

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO DO CÂMPUS CURITIBA
ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO DO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

THAMIRES ANTUNES BETIN

IMPRESSÃO 3D APLICADA NA FABRICAÇÃO BONECOS
PERSONALIZADOS, BONECOS COLECIONÁVEIS E BONECOS
ARTICULADOS

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2014

THAMIRES ANTUNES BETIN

**IMPRESSÃO 3D APLICADA NA FABRICAÇÃO BONECOS
PERSONALIZADOS, BONECOS COLECIONÁVEIS E BONECOS
ARTICULADOS**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Gestão do Desenvolvimento de Produtos, da Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação do Câmpus Curitiba, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Me. David Kretschek

CURITIBA

2014

RESUMO

BETIN, Thamires Antunes. **Impressão 3D aplicada na fabricação bonecos personalizados, bonecos colecionáveis e bonecos articulados**. 2014. 26p. Monografia (Especialização em Gestão do Desenvolvimento de Produtos) – Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação do Câmpus Curitiba, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

A manufatura aditiva, utilizada amplamente na área industrial, tem se tornado cada vez mais acessível no uso doméstico e na criação de aplicações personalizadas dos usuários. Este trabalho tem como proposta analisar essas aplicações personalizadas, sobretudo na produção de bonecos colecionáveis e bonecos articulados e verificar se a manufatura aditiva pode substituir a aquisição dos bonecos produzidos por manufatura tradicional. Para isso, é realizada uma pesquisa exploratória onde são levantadas as principais características de cada processo de manufatura aditiva utilizadas na fabricação dos bonecos e então classificados segundo sua adequação a cada categoria dos bonecos. O trabalho identifica os processos mais adequados à confecção de bonecos personalizados e discute sobre as vantagens, limitações e custos relacionados à obtenção dos bonecos através da manufatura aditiva.

Palavras-chave: Impressão 3D, Manufatura Aditiva, Escaneamento 3D, Bonecos Personalizados.

ABSTRACT

BETIN, Thamires Antunes. **3D printing applied in the manufacture personalized dolls, collectible dolls and action figures**. 2014. 26p. Monograph (Specialization in Product Development Management) - Director of Research and Graduate Campus of Curitiba, Federal Technological University of Paraná.

The additive manufacturing, widely used in industry, has become increasingly accessible in the home and in creating custom user applications. This paper aims to analyze these custom applications, especially in the production of collectible dolls and action figures and verify that the additive manufacturing can replace the acquisition of dolls produced by traditional manufacturing. For this, an exploratory survey is conducted where are raised the main features of each additive manufacturing process used in the manufacture of the dolls and then classified according to their suitability for each category of the dolls. The work identifies the processes best suited to making custom dolls and discusses the advantages, limitations and costs related to obtaining the dolls through additive manufacturing.

Keywords: 3D Printing, Additive Manufacturing, 3D Scanning, Custom Dolls.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – REPRESENTAÇÃO DO PROCESSO DE MANUFATURA POR CAMADAS.....	08
FIGURA 2 – PRINCÍPIO BÁSICO DO PROCESSO 3DP.....	11
FIGURA 3 – PRINCÍPIO BÁSICO DO PROCESSO FDM.....	12
FIGURA 4 – PRINCÍPIO BÁSICO DO PROCESSO IJP DAS TECNOLOGIAS POLYJET E INVISION.....	13
FIGURA 5 – PRINCÍPIO BÁSICO DO PROCESSO IJP DA BENCHTOP E THERMOJET.....	14
FIGURA 6 – PRINCÍPIO BÁSICO DO PROCESSO SLS.....	15
FIGURA 7 - PRINCÍPIO BÁSICO DO PROCESSO SLA.....	16
FIGURA 8 – BONECOS PERSONALIZADOS DA TWINKIND.....	18
FIGURA 9 - BONECOS PERSONALIZADOS STAR TREK DA CUBIFY.....	18
FIGURA 10 - BONECO COLECIONÁVEL MY LITTLE PONEY – HASBRO.....	19
FIGURA 11 - BONECO ARTICULADO DA MODIO.....	20
FIGURA 12 – BONECO ARTICULADO MODIBOT V1.....	21

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	06
2 OS PROCESSOS DE MANUFATURA ADITIVA NA OBTENÇÃO DE BONECOS PERSONALIZADOS.....	08
2.1 Manufatura aditiva.....	08
2.2 Impressão tridimensional.....	10
2.3 Modelagem por fusão e deposição.....	12
2.4 Impressão por jato de tinta (IJP).....	13
2.5 Sinterização seletiva a laser (SLS).....	15
2.6 Esteriolitografia (SLA).....	16
2.7 Aplicações.....	17
2.7.1 Bonecos personalizados.....	17
2.7.2 Bonecos colecionáveis.....	19
2.7.3 Bonecos articulados.....	20
3 RESULTADOS.....	22
3.1 Custos.....	22
3.2 Vantagens.....	22
3.3 Desvantagens.....	23
4 CONCLUSÕES.....	24
REFERÊNCIAS.....	25

1 INTRODUÇÃO

A Tecnologia de Manufatura Aditiva (AM), popularizada como Impressão 3D, vem ganhando muita notoriedade nos últimos anos. Segundo Anderson (2012), a manufatura aditiva faz parte de uma nova revolução industrial baseada na produção sob demanda, onde qualquer pessoa que possua uma impressora 3D produz objetos em sua própria casa ou ainda o encomende para um bureau que forneça o serviço de impressão 3D.

Apesar da recente popularidade, a tecnologia teve seu primeiro processo comercial disponível em 1988 pela empresa americana 3D Systems e é amplamente utilizada desde então na área industrial e de desenvolvimento de produtos, para a obtenção de protótipos para testes conceituais e funcionais, sendo considerada uma importante ferramenta para diminuir o tempo de desenvolvimento de produtos e antecipando mudanças nas fases iniciais do processo.

Com o fim da patente de um dos processos de manufatura aditiva conhecido como Fused Deposition Modeling (FDM) em 2009, houve um lançamento significativo de novas impressoras 3D no Mercado, além do surgimento de comunidades para criação e modificação de hardware aberto como a RepRap e a Fab@home, onde as modificações são feitas pelos usuários de tais comunidades (GORNÍ, 2001). Utilizada por aplicações profissionais como próteses médicas, protótipos de produtos, molde para jóias, entre outros, a Prototipagem rápida encontra nas aplicações demandadas pelo usuário comum, mais uma oportunidade de aprimoramento dos processos existentes e criação de novos, até que qualquer aplicação seja possível.

O objetivo geral desta pesquisa é atestar a possibilidade da manufatura aditiva em substituir a manufatura tradicional na obtenção de bonecos personalizados, e os objetivos específicos são identificar os processos mais adequados à fabricação de bonecos e discutir sobre as vantagens, limitações e custos ao utilizar cada processo para este fim.

A metodologia utilizada para a realização deste trabalho foi a pesquisa exploratória, onde buscou-se levantar as características de cada processo de manufatura aditiva segundo os critérios de vantagens e desvantagens dos processos, segundo a variedade de materiais disponíveis, qualidade do acabamento da peça obtida, a complexidade na obtenção da peça finalizada e os custos envolvidos. Após

esse levantamento, foram classificados os processos mais adequados à fabricação de bonecos, exemplificados pelas categorias de bonecos definidas.

2 OS PROCESSOS DE MANUFATURA ADITIVA NA OBTENÇÃO DE BONECOS PERSONALIZADOS

2.1 Manufatura aditiva

A AM pode ser definida como um processo de fabricação através do processamento de camadas planas de material, sequencialmente depositadas sobre a camada anterior, gerando a peça física, baseado no princípio de manufatura por camada, conforme exemplificada na figura 1. (VOLPATO, 2007).

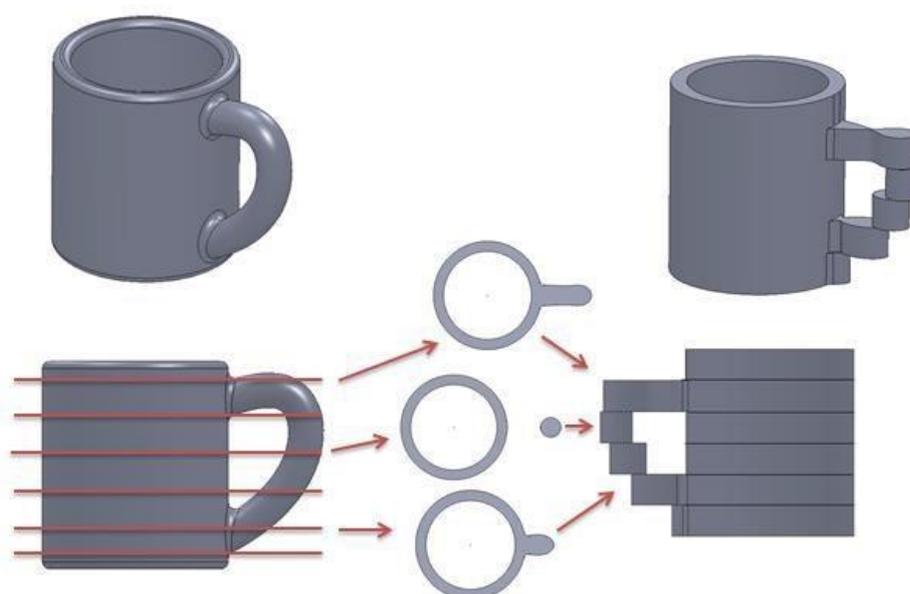


Figura 1 - Representação do processo de manufatura por camadas
Fonte: Autores (2014)

Na figura 1 é demonstrado o processo de manufatura por camadas, iniciando-se no desenho tridimensional, posteriormente fatiado ainda pelo software em camadas planas que são depositadas de acordo com sua disposição no objeto, por fim confeccionado.

Inicialmente, os processos de AM eram classificados de acordo com o estado inicial da matéria prima utilizada, como sólido, líquido e em pó. Hoje são muito mencionados segundo as nomenclaturas comerciais de seus fabricantes. Para fins de padronização os processos de AM foram classificados de acordo com o princípio de funcionamento, pelo órgão Americano *American Society for Testing and Materials*, ASTM, conforme a norma ASTM F2792:

- a) *Binder Jetting* / Jateamento de Aglutinante: Um processo de manufatura aditiva em que um agente de ligação líquido é depositado seletivamente para juntar materiais em pó;
- b) *Directed Energy Deposition* / Deposição por energia dirigida: Um processo de manufatura aditiva em que uma fonte de energia térmica (tais como laser, feixe de elétrons ou jato de plasma) é direcionado para fundir materiais em seu ponto de fusão à medida que as camadas são depositadas;
- c) *Material Extrusion* / Extrusão de material: Um processo de manufatura aditiva em que o material é seletivamente depositado através de um bico extrusor;
- d) *Material Jetting* / Impressão por Jateamento: Um processo de manufatura aditiva em que as gotas do material de construção são depositadas seletivamente em camadas, exemplos de materiais são os fotopolímero e cera;
- e) *Powder Bed Fusion* / Fusão de pó em leito: Um processo de manufatura aditiva em que uma fonte de energia térmica funde regiões seletivas em uma cama de pó de acordo com as informações do sistema CAD;
- f) *Sheet Lamination* / Laminação de folha: Um processo de manufatura aditiva no qual folhas do material são ligadas seletivamente para formar o objeto;
- g) *Vat Photopolimerization* / Fotopolimerização em Cuba: Um processo de manufatura aditiva em que um líquido fotopolímero em um tanque é seletivamente curado por meio de polimerização ativado pela luz.

Na tabela abaixo são apresentados os principais fabricantes e processos segundo sua classificação na Manufatura Aditiva:

Tabela 1 - Os principais processos de Prototipagem Rápida

Categorias de Processos	Tecnologia	Empresa
Jateamento de Aglutinante	Impressão tridimensional, 3DP	Z Corporation
	Impressão tridimensional, 3DP ProMetal	Ex One Corporation
Deposição por energia dirigida	Fabricação da forma final a laser, LENS	Optomec
Extrusão de material	Modelagem por fusão e deposição, FDM	Stratasys
Impressão por Jateamento	Impressão por jato de tinta, IJP InVision	3D Systems
	Impressão por jato de tinta, IJP Polyjet	Objet

continuação da Tabela 1 - Os principais processos de Prototipagem Rápida

Categorias de Processos	Tecnologia	Empresa
	Impressão a jato de tinta, IJP Thermojet	3D Systems
	Impressão a jato de tinta, IJP Benchtop	Solidscape
Fusão de pó em leito	Sinterização seletiva a laser, SLS	3D Systems
	Sinterização a laser, EOSINT	EOS
Laminação de folha	Manufatura laminar de objetos, LOM	Cubic Technology
	Tecnologia com lâminas de papel, PLT	Kira
Fotopolimerização em Cuba	Estereolitografia, SL	3D Systems

Fonte: Adaptado de Volpato (2007)

Algumas das tecnologias apresentadas acima são comumente utilizadas na fabricação de protótipos para desenvolvimento de produtos e em escala industrial, tais como LENS e EOSINT, capazes de produzir peças metálicas e não metálicas com alta resistência mecânica. Outras tecnologias como a LOM foram descontinuadas, segundo Wholers (2001) devido às falhas de estratégia da empresa criadora da tecnologia, Helisys. As demais tecnologias apresentadas na tabela 1 serão detalhadas abaixo.

2.2 Impressão tridimensional (3DP)

A impressão tridimensional 3DP, classificada como um processo *Binder Jetting*, foi desenvolvida pelo MIT, nos EUA e foi licenciada para continuação de desenvolvimento e uso comercial por 6 empresas, entre as quais estão a Z corporation, adquirida pela 3D Systems, e a ExOne Corporation. O processo é exemplificado na figura 2, a seguir.

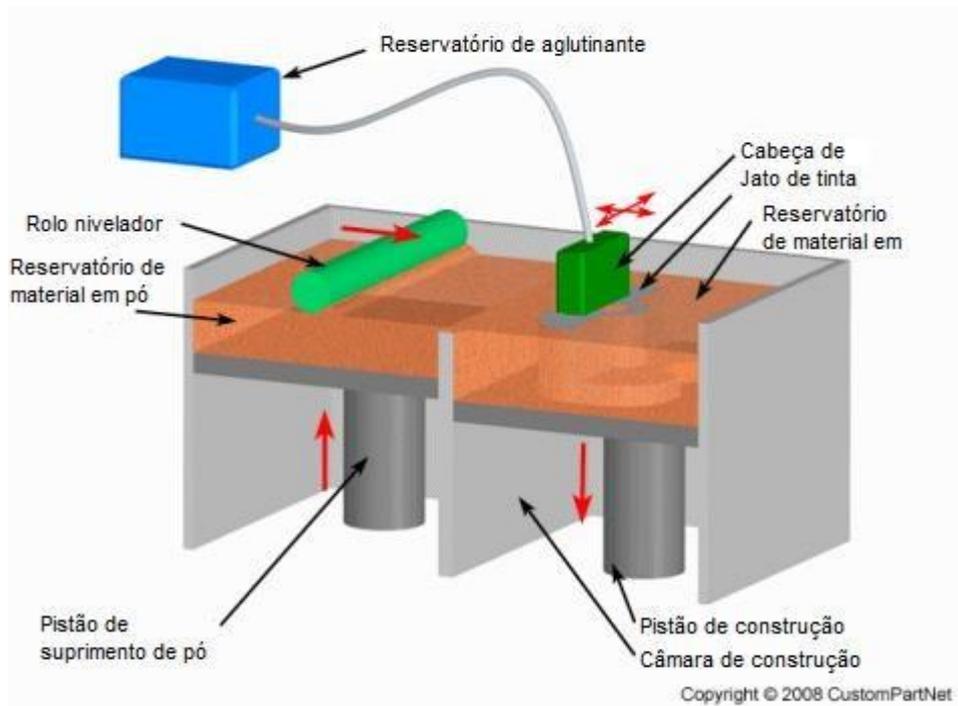


Figura 2 - Princípio básico do processo 3DP
 Fonte: Adaptado de Custompartnet (2008a)

No processo 3DP, um rolo espalha o material em pó e uma cabeça de impressão tipo jato de tinta deposita o aglutinante de acordo com a geometria da camada, a plataforma onde o material está então desce e o processo continua até que o objeto seja formado completamente.

Por utilizar material em pó, uma das grandes vantagens deste processo é poder utilizar uma variedade maior de materiais, tais como cerâmica, metal, gesso, material a base de amido e polímero, dependendo da máquina. Segundo Volpato *et al.* (2007) o processo é bastante rápido, não há necessidade de criação de suporte na construção da peça, pois o pó não utilizado atua como suporte natural e uma das desvantagens deste processo é a necessidade de pós processamento da peça, seja para limpeza, infiltração de resinas para melhorar a resistência ou dar flexibilidade à peça. Mesmo com a infiltração de resinas, o objeto não obtém resistência suficiente, o que limita sua aplicação a testes funcionais, porém, devido à possibilidade de se fazer objetos coloridos, seu uso é bem difundido na produção de protótipos visuais, personagens e maquetes.

2.3 Modelagem por fusão e deposição

O processo conhecido por *Fused Deposition Modeling* (FDM) foi desenvolvido pela empresa Americana Stratasys em 1988 e teve sua primeira máquina comercializada em 1992. Como mencionado anteriormente, foi uma das primeiras patentes a vencer, o que gerou um enorme desenvolvimento de máquinas com esta tecnologia (GORNI, 2001). Impressoras 3D que são baseadas no processo FDM são as mais acessíveis atualmente sendo hoje encontradas máquinas para vender no Brasil a preços que variam em torno de R\$2.000,00 para modelos baseados no hardware livre RepRap em sites como o *RepRap3d.com.br*, e R\$4.998,00, para a impressora de mesa Cube, da 3D Systems, no site do *Walmart*. O Processo é apresentado na figura 3, a seguir.

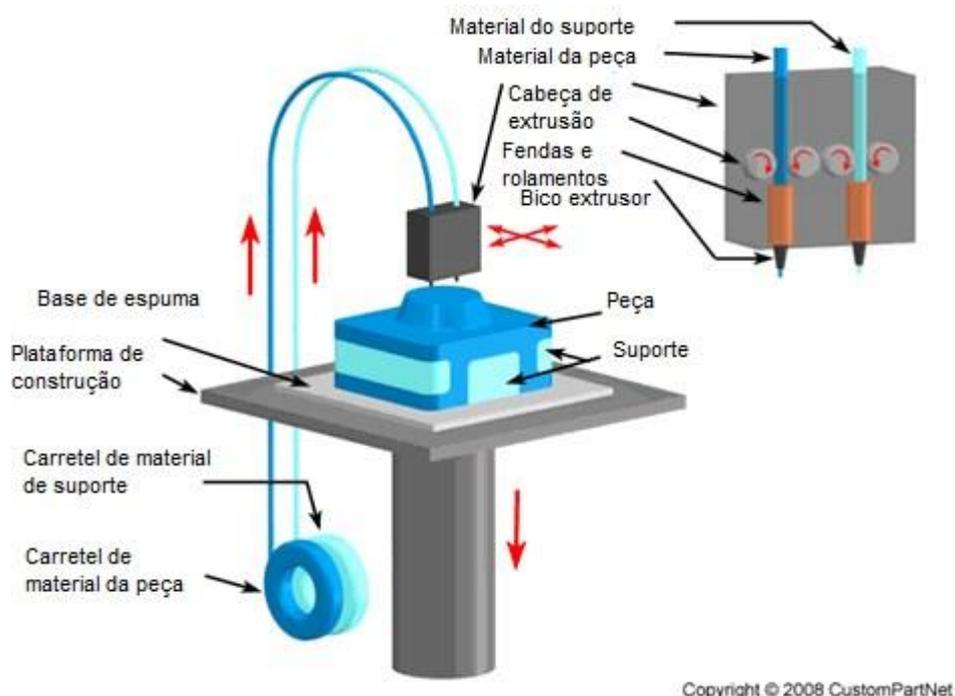


Figura 3 - Princípio básico do processo FDM
Fonte: Adaptado de Custompartner (2008b)

Neste processo, o material é depositado através da extrusão, ou seja, o material tem sua passagem forçada através do bico extrusor pelo próprio material que vem em formato de filamento. A cabeça de extrusão então aquece o material até que ele atinja um estado semi-líquido e o deposita em movimentos nos eixos X e Y até formar a camada. O material depositado se solidifica ao entrar em contato com a

camada anterior, aderindo à mesma. A mesa então se desloca para baixo em eixo Z no valor da espessura da camada e o processo se inicia novamente.

Segundo Volpato (2007), algumas peças produzidas pelo processo FDM possuem até 85% da resistência de peças obtidas por injeção do mesmo material, servindo como peças funcionais. No entanto, não possui uma precisão muito alta e necessita de suportes para regiões não conectadas ao corpo da peça, e que portanto, não poderiam ser construídas. Esses suportes são feitos em material mais quebradiço e podem ser retirados facilmente. Existem também soluções líquidas para ajudar na retirada do suporte.

Os materiais mais utilizados nesse processo são o plástico à base de petróleo ABS, e o PLA, à base de milho, disponíveis em grande variedade de cores e a um preço igualmente acessível, no site *filamentos3dbrasil*, o rolo de 1Kg, custa em torno de R\$120,00, material suficiente para produzir muitas peças.

2.4 Impressão por jato de tinta (IJP)

Os processos por impressão por jato de tinta diferem em importantes detalhes de acordo com a empresa desenvolvedora, mas basicamente consiste em deposição do material através de um cabeçote tipo jato de tinta, semelhante aos usados em impressoras Deskjet. Como exemplificados abaixo, no caso da PolyJet, a figura 4.

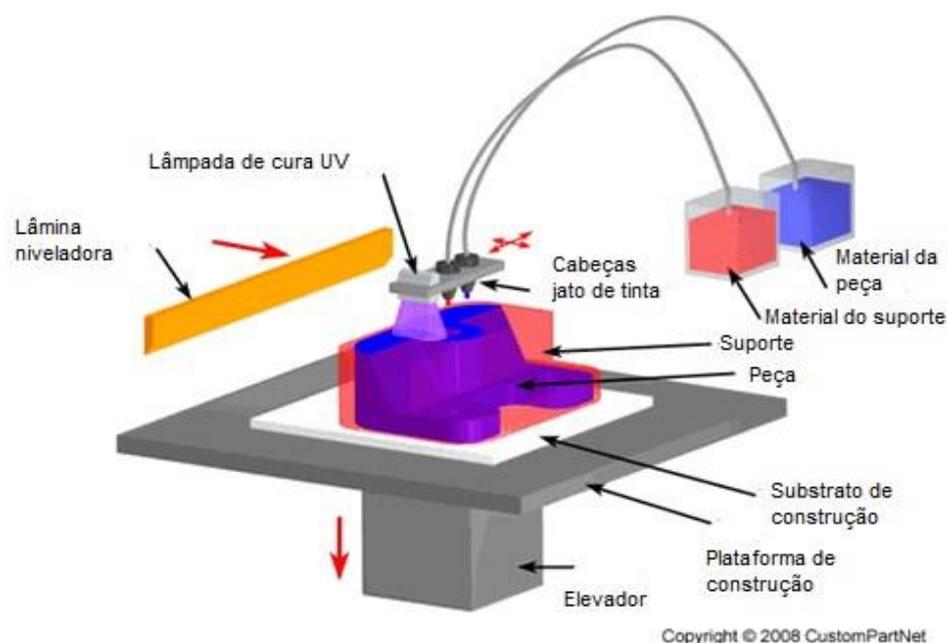


Figura 4 - Princípio básico do processo IJP das tecnologias PolyJet e InVision
Fonte: Adaptado de Custompartnet (2008c)

No processo acima, da empresa Israelense Objet e da InVision da 3D Systems, o material após depositado sobre a camada recebe uma luz ultravioleta que cura o material. Nesses processos também há necessidade de suporte, sendo o material do suporte diferente do material da peça e necessitando de pós processamento para retirá-lo. Na figura 5 pode se notar a diferença em relação ao processo anterior.

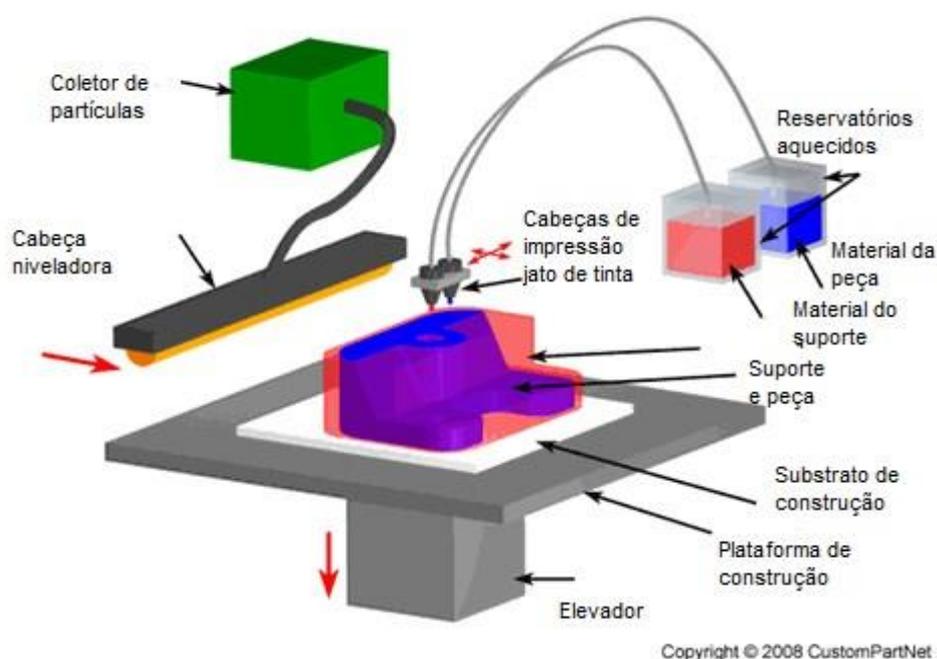


Figura 5 - Princípio básico do processo IJP da Benchtop e ThermoJet
Fonte: Adaptado de Custompartnet (2008d)

Nos processos Benchtop da Americana Solidscape e ThermoJet da 3D Systems não há necessidade da cura por luz ultravioleta, uma vez que o material se solidifica ao entrar em contato com a camada depositada anteriormente. Nesses processos o material para o suporte é o mesmo da peça.

Entre as vantagens das tecnologias desenvolvidas com a Impressão por Jato de Tinta estão a alta resolução das peças obtidas, sendo amplamente utilizadas no design de jóias e peças que exigem alto detalhamento. As desvantagens são a necessidade de pós processamento para remoção de suportes e ter poucos materiais disponíveis (VOLPATO, 2007).

2.5 Sinterização seletiva a laser (SLS)

O Processo de SLS foi desenvolvido na Universidade do Texas e em 1987 a empresa DTM foi fundada para comercializar o produto em 1992. Em 2002 a 3D Systems comprou a DTM. (VOLPATO, 2007). O princípio básico do processo é exemplificado pela figura 6, a seguir.

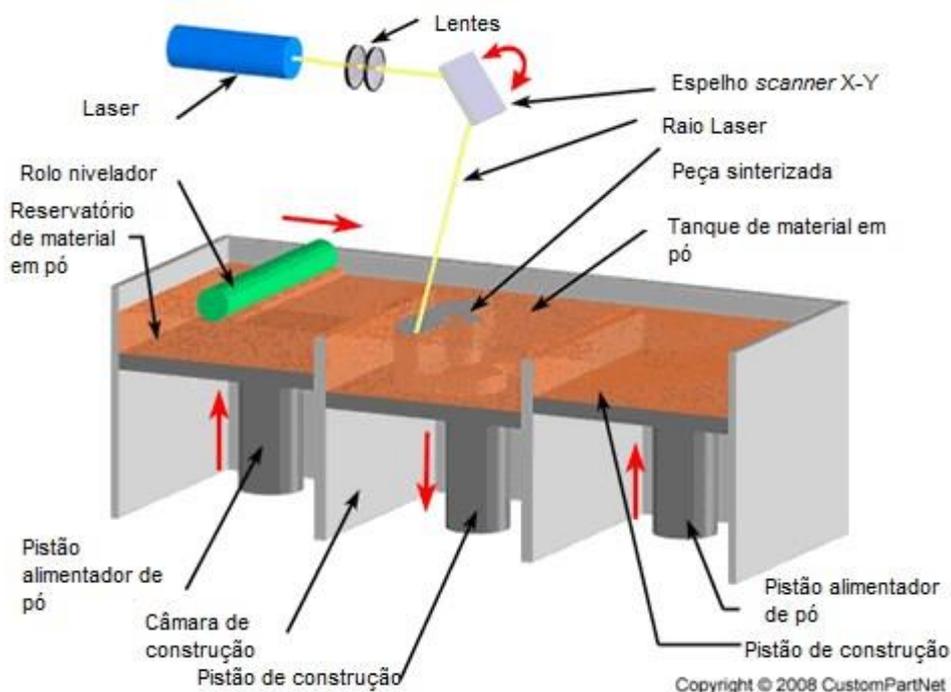


Figura 6 - Princípio básico do processo SLS
Fonte: Adaptado de Custompartnet (2008e)

O processo se inicia com um rolo que espalha e nivela o material dentro de uma câmara aquecida e controlada por nitrogênio, um feixe de laser é deslocado pela superfície onde há material e sinteriza as partículas de acordo com as informações da camada a ser impressa. A plataforma onde está sendo construído o material desce e uma nova camada é espalhada e o processo se repete até a finalização da peça.

Segundo Volpato (2007), as vantagens desta tecnologia são a variedade de materiais que podem ser processados em uma mesma máquina, as características das peças obtidas, pois se aproximam bastante do produto final, e portanto podem ser utilizadas em testes práticos e produtos que exijam mais resistência; não é necessário suporte para regiões não conectadas e é possível empilhar várias peças para produção, as desvantagens residem no fato do custo da máquina e o consumo de energia utilizado serem altos e o acabamento não ser muito bom.

2.6 Esteriolitografia (SLA)

O processo da Esteriolitografia foi o primeiro processo de prototipagem rápida a ser comercializado, em 1988, pela empresa americana 3D Systems e é o processo mais utilizado até hoje (VOLPATO, 2007). A Figura 7 exemplifica o funcionamento deste processo.

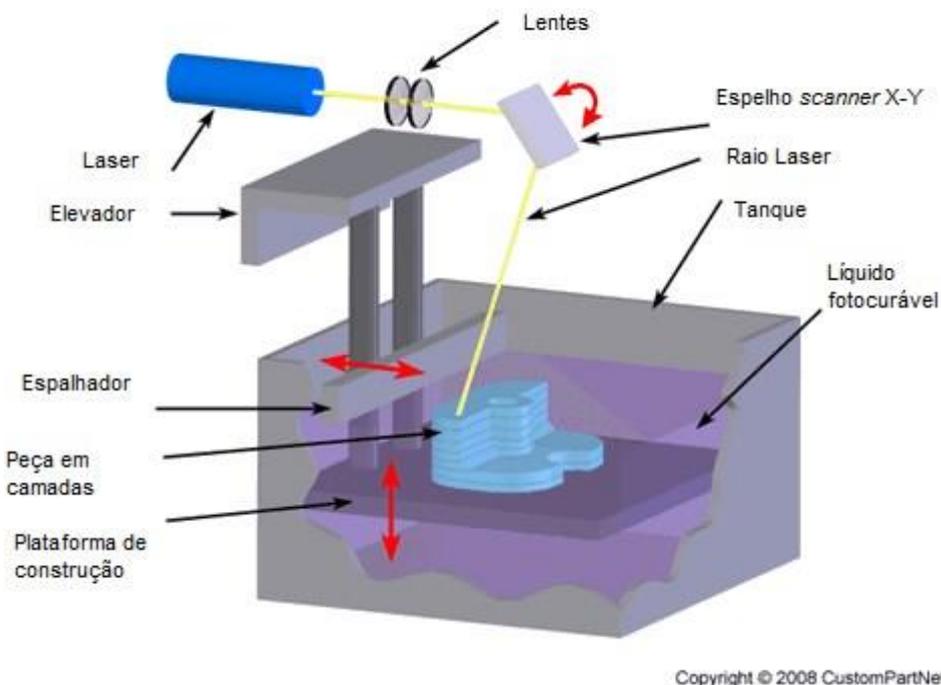


Figura 7 - Princípio básico do processo SLA
Fonte: Adaptado de Custompartnet (2008f)

Este processo se inicia com a movimentação de um feixe de laser sobre o material, uma resina líquida fotocurável, que quando exposta ao feixe de laser, muda do estado líquido para o sólido, e gera uma camada. O processo então se repete, na camada acima.

O processo requer um pós processamento para primeiramente limpar a peça com solvente para remover a resina não curada pelo processo, é necessário também retirar os suportes criados para a peça e então ela é levada a um forno UV, onde a resina obtém a cura por completo e tem sua resistência mecânica aumentada, se necessário, a peça recebe ainda um acabamento superficial. Segundo Volpato (2007), É um dos processos mais difundidos, com melhor precisão, e possui uma alta qualidade superficial, o que a faz um dos melhores processos de prototipagem rápida. Porém, possui algumas desvantagens como poucos materiais disponíveis, material

tóxico que exige cuidado no manuseio e a necessidade de várias etapas de pósprocessamento.

2.7 Aplicações

As aplicações de prototipagem rápida, como mencionado anteriormente, tem forte presença nas empresas ligadas à engenharia e manufatura. Elas investem no teste de novos conceitos e na produção de protótipos para o desenvolvimento de produtos. No entanto, com a popularização da impressão 3D, surgiram diversas propostas de aplicações para o uso pessoal. Em pesquisa exploratória pelo tema em sites de prestadores de serviços de impressão 3D, as categorias mais comuns aos sites são as de bonecos personalizados, bonecos colecionáveis, objetos de decoração e utensílios domésticos, brinquedos, joias e acessórios para celular. A Empresa de e-commerce americana *Amazon*, inaugurou recentemente sua loja 3D e oferece produtos impressos em 3D e que podem ser personalizados pelo comprador, tais como bonecos colecionáveis e pingentes com o nome de seus animais de estimação.

2.7.1 Bonecos personalizados

Uma das categorias mais populares, os bonecos personalizados são miniaturas detalhadas e coloridas semelhantes às imagens que o cliente deseja, geralmente obtidas após escaneamento 3D. O processo de manufatura aditiva que melhor atende à essa aplicação é o de *Binder Jetting*, como o 3DP por disponibilizarem peças totalmente coloridas e bem detalhadas. Os bonecos podem ser personalizados por inteiro, sendo semelhantes ao comprador da cabeça aos pés, incluindo roupas e acessórios. No site da empresa alemã *Twinkind*, a miniatura de 15cm de uma pessoa com 170cm custa 250 euros, considerando o câmbio atual, o valor somente do produto sairia R\$760,00, sem considerar custos de frete e impostos. Segundo o site *Noah Raford*, na empresa de *Dubai Precise Concepts*, o preço varia de 300 a 400 dólares, ou R\$680,00 a R\$900,00. Nessas empresas, o processo começa com o escaneamento 3D do cliente, tratamento da imagem no programa 3D e por fim, a impressão é feita. O Resultado obtido pelo serviço prestado pela *Twinkind* pode ser visualizado na figura 8, a seguir.



Figura 8 - Bonecos Personalizados da Twinkind
Fonte: Twinkind (2014)

Conforme a figura 8 mostra, o boneco personalizado mostra alto detalhamento e sua possibilidade de empregar cores nos objetos criados.

Segundo o site inglês de notícias *Dailymail*, até mesmo em um supermercado no Reino Unido é possível encomendar uma miniatura personalizada, por um valor menor do que nas empresas anteriores, 40 libras, ou R\$150,00. O escaneamento é mais simples porém o processo de impressão é o mesmo. No Brasil, há empresas que prestam serviços de impressão 3D no processo 3DP, porém não foi encontrada nenhuma que tenha serviço semelhante, com escaneamento e impressão personalizada. No site da empresa americana *Cubify*, da 3D Systems, há a oferta de bonecos com personalização com temática de ficção científica, como na figura a seguir.



Figura 9 - Bonecos Personalizados Star Trek da Cubify
Fonte: Cubify (2014)

A personalização do boneco da figura 9 é somente do rosto. O cliente tira a foto do rosto de frente e de perfil, escolhe um personagem da saga de ficção científica *Star Trek*, a cor da roupa e patente do personagem e finaliza a compra pelo valor de 69,90 dólares, ou R\$159,00 mais custos de frete e impostos.

2.7.2 Bonecos colecionáveis

Outra aplicação que se beneficia das características do processo de *binder jetting*, os bonecos colecionáveis podem ser personagens criados por artistas e designers ou personagens adaptados de filmes e games. No segundo caso pode haver casos que infringem marcas registradas, por serem cópias não autorizadas das mesmas. Algumas empresas já mostraram que querem oferecer soluções para esses casos, como a Hasbro, que fez parceria com o site de vendas de produtos impressos em 3D *Shapeways*. O acordo permitiu a criação de bonecos inspirados no desenho *My Little Pony*, que são comercializados por cerca de 65 dólares, para um boneco colorido de 7,5cm, semelhante ao boneco apresentado na figura 10, a seguir.



Figura 10 - Boneco Colecionável My Little Pony - Hasbro
Fonte: Shapeways (2014)

Em comparação com bonecos colecionáveis produzidos por manufatura tradicional, igualmente coloridos (pintados à mão ou a máquina), feitos em resina, os preços não são tão competitivos mas estão bem próximos. Uma miniatura do Pato Donald de 11cm custa cerca de 49,95 dólares no site americano de colecionáveis *Things from Another World*.

2.7.3 Bonecos articulados

Os brinquedos manufaturados tradicionalmente são em sua maioria feitos de plásticos e os brinquedos feitos em impressoras 3D também utilizam essa matéria prima. Bonecos montáveis e articulados são bons exemplos de aplicações de brinquedos. A empresa *Modio Inc.* criou um aplicativo para *iPad* em que o usuário escolhe entre algumas opções de peças para criar um boneco articulável que pode ser impresso em plástico, por impressoras 3D mais acessíveis, como em uma *MakerBot Replicator*, impressora baseada no processo de Modelagem por fusão e deposição, ou FDM. Todo o processo é bem fácil, sendo possível imprimir várias peças de uma mesma cor de uma vez, a vantagem deste boneco é poder imprimir somente as peças necessárias, e a opção de personalização de texturas e cores sólidas nas peças existentes. A figura 11 mostra o desenho tridimensional do boneco feito utilizando o aplicativo da empresa.



Figura 11 - Boneco articulado da Modio
Fonte: Autores (2014)

Foram realizados orçamentos para impressão do boneco articulado da figura 10 em empresas prestadoras de serviços, e o custo médio para imprimir um boneco em plástico ABS pelo processo FDM foi de R\$300,00.

Outro exemplo de boneco articulável são os *ModiBots*. Eles já vêm em formato de kits, desde kits iniciais que permitem a montagem de 1 ou mais bonecos até kits de acessórios. Em contato com a empresa, esta informou que os kits iniciais são manufaturados tradicionalmente para que se tenha um boneco forte e durável, já os acessórios são impressos em 3D em plástico poliamida pelo processo SLS. Um kit do modelo Mo 5" V3 custa cerca de 10 dólares e os kits de acessórios tem preços variados. A Empresa também disponibiliza para download gratuito os arquivos STL da primeira versão do boneco para que o cliente imprima em plástico ABS ou PLA, através do processo FDM por sua acessibilidade, porém mencionam que as peças são otimizadas para impressão em SLS. Um boneco *Modibot* pode ser visualizado na figura 11, a seguir:

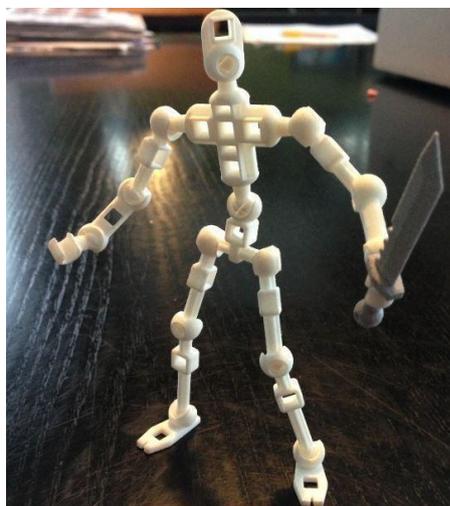


Figura 12 – Boneco articulado Modibot V1
Fonte: Modibot (2014)

Foram feitos orçamentos para a impressão 3D do boneco da figura 11 em empresas e instituições prestadoras de serviço. O custo para imprimir o boneco pelo processo *PolyJet* com o material *FullCure720* é de R\$60,00 de material, se forem considerados taxas de setup e horas máquina, o custo sobe para R\$205,00. O resultado é uma peça altamente detalhada, porém em cores sólidas. Se o *Modibot* for impresso em ABS pelo processo FDM, o custo será de R\$300,00, nesse caso o acabamento será menos detalhado, mas a peça terá boa resistência para realizar seus movimentos. Na data do acesso ao site dos *Modibots*, a entrega oferecida pela empresa era somente para território americano.

3 RESULTADOS

Aqui são analisados 3 critérios envolvendo a aplicação dos processos na fabricação de bonecos. São eles, custos, vantagens e desvantagens.

3.1 Custos

Em se tratando de valores para se produzir uma peça utilizando a impressão 3D, alguns fatores limitam seu uso para as aplicações mencionadas, tais como custo alto de algumas tecnologias e materiais. Ao se comparar peças feitas em 3D com itens de tamanhos e características similares produzidos tradicionalmente, nota-se que o custo ainda é muito alto. Se a peça for comprada de provedores de serviços estrangeiros, além do valor do produto, o custo é encarecido pelo valor do frete internacional e dos impostos. Os valores para imprimir peças no Brasil também são caros, pois os provedores de serviços repassam os custos com a importação de máquinas no cálculo de horas-máquina, manutenção de equipamento e de material importado no valor do produto. Para o entusiasta que quer imprimir suas peças em sua própria impressora, os valores das máquinas mais acessíveis iniciam em R\$ 2.000,00 e os materiais a partir de R\$100,00 por rolo, na tecnologia FDM. É necessário levar esses custos em consideração no momento de levantar o valor da peça. Portanto, imprimir peças, até mesmo em impressoras do processo FDM ainda é caro para o usuário final.

3.2 Vantagens

As vantagens de se produzir peças em impressão 3D estão na customização; na não necessidade de que o produto já esteja disponível no Mercado, portanto reside na criação de novas opções de produtos; em se tratando de bonecos personalizados, numa solução única que só seria possível nas mãos de um artista que faça esculturas das miniaturas, o que poderia não ter a mesma acuidade do que a imagem adquirida em um escaneamento 3D e replicada pela impressão 3D. No caso dos bonecos colecionáveis, as vantagens residem em trazer ao plano físico novos personagens, personagens já existentes em filmes e games, porém sem fabricação industrial, e na vantagem de se desenvolver peças de maiores complexidade e variedade. Bonecos

articulados com opções variadas de acessórios e peças que se encaixam, e facilidade de adquirir peças de reposição.

3.3 Desvantagens

Além do custo alto já mencionado, existe a desvantagem da limitação da utilização dos materiais para que as aplicações possam ser mais elaboradas. No caso do processo FDM, somente é possível utilizar cores sólidas de matéria prima. Caso o usuário queira um boneco articulado com pintura de rosto e outros detalhes, é necessário fazer a mão. Já no processo 3DP, que permite a aplicação de cor, a peça acaba apresentando uma textura diferente e uma resistência mecânica menor, o que não permite encaixes e manuseio frequente, ou ainda, a possibilidade de construir bonecos com peças de diferentes materiais e características é ainda menos acessível. Os altos custos de máquinas e materiais em processos como 3DP e IJP acabam levando o consumidor a depender de prestadores de serviços para terem seus bonecos impressos e tais serviços acabam sendo um custo apenas justificado para empresa e sua necessidade de protótipos para novos produtos.

4 CONCLUSÕES

O que se observa, ao levantar informações sobre impressão 3D de bonecos, é que essa tecnologia ainda não é acessível para este tipo de criação. A obtenção de bonecos personalizados produzidos com maior detalhamento de cores e formas possíveis depende da disponibilidade de prestadores de serviços de escaneamento 3D e impressão 3D e do custo de aquisição dos bonecos. No caso da possibilidade da produção dos bonecos personalizados feitos pelo próprio usuário, há a necessidade de dominar as ferramentas de desenho tridimensional, escaneamento e impressão 3D e conhecer a complexidade do processo além dos altos custos de equipamentos e materiais. O mesmo pode se afirmar em relação aos bonecos colecionáveis e articulados, pois pelas características dos produtos, a produção utiliza-se de processos de Manufatura aditiva em que o custo de aquisição de máquina e material é caro, e no caso do Brasil, a quantidade de prestadores de serviços de impressão é reduzida, deixando o usuário à mercê de pagar por custos exorbitantes de frete e impostos, ao importar os bonecos dos prestadores de serviços estrangeiros, que dispõe de quase, senão todos os processos de manufatura aditiva para a oferecer o serviço de impressão 3D sob demanda. Além das limitações mencionadas acima, cada processo tem sua própria limitação, devido às suas características e ao que foi desenvolvido até hoje na manufatura aditiva. Não há, ainda, um processo de AM que possa oferecer um boneco personalizado colorido, altamente detalhado, resistente ao manuseio e que possa ser montável e articulável, como muitos bonecos produzidos pela manufatura tradicional são. Espera-se que o avanço desta tecnologia traga soluções ainda melhores na criação de bonecos, brinquedos, acessórios e outros objetos de uso pessoal e que principalmente, se tornem mais acessíveis em custo versus benefício.

REFERÊNCIAS

AMAZON.COM. **3D Printing.** Disponível em: <http://www.amazon.com/b/ref=topnav_storetab_3dp?ie=UTF8&node=8323871011> . Acesso em: 01 Ago.2014.

CUBIFY.COM. **3D Me Star Trek.** Disponível em: <<http://cubify.com/en/Store/StarTrek>>. Acesso em: 01 Ago.2014.

CUSTOMPART.NET. **3D Printing.** 2008a. Disponível em: <<http://www.custompartnet.com/wu/3d-printing>>. Acesso em: 01 Jul.2014.

CUSTOMPART.NET. **Fused Deposition Modeling (FDM).** 2008b. Disponível em: <<http://www.custompartnet.com/wu/fused-deposition-modeling>>. Acesso em: 01 Jul.2014.

CUSTOMPART.NET. **Inkjet Printing.** 2008c. Disponível em: <<http://www.custompartnet.com/wu/ink-jet-printing>>. Acesso em 01 Jul.2014.

CUSTOMPART.NET. **Jetted Photopolymer.** 2008d. Disponível em: <<http://www.custompartnet.com/wu/jetted-photopolymer>>. Acesso em 01 Jul.2014.

CUSTOMPART.NET. **Selective Laser Sintering.** 2008e. Disponível em: <<http://www.custompartnet.com/wu/selective-laser-sintering>>. Acesso em 01 Jul.2014.

CUSTOMPART.NET. **Stereolithography.** 2008f. Disponível em: <<http://www.custompartnet.com/wu/stereolithography>>. Acesso em: 01.Jul.2014.

DAILYMAIL.CO.UK. **3D Printing comes to a supermarket near you:** Asda is first UK store to create detailed miniature versions of you and your family. Disponível em: <<http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2450908/Asdas-3D-printing-serviceUK-first.html>>. Acesso em: 01 Ago.2014.

FILAMENTOS3DBRASIL.COM.BR. **Filamento ABS.** Disponível em: <<http://www.filamentos3dbrasil.com.br/filamentos-abs-3mm/1kg/filamento-abs-3mmpara-impressora3d-natural>>. Acesso em 02 Jul.2014.

GORNI, A. A. **Introdução à prototipagem rápida e seus processos.** Revista Plástico Industrial. São Paulo, v. (não informado), p. 230-239, 2001.

HAMMOND, Teena. ZDNET.COM. **Research: 60 Percent of enterprises are using or evaluating 3D printing.** Disponível em: <<http://www.zdnet.com/research-60percent-of-enterprises-are-using-or-evaluating-3d-printing-7000032219/>> Acesso em 01 Ago.2014.

MODIBOT.COM. **Modibot.** Disponível em: <<http://www.modibot.com/product/printmodibot-ver-1-0-file-set/>>. Acesso em: 01 Ago.2014.

MODIO.COM. **Create your own.** Disponível em: <<http://modio3d.com/>>. Acesso em: 01 Ago.2014.

RAFORD, Noah. **3D Printing in the Mall: A Sign of Things to Come.** Disponível em: <<http://noahraford.com/?p=1495>>. Acesso em 01 Ago.2014.

REPRAP3D.COM. **Kit completo para montagem – Impressora 3d Graber.** Disponível em: <<http://www.reprap3d.com.br/produto/kit-completo-para-montagemimpressora-3d-graber.html>>. Acesso em: 02 Jul.2014.

SHAPEWAYS.COM. **My Little Pony.** Disponível em: <<http://www.shapeways.com/model/2210636/my-little-pony-applejack-asymp-75mmtall.html?modelId=2210636&materialId=26>>. Acesso em: 01 Ago.2014.

TFAW.COM. **Things from Another World.** Disponível em: <http://www.tfaw.com/Profile/Disney-Comics-%7Cand%7C-Stories-ClassicCharacters-1%3A-Donald-Duck___384868>. Acesso em: 01 Ago.2014.

TWINKIND.COM. **Twinkind 3d.** Disponível em: <<http://www.twinkind.com/en/product>>. Acesso em: 01 Ago.2014.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ Sistema de Bibliotecas. **Normas para elaboração de trabalhos acadêmicos.** Curitiba: UTFPR, 2009. 116 p. ISBN 9788570140470.

VOLPATO, N. (organizador). **Prototipagem Rápida: tecnologias e aplicações.** São Paulo: Blucher, 2007.

WALMART.COM. **Impressora 3D Cube Azul – 3D Systems.** Disponível em: <<http://www.walmart.com.br/produto/Informatica/Impressoras/3D-Systems/409150Impressora-3D-Cube-Azul---3D-Systems>>. Acesso em 02 Jul.2014.

WOHLERS, Terry. **“Here lies” ...Obituaries of RP Manufacturers.** Disponível em: <<http://wohlersassociates.com/Mar01TCT.htm>>. Acesso em: 01 Jul.2014.