas. Ao longo dos próximos 20 anos, veremos uma migração da produção, inicialmente de fábricas centralizadas para as fábricas mais distribuídas, e em seguida, ao longo do tempo, para realmente localizada, soluções de fabricação, mesmo baseadas *in loco*.

Todos os desenvolvimentos discutidos aqui poderiam ter enormes consequências para as cadeias de abastecimento tradicionais. Primeiro, vamos ver muito mais produtos que estão sendo feitos em vários locais, em vez de em locais isolados. Esta mudança será impulsionada tanto pela capacidade de equilibrar a oferta e a demanda

entre máquinas ALM e os benefícios econômicos, ambientais e sociais da produção de se localizar mais próximo ao consumidor ou fabricante de equipamento original. Este modelo de negócio já está sendo explorado, pois permite aos consumidores criar brinquedos a partir de jogos de vídeo, encomendá-los on-line, e tê-los fabricado localmente pelo fornecedor mais adequado, reduzindo assim o custo, prazo de entrega e impacto ambiental. Modelos de negócios semelhantes também estão sendo usados para fazer produtos para casa, como abajures e presentes. É só uma questão de tempo antes que essa metodologia seja adotada por empresas automotivas e aeroespaciais. O efeito líquido é provável que seja um número maior de pequenas fábricas, possivelmente, agrupadas em torno tanto cadeias de abastecimento de nicho como de materiais avançados.

Com base na pesquisa atual, esperamos ver o desenvolvimento de tecnologias de ALM que podem construir sistemas completos, incluindo componentes eletrônicos, ópticos e mecânicos. Isto irá comprimir ainda mais as cadeias de abastecimento, eliminando fabricação de vários estágios e reduzindo drasticamente a necessidade de transporte, armazenamento e atividades de logística.

O impacto mais profundo e de longo alcance sobre a cadeia de abastecimento, no entanto, resultará de sistemas acessíveis ALM baseados em casa, o primeiro dos quais vai estreou em meio de 2009. Quando integrado com a Internet, ALM baseado em casa pode ignorar a cadeia de fornecimento do produto convencional por completo, permitindo aos usuários fazer download de dados digitais (por um preço) para a fabricação em casa. A fabricante baseado em casa vai precisar estocar pequenas quantidades de materiais especiais em seus sites e provavelmente será servido por parcela e transporte expresso, em vez de por grandes fornecedores de transporte. (8)

3.3.5. Usuários da fabricação rápida

Com a oferta da fabricação projetando muitos benefícios para agora e promessas para o futuro, não é de estranhar que tenha havido um aumento acentuado no número de empresas que utilizam RM em uma ampla gama de setores industriais. Em equipamentos e tecnologias de transporte, por exemplo, empresas como a Boeing, a Airbus, BAE Systems, Renault, Honda e estão usando RM para uma variedade de aplicações. Estes incluem peças poliméricas, tais como condutores de ar; aquecimento, ventilação, ar condicionado e componentes; substratos de painel; e

caixas elétricas. A RM também está sendo usado para fazer um número limitado de peças a partir de materiais metálicos, inclusive eixos de transmissão, componentes da caixa de velocidades e suspensão e sistemas de travagem.

Os cuidados de saúde representam, provavelmente, o mercado mais diversificado de produtos de fabricação rápida. A RM está sendo usada comercialmente para a fabricação de materiais de substituição óssea em cirurgias reconstrutivas e para a criação de próteses personalizadas. A RM também torna possíveis guias de corte cirúrgicos descartáveis, que são personalizados para o paciente individual. Outras aplicações médicas incluem a fabricação de caixas e componentes para dispositivos médicos de baixo volume como máquinas especializadas de digitalização, centrífugas de sangue, e sistemas de monitoramento.

Odontologia é um dos aplicativos mais conhecidos para a RM; médicos estão usando a tecnologia para a fabricação de bonés personalizados dentários, pontes e coroas. De longe, a aplicação médica mais comum no momento é a produção de aparelhos personalizados auditivos, que são fabricados para caber exatamente no ouvido de cada paciente. (8)

A RM ainda tem um lugar nas artes criativas, onde é usada para a fabricação de produtos a partir de projetos que simplesmente não podem ser realizados com os processos tradicionais. Isso tem sido especialmente bem-sucedido para a fabricação de itens exclusivos, incluindo abajures, joias e produtos arquitetônicos. Uma empresa ainda permite que os clientes projetem molduras em 3-D e brindes on-line; os produtos são, então, criados usando RM e enviados pelo correio diretamente para as portas dos clientes. Outra empresa está utilizando a impressão de 3 D para a fabricação de brinquedos e figuras de ação a partir de imagens de vídeo game.

3.3.6. Visão dos processos de fabricação rápida

Há muitos processos de fabricação rápida diferentes, todos com os seus benefícios específicos, desvantagens e áreas de aplicação. Atualmente, os processos RM disponíveis são divididos em 7 grupos:

- a) Extrusão**
- b) Jateamento**
- c) Jateamento interno**
- d) Laminação**
- e) Polimerização**

f) Sinterização

g) Deposição por energia direta

Como existem muitas técnicas de RM, também há muitas maneiras que podem ser classificadas. Aqui classificação baseia-se no método usado para fazer as camadas.

a) Extrusão

Extrusão é um grupo de processos RM que criam o produto final por material a ser depositado seletivamente. Fazem-no por meio de extrusão do material através de um bocal de diâmetro pequeno. O material de base é muitas vezes uma pasta ou de um plástico. No caso da pasta de um aplicador tipo seringa pode ser utilizado para depositar a pasta. Para plásticos normalmente um filamento plástico é alimentado através de um bocal aquecido que funde o plástico de modo que possam ser depositadas as camadas.

Deposição por material fundido (Fused Deposition Modeling – FDM) é um processo que utiliza um rolo de filamentos de plástico. Uma vez depositado o filamento vai ficar com camadas subjacentes e filamentos vizinhos e vai solidificar quase diretamente. Devido à natureza do processo de FDM ter características salientes, deve ser realizado por material de suporte. O processo pode ser observado através da Figura 28.

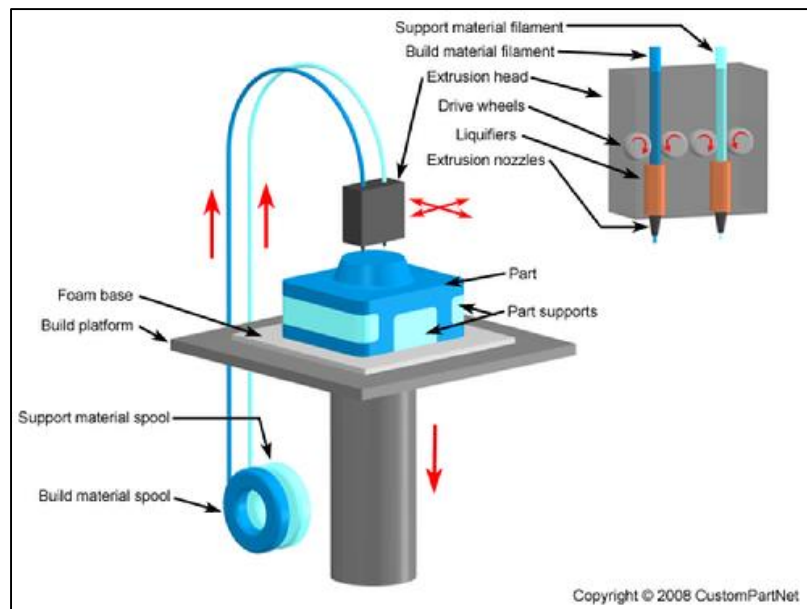


Figura 28 - Processo de modelagem por deposição de material fundido

Fonte: CustomPartNet (9)

A Figura 21 mostra a representação esquemática do processo de modelagem por deposição de material fundido, mostrando a parte (azul escuro) e material de apoio (azul claro). A cabeça de extrusão (ver visão detalhada na parte superior direita) permanece no mesmo nível de z e a plataforma de construção move para permitir empilhamento de camadas.

b) Jateamento

Dois grupos de processos nos mostram que ambos usam uma tecnologia de jateamento, como encontrado em impressoras a jato de tinta normais. Jateamento é o processo no qual a impressora 3D usa uma cabeça de jato de tinta para depositar seletivamente material do produto. Dois tipos de material são predominantemente utilizados neste grupo de processos; cera e foto polímeros. Alguns processos são capazes de usar metais diretamente a jato. A vantagem deste grupo de processos é que a natureza do processo permite alterar o material do produto durante uma compilação. Desta forma, são possíveis ajustar as propriedades dos materiais classificados. O processo pode ser observado através da Figura 29.

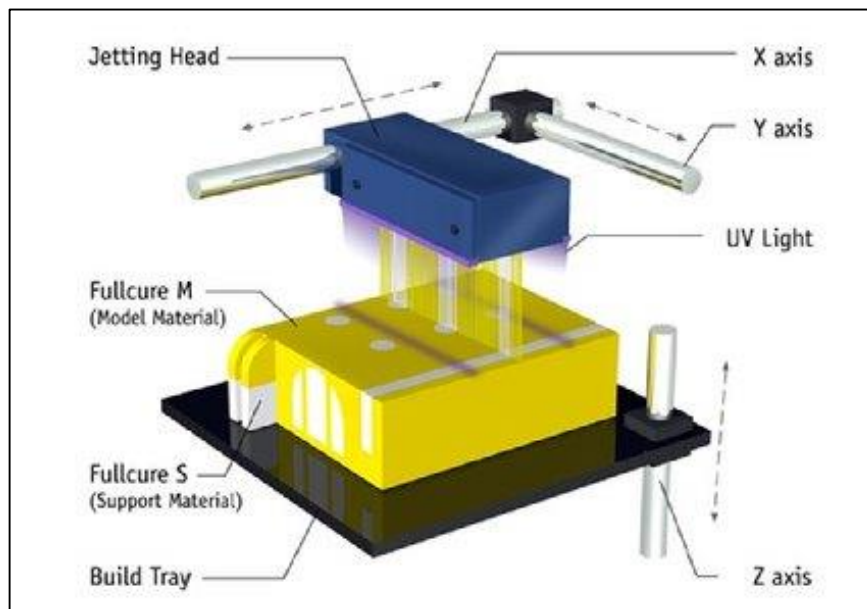


Figura 29 - Sistema de jateamento de material

Fonte: Engatech (10)

c) Jateamento interno

No grupo de processos de jato ligante de material, o produto é em pó e a cabeça de jato de tinta é utilizada localmente para dispersar cola, ligando assim os pós localmente. Normalmente duas caixas são usadas. Depois que o pó de uma camada foi solidificado utilizando a cola, o recipiente de acumulação é reduzido e o compartimento do pó é disparado. Um rolo ou uma lâmina de separação é utilizada para mover o pó do recipiente de armazenamento para o compartimento de acumulação. Uma grande vantagem deste método é que todos os tipos de pós podem ser utilizados, embora só um tipo de pó por compilação. Também é muito fácil de adicionar cor aos produtos finais impressos. Se não houver outras etapas de pós-processamento (por exemplo, forno de sinterização) o produto final não é muito forte. O processo pode ser observado na Figura 30.

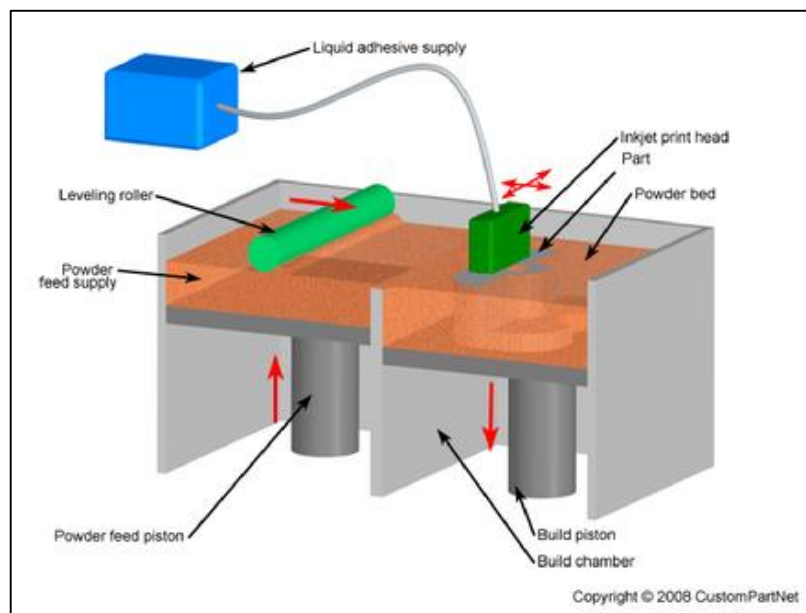


Figura 30 - O processo de jateamento interno

Fonte: CustomPartNet (11)

d) Laminação

A laminação é um grupo de processos que criam uma camada através do corte dos contornos da camada. A fabricação de objeto laminado faz isso através de empilhamento de material de folha de plástico no topo nas folhas abaixo e para tal utiliza um dispositivo controlado por computador de corte (laser, faca) para cortar as linhas que formam as arestas da forma desejada. Quando o produto foi

impresso, o material em excesso é removido. A tecnologia de laminação em papel (Paper Technology Laminação PLT) é usada especialmente para folhas de papel em vez de plástico; sucessivas camadas são coladas uma à outra por meio de cola ativada termicamente. A representação esquemática do processo pode ser visualizada na Figura 31.

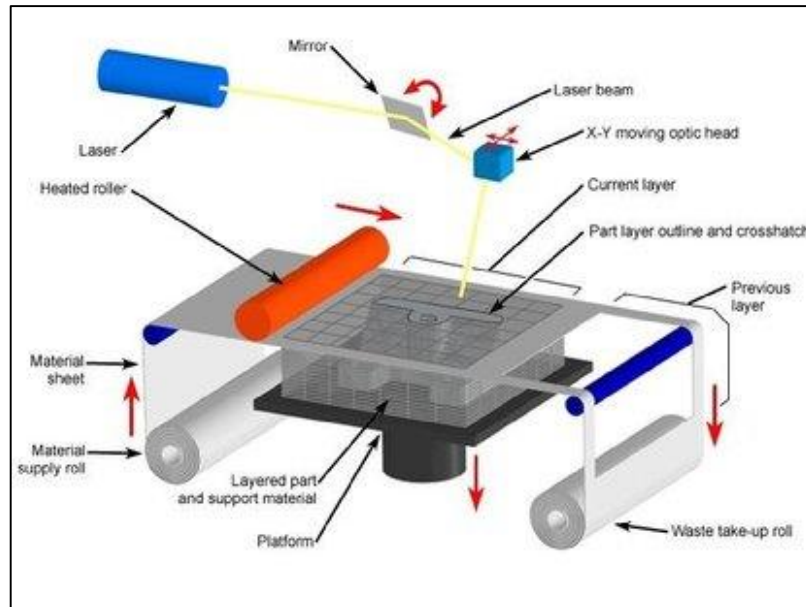


Figura 31 - Laminação utilizando rolos de material do produto e um laser de corte.

Fonte: Mechanical Engineering Blog (12)

e) Polimerização

Como no jateamento, processos de polimerização também usam uma resina curável ao contato da luz. Quando os sistemas de materiais seletivamente jateados criam depósitos do material, os sistemas de polimerização foto sempre fornecem uma camada de material não curado e é necessário utilizar uma fonte de luz para curar seletivamente partes da camada. Litografia Stereo (SLA) usa um laser e um conjunto de espelhos para solidificar a camada enquanto a tecnologia de processamento digital de luz (DLP) utiliza uma fonte de luz também encontrada em projetores. A imagem do processo pode ser visualizada na Figura 32.

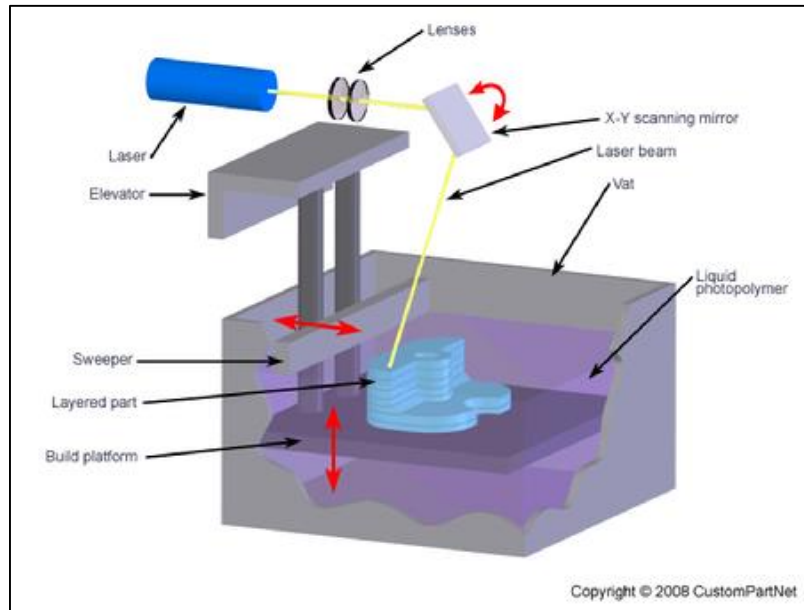


Figura 32 - Litografia Stereo

Fonte: Custom Part Net (13)

f) Sinterização

Métodos baseados em sinterização dos pós podem usar duas (ou três) camadas de pó cheias de energia que serão usados como material de produto. As camadas são criadas em uma das camas usando energia térmica para ligar a energia localmente na camada superior do leito. Depois de uma camada termina, a cama em que o produto é criado é reduzida e novo pó é arrastado a partir de segundo leito para o leito de construção. Muitos pós podem ser utilizados neste tipo de processo; a única exigência é que o aquecimento do pó irá resultar na ligação do superficial do pó. Sinterização seletiva a laser (SLS) é usada para plástico ou metal; um laser é usado como fonte de calor e os produtos resultantes ainda são parcialmente porosos. A fusão a laser seletiva (SLM) usa um laser para derreter completamente o pó de metal. Sistemas de fusão da camada de pó é o processo de produção mais utilizado entre os apresentados. Uma vantagem deste método (impressão 3D e SLS) é que o pó também serve como material de apoio, de modo que nenhuma estrutura de apoio tem de ser construídas. Para SLM, devido à liquidez do derretimento, estruturas de apoio ainda são necessárias. A imagem do processo pode ser visualizada através da Figura 33.

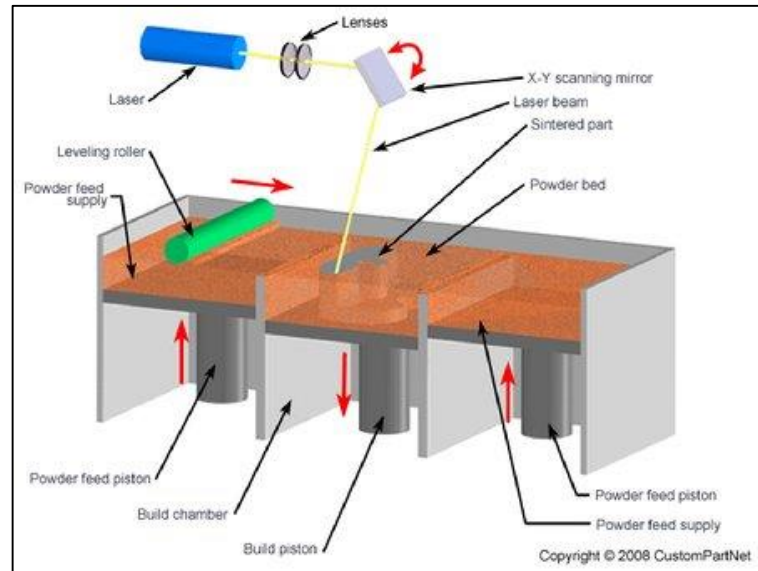


Figura 33 - Sinterização Seletiva a Laser (SLS), utilizando um sistema de 3 bin

Fonte: Custom Part Net (14)

g) Deposição por energia direta

A deposição direta de energia é um conjunto de processos, onde o material é depositado diretamente sobre a localização final no produto. O processo acontece fazendo jorrar o material de construção para a zona aquecida, criado por um laser, feixe de elétrons ou um gás ionizado. Tal como com os outros métodos de jato, o material do produto pode ser alterado facilmente. Figura 34.

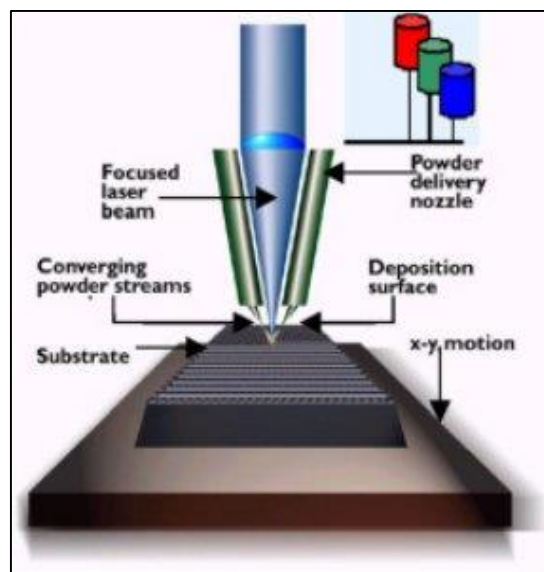


Figura 34 - Fonte de deposição por energia Direta

Fonte: RPM and Associates INC. (15)

4. CONCLUSÃO

O uso de moldes impressos PolyJet 3D permite aos fabricantes a capacidade de executar testes funcionais para um novo produto, com a criação de protótipos de produtos a partir do mesmo processo de IM e os materiais que irão ser utilizados para criar o produto final. Com esta tecnologia, as empresas podem gerar dados de desempenho superior e validar a confiança de certificação.

Polyjet moldes são únicos na medida em que eles realizam na mesma maneira como os moldes de metal, mas são muito mais baratos, mais fáceis e rápidas de fazer com Tecnologia, os fabricantes podem produzir protótipos em velocidades maiores e com custos menores utilizando de maquinas injetoras tradicionais. Como resultado, a impressão 3D permite que aos fabricantes avaliar facilmente o desempenho, ajuste e qualidade dos produtos potenciais antes início da produção em massa.

Baseado atualmente na performance e rapidez da cadeia de suprimento a Impressora 3D ou de adição contribui para que haja uma performance adequada de atendimento ao mercado consumidor. Atendendo perfeitamente aspectos como segurança, qualidade, conforto e satisfação do público alvo. A tecnologia já se tornou viável e competitiva e existe diversos provedores oferecendo esse recurso. A perspectiva que temos é de atender consumidores finais desta forma reduzindo etapas convencionais do Supply Chain Tradicional.

Desta forma concluímos que o mercado da impressora 3D ou de adição já é uma realidade que cresce numa velocidade impressionante modificando a tecnologia de fabricação e abastecimento. Criando oportunidades incríveis para população mundial.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) INTRIERI, C. **The Impact of 3D Printing in the Supply Chain and Logistics Arenas**, 2014. Disponível em: <<http://cerasis.com/2014/02/10/3d-printing-supply-chain>>. Acesso em: 06/04/2014.
- (2) MANNERS-BELL, J.; LYON, K. **The Implications of 3D Printing for the Global Logistics Industry**, 2014. Disponível em: <http://www.supplychain247.com/article/the_implications_of_3d_printing_for_the_global_logistics_industry/Transport%20Intelligence>. Acesso em: 15/04/2014.
- (3) VAN DEURSEN, F.; BERNARDO, A. **A revolução das impressoras 3D**. Revista Super Interessante. São Paulo, Janeiro ,2013. Disponível em: <<http://super.abril.com.br/tecnologia/revolucao-impressoras-3d-733010.shtml>>. Acesso em 05/04/2014.
- (4) KURUTZ, S. **Com 120 mil objetos produzidos por mês, Shapeways lidera em impressão 3D**, 2014. Disponível em: <<http://tecnologia.ig.com.br/2014-04-12/com-120-mil-objetos-produzidos-por-mes-shapeways-lidera-em-impressao-3d.html>>. Acesso em: 25/03/2014.
- (5) NUNES, E.C. **Nunes Inspiradas pela MakerBot, startups exploram impressão 3D no Brasil**, 2014. Disponível em: <<http://tecnologia.ig.com.br/especial/2014-01-23/inspiradas-pela-makerbot-startups-exploram-impressao-3d-no-brasil.html>>. Acesso em: 25/03/2014.
- (6) **Dupla de designers usa impressora 3D para criar nail arts surrealistas**, 2014. Disponível em: <<http://revistaglamour.globo.com/Beleza/Beauty-news/noticia/2014/01/dupla-de-designers-usa-impressora-3d-para-criar-nail-arts-surrealistas.html>>. Acesso em 04/04/2014.
- (7) MOREIRA, E.D. **Injetoras Arburg usam moldes gerados em impressoras 3D**, 2014. Disponível em: <<http://www.cadxpert.com.br/hardware/injetoras-arburg-usam-moldes-gerados-em-impressoras-stratasys>>. Acesso em: 02/05/2014.
- (8) REEVES, P. **How rapid manufacturing could transform supply chains**, 2008. Disponível em: <http://www.supplychainquarterly.com/topics/Manufacturing/scq200804rapid/>. Acesso em: 29/03/2014.
- (9) **Fused deposition modeling (FDM)**. Disponível em: <http://www.custompartnet.com/wu/fused-deposition-modeling>>. Acesso em 05/05/2014.
- (10) **Why 3D Printing?**. Disponível em: <<http://www.engatech.com/objet-3d-printing-technology.asp>>. Acesso em 12/04/2014.

- (11) **3D Printing.** Disponível em: <<http://www.custompartnet.com/wu/3d-printing>>. Acesso em 12/04/2014.
- (12) **Mechanical Engineering.** Disponível em: <<http://www.mechanicalengineeringblog.com>>. Acesso em 15/04/2014.
- (13) **Stereolithography.** Disponível em: <<http://www.custompartnet.com/wu/stereolithography>>. Acesso em 28/05/2014.
- (14) **Stratasys Delivers First Shipment of HP-Branded 3D Printers.** Disponível em: <<http://www.custompartnet.com/wu/selective-laser-sinterin>>. Acesso em 28/05/2014.
- (15) MUDGE, R.P.; WALD, N.R. **Laser Engineered Net Shaping Advances Additive Manufacturing and Repair.** Disponível em: <http://www.rpminnovations.com/download/lens_advances_manufacturing_and_repair.pdf>. Acesso em 28/05/2014.
- (16) **AGX/divulgação** - <http://economia.uol.com.br/album/2013/08/21/veja-alguns-dos-avioes-nao-tripulados-usados-na-agricultura.htm#fotoNav=2> Acesso em 12/06/2014

ANEXO A – DRONES

Desenvolvidas para uso militar, as aeronaves não tripuladas ou "drones" (palavra em inglês que significa "zangões") mudaram a forma de se fazer guerra no mundo, servindo para vigiar inimigos ou até mesmo bombardeá-los. Mas esses equipamentos têm se mostrado cada vez mais úteis também em missões pacíficas. No Brasil, os drones ou vants (sigla de veículos aéreos não tripulados) começam a ser utilizados na agricultura. O país é um dos pioneiros na área, mas a falta de regras específicas para esses aparelhos tem dificultado o avanço da tecnologia. Falhas nas plantações, áreas com excesso ou falta d'água e parcelas onde é preciso utilizar agrotóxicos são alguns dos problemas que os drones ajudam a localizar, ao tirar fotos dando rasantes sobre os plantios.



Figura 35 - Drone em decolagem com ajuda de um veículo

Fonte : AGX Tecnologia

As imagens são utilizadas para formar um mapa das áreas. Os dados são então analisados com ajuda do computador e, assim, é possível agir exatamente onde há problemas. A estratégia pode aumentar de 15% a 20% a produtividade da lavoura, afirma Adriano Kancelkis, diretor-presidente da AGX, empresa de São Carlos (SP) que vende drones para mapeamento agrícola.



Figura 36 – Imagem de Drone apresentando as falhas na lavoura

Fonte : AGX Tecnologia

"A agricultura é uma área prioritária para desenvolver os vants. Primeiro porque tem muito dinheiro, segundo porque acontece em áreas com pouca gente. Uma coisa é um vant de quatro quilos cair na cidade; outra coisa é ele cair no campo", diz o professor Onofre Trindade Júnior, do ICMC (Instituto de Ciências Matemáticas e da Computação) da USP (Universidade de São Paulo), em São Carlos, no interior paulista.

Além da agricultura, os drones são usados no Brasil também em ações policiais, como ocorre na cidade de Macaé, no Rio de Janeiro, assim como em operações de fiscalização de fronteiras da Polícia Federal e pelo DNPN (Departamento Nacional de Produção Mineral) em áreas de mineração.

Com drones, empresa encontra falhas na plantação em metade do tempo. Com faturamento de R\$ 300 milhões anuais, a usina São Fernando Açúcar e Álcool usa seis drones importados nos 60 mil hectares em que cultiva cana em Dourados, em Mato Grosso do Sul. Segundo Gustavo Nogueira, gerente de TI (tecnologia da informação) da empresa, os pequenos aparelhos cortam pela metade o tempo gasto em visitas para procurar falhas na plantação.

"Antes, era preciso rodar de carro pelos pontos mais altos e tentar ver em que parte da plantação havia falhas", afirma. Agora, um agrônomo controla os drones com um tablet, que transmite informações para o computador, onde podem ser imediatamente analisadas por outro profissional.

Dos seis drones que utiliza, apenas dois são da usina. Um deles, um quadricóptero (modelo com quatro hélices), foi comprado juntamente com o sistema de operação por R\$ 50 mil; o outro, um octocóptero (com oito hélices), custou R\$ 28 mil e é operado com o mesmo sistema.



Figura 37 - Drone na usina de açúcar

Fonte: Bio TI / divulgação

Os demais aparelhos utilizados pertencem à Bio TI, empresa de Araçatuba (SP) que tem uma parceria com a São Fernando para o desenvolvimento de um software que realize automaticamente a análise das imagens captadas por drones.

Marcelo Cambraia, diretor comercial da Bio TI, espera oferecer o serviço de mapeamento cobrando entre R\$ 5 e R\$ 10 por hectare. Em 2012, a empresa especializada em tecnologia para a área agrícola faturou R\$ 2,7 milhões. Neste ano, espera crescer 30%.

O mapeamento da plantação também pode ser feito por satélite. No entanto, segundo Adriano Kancelkis, da AGX, o trabalho feito por um vant teria um quarto do custo do levantamento por satélite e teria uma precisão 30 vezes maior, podendo ser realizado mesmo em dias nublados.

A AGX é uma das pioneiras no desenvolvimento desse tipo de equipamentos no país, fruto de parceria iniciada em 2005 com a USP-São Carlos e com a Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). As vendas começaram em 2007 e hoje a empresa oferece ao mercado modelos como o AGPlane e o Tiriba. As naves se parecem com aviões de aeromodelismo e custam de R\$ 60 mil a R\$ 300 mil e podem carregar de 1,2 kg a 4 kg. Falta de regulamentação gera insegurança no uso de drones. Mesmo com o crescimento do uso e da fabricação de drones no Brasil nos últimos anos – já são mais de dez fabricantes, segundo Onofre Trindade, da USP –, ainda não há uma regulamentação própria sobre a tecnologia na Anac (Agência Nacional de Aviação Civil).

A agência não possui dados sobre o número total de vants ou seus fabricantes no país, e afirma que apenas quatro aeronaves receberam autorização para voo, todos em caráter experimental. O resto opera com liminares na justiça, acordos com as agências reguladoras ou de forma irregular. Há quatro vants aguardando na fila para aprovação da Anac. "Queremos regulamentação para podermos prestar nossos serviços", afirma Adriano Kancelkis, da AGX. Segundo o executivo, sempre que é necessário testar o avião de um cliente, a empresa precisa obter uma permissão da Justiça. Gustavo Nogueira, da São Fernando Açúcar e Álcool, diz que seus vants têm capacidade para alcançar até 50 metros de altura e voar numa rota programada. Mas, sem autorização da Anac, não sobem mais de 30 metros e só voam por controle remoto.

Segundo a Anac, até hoje apenas um dono de vant foi autuado no país por usar o equipamento sem autorização. Uma proposta de regulamentação deve ficar pronta até o final de 2013, com previsão para ser aprovada no final de 2014, informa a agência.



Figura 38 - Timeline Drones 1782 à 1940

Fonte : Hugo Souza (2014)

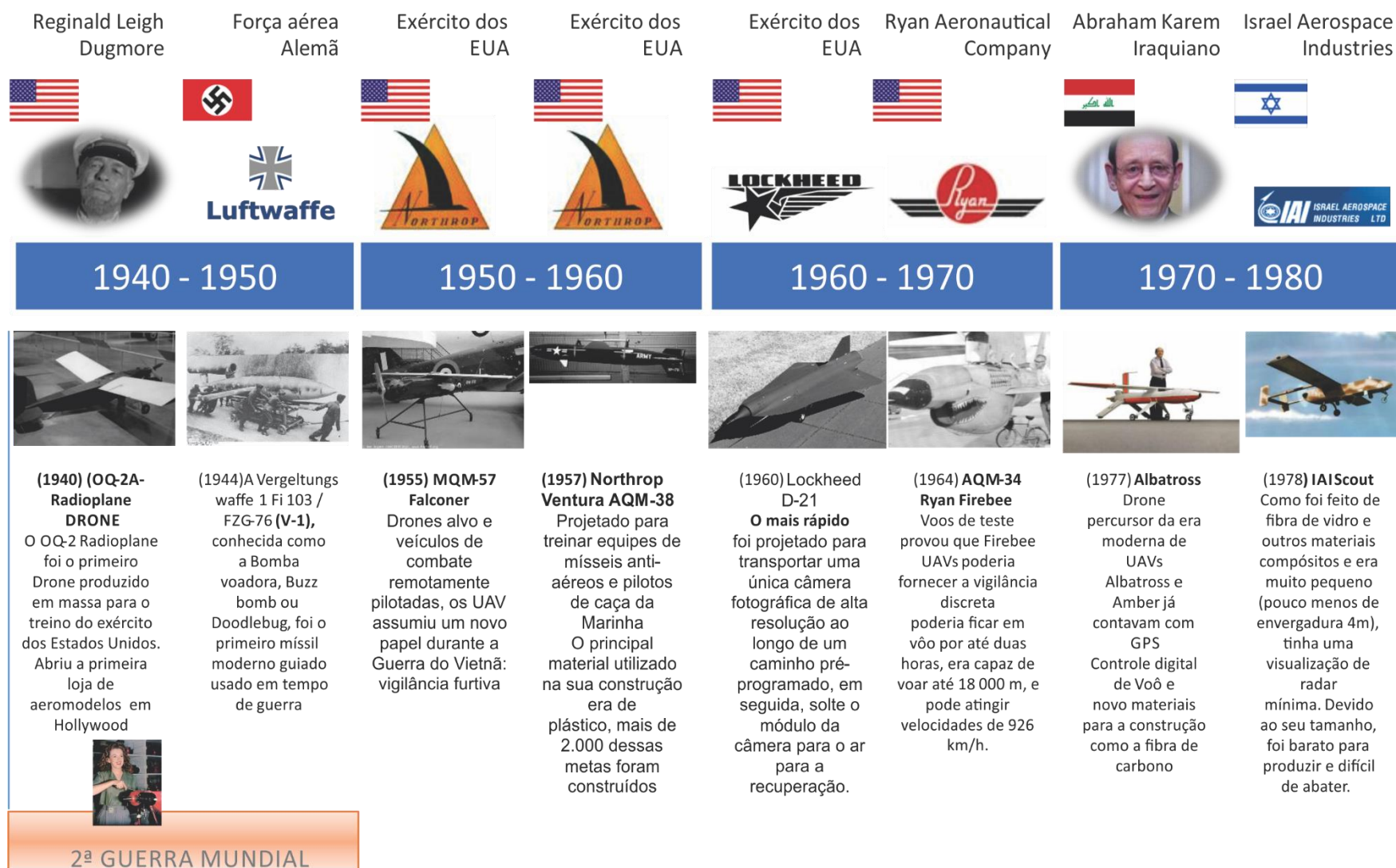


Figura 39 - Timeline Drones 1740 à 1980

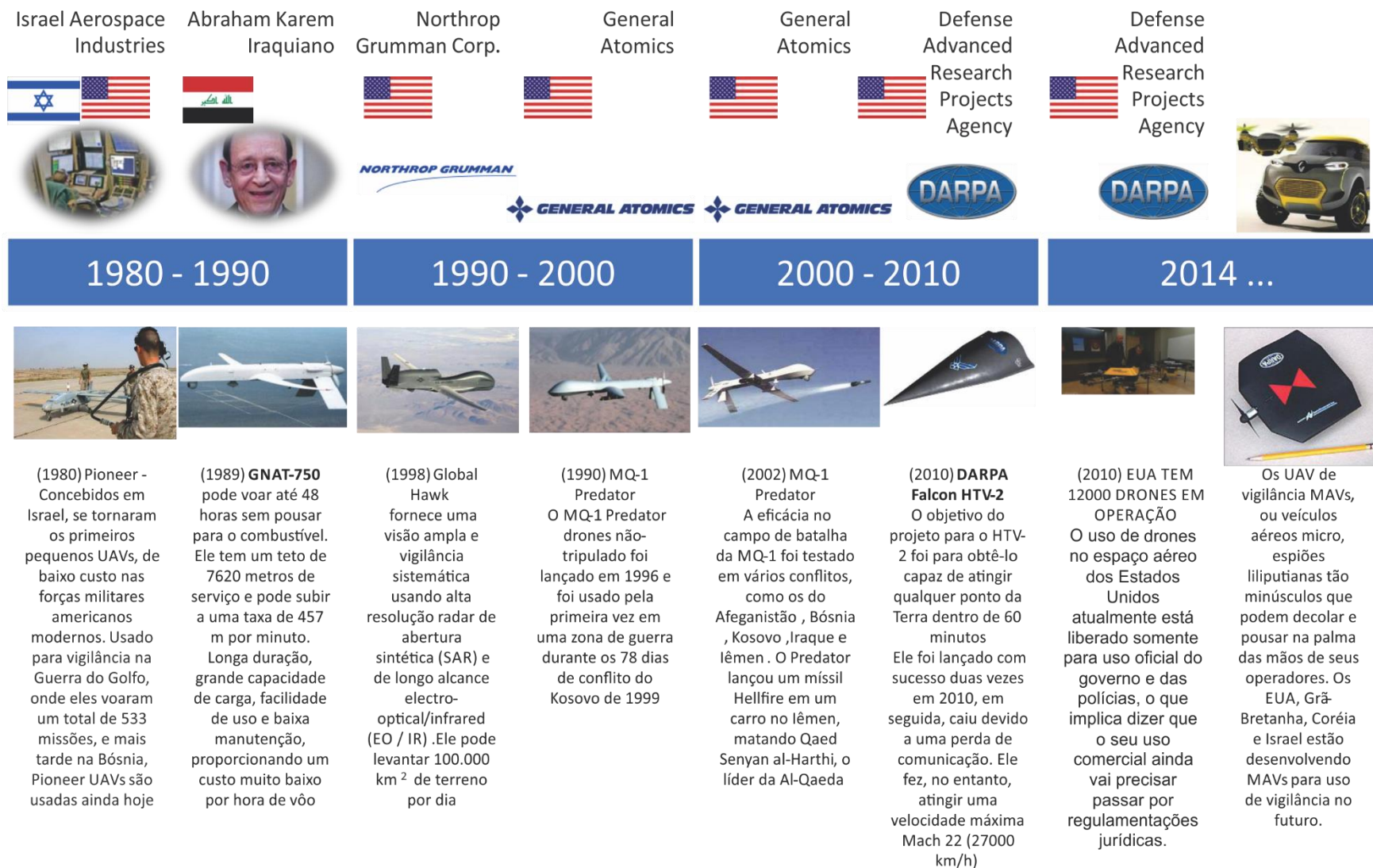


Figura 40 - Timeline Drones 1780 à 2014