UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO
Engenharia da Computação

FRANCISCO JOSÉ BAIÃO

FUNCIONALIDADES E TECNOLOGIAS DA IMPRESSORA 3D

Itatiba
2012

FRANCISCO JOSÉ BAIÃO – R.A. 002200800531

FUNCIONALIDADES E TECNOLOGIAS DA IMPRESSORA 3D

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Computação da Universidade São Francisco, sob a orientação do Prof. Doutor Claudio Kiyoshi Umezu, como exigência parcial para conclusão do curso de graduação.

Orientador: Prof. Doutor Cláudio KiyoshiUmezu.

Itatiba
2012

DEDICATÓRIA

A minha mãe e meu pai, Eliane Aparecida Cenciani Baião e José Altair Baião, por acreditarem na importância dessa graduação em minha vida e por serem eles quem sempre me apoiaram e incentivaram a não desistir. Este trabalho é um presente para eles, uma forma de retribuir toda a confiança em meu potencial, e por me fazer ser quem eu sou.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, que esteve sempre me ouvindo e me guinado nos momentos de dificuldade.

Aos meus Professores do Curso de Engenharia da Computação que me acompanharam durante esse período acadêmico, em especial ao Professor Doutor Claudio KiyoshiUmezu, que foi meu orientador e a quem tanto solicitei em dúvidas e quem sempre foi muito atencioso.

A toda a minha família, que me incentivaram e me apoiaram em todos os momentos, que sem eles toda essa jornada seria muito mais árdua e difícil, por isso eles possuem um papel muito importante nessa conquista.

Não poderia deixar de fora os grandes amigos que fiz durante esses anos, amigos os quais passei grandes momentos, e os quais me ensinaram muitas coisas boas, agradeço pelos risos que jamais vou esquecer e pela amizade, essas que quero levar por toda a minha vida.

Também gostaria de agradecer a minha namorada Daniella Consentino Sobral Navarro, que me ajudou e me incentivou a concluir esse trabalho e não me deixou em momento nenhum desanimar nem mudar de rumo até a conclusão do mesmo.

EPÍGRAFE

"Determinação, coragem e autoconfiança são fatores para o sucesso. Se estamos possuídos por uma inabalável determinação conseguiremos superá-los.

"Independentemente das circunstâncias, devemos ser sempre humildes, recatados e despidos de orgulho."
(DALAI LAMA)

RESUMO

Esta pesquisa levantada por meio de conteúdo teórico tenta mostrar como essa tecnologia vem facilitando a entrada de usuários e até pequenas empresas no mundo de inventores, logo que com ela cada um pode criar seu próprio protótipo da forma que ele desejar. Com a crescente evolução tecnológica, pode-se notar vários produtos que vem para auxiliar os usuários em suas tarefas, sendo um desses produtos a impressora. Com o crescente desenvolvimento, não é difícil imaginar que certamente haveria o desenvolvimento de uma impressora que fosse capaz de imprimir objetos em 3D (3 dimensões). Esse tipo de ferramenta capacita pessoas a desenvolverem pequenos protótipos em suas casas através de programas como o CAD (*Computer Aided Design*), onde se pode projetar e visualizar um objeto. Para Carvalho (1999), as primeiras máquinas de prototipagem surgiram na década de 40 e trabalhavam no modo de subtração, ou seja, elas partiam de um bloco de material e esculpiam o objeto desejado, escavando ou polindo o material. O objeto é gerado camada por camada perante os modelos transversais da peça obtidas perante o modelo 3D. Ela consegue desenvolver modelos de plástico, madeira, cerâmica e metal. Os desenhos são gerados pela ferramenta CAD no formato .STL que é uma versão monocromática que aproxima o modelo sólido por pequenas facetas ou triângulos. Quanto menores esses triângulos, melhor será a estrutura do objeto, enquanto que por sua vez, quanto maior for o tamanho de arquivo STL, maior vai ser o tempo de processamento. Esse tipo de tecnologia vem com o intuito de modificar o mercado tecnológico a fim de facilitar a produção de peças únicas, que antes só podiam ser adquiridas em lojas ou fábricas e agora podem ser produzidas na casa dos consumidores. Essa tecnologia também é de fácil utilização, já que ela não exige um conhecimento específico, só a colocação correta dos cartuchos e o envio correto das informações para o *software* que realiza todas as operações necessárias para a produção do objeto desejado.

Palavras chave: Impressora 3D, ReplicatorG, GCode, Impressão 3D.

ABSTRACT

This research raised by theoretical content tries to show how this technology has facilitated the entry of users and even small businesses in the world of inventors, once with her each person can create your own prototype of the form that he desires. With increasing technological evolution, we can note several products coming to assist users in their tasks and one these products in the printer. With increasing development isn't hard to imagine that there would certainly the development of a printer that is capable of printing objects in 3D (3 dimensions). This kind of tool enables people to develop small prototypes in their homes through programs such as CAC (Computer Aided Design), where you can design and visualize an object. For Carvalho (1999), the first prototyping machines emerged in the forties and worked in the subtraction mode, in other words, they departed from a block of material and carved the object desired, digging or sanding the material. The object is generated layer by layer before the transverse models of the part obtained before the 3D model. It can develop models of plastic, wood, ceramic and metal. The drawings are generated by tool CAD in format STL that is a monochrome version that approximates the solid model by small facets or triangles. The smaller these triangles, better wiilbe the structure of the object, while in turn, the greater the STL file size, the higher wiil be the processing time. This type on technology is aimed at modifying the technology market in order to facilitate the production of single parts, which before only could be acquired at stores and factories, today they can be produced in the home of consumers. This technology also is easy to use, since it doesn't require a specific knowledge, only the correct color cartridges and the sending correct of the informations to the software that performs all operations required to produce the desired object.

Key words: 3D printer, ReplicatorG, GCode, 3D printing.

LISTA DE SIGLAS

ABS – Acrilonitrila-cobutadieno-co-esireno

CAD – *Computer Aided-Design*

CNC – Controle Numérico Computadorizado

G code – *Software free* utilizado na impressão 3D

IGES – (*Initial Graphics Exchange Specification*)

Luz UV -(luz ultravioleta)

MIT - (Massachussetts Institute of Technology)

NC – ControleNumérico

SRP – Prototipagem Rápida Subtrativa

STL – *STéreoLithography*(Estéreo litografia)

VRML - *Virtual Reality Modeling Languagey*

WRL – Extensão do arquivo VRML que é utilizado para salvar arquivos 3D

3D – TrêsDimensões

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Primeira impressora da história..... 15
FIGURA 2 - O primeiro computador da história..... 15
FIGURA 3 - Impressora a jato..... 16
FIGURA 4 - Impressora 3D..... 18
FIGURA 5 - Objetos gerados pela impressora 3D..... 19
FIGURA 6 - Impressora 3D *UN-3D-MN106* da*Unique*..... 20
FIGURA 7 -Impressora 3D *UN-MU-MN102* da*Unique*..... 21
FIGURA 8 - Impressora 3D da*Unique. UN-3D-MN103*..... 21
FIGURA 9 – Impressora 3D da*Unique. UN-3D-MN107*..... 22
FIGURA 10 - Impressora 3D da*Unique., UN-OT-MCK01*..... 22
FIGURA 11- Impressora 3D da*Unique., UN-OT-MCK03*..... 23
FIGURA 12 - Gráfico que mostra as vantagens da indústrias que trabalha com metalúrgica em Pó..... 24
FIGURA 13 - Criando um objeto no AutoCAD..... 28
FIGURA 14 - Impressora serigráfica..... 29
FIGURA 15 - Impressora flexográfica..... 29
FIGURA 16 - Impressora rotográfica..... 30
FIGURA 17 -Crânio criado através de impressão 3D 31
FIGURA 18 -Configurando *driver* para impressão..... 32
FIGURA 19 -Diagrama de funcionamento da impressora 3D..... 40

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO..... 12

2. OBJETIVO..... 14

3. HISTÓRICO DAS IMPRESSORAS..... 15

4. METODOLOGIA..... 17

5. A IMPRESSÃO 3D..... 18

5.1. TIPOS DE IMPRESSORAS 3D DESENVOLVIDAS PELA *UNIQUE*..... 20

5.2. TIPOS DE IMPRESSÃO 3D EXISTENTES..... 23

5.3. PREPARAR OS ARQUIVOS PARA IMPRESSÃO..... 25

5.3.1. Modelar..... 25

5.3.2. Exportar..... 26

5.3.3. Validar..... 26

5.3.4. Converter em instruções de fabricação..... 27

5.3.5. Impressão em 3D..... 27

5.4. *AUTOCAD*..... 27

5.5. TIPOS DIFERENTES DE IMPRESSÃO……..……..… 28

5.6. APLICAÇÕES DA IMPRESSÃO 3D…..…… 30

6. *SOFTWARES* UTILIZADOS PARA A IMPRESSÃO 3D..... 32

6.1. *REPLICATORG*.……..…….. 32

6.2. *BLENDER*..... 32

6.3. *V-FLASH CLIENT SOFTWARE E PROJET SOFTWARE*

ACCELERATOR DESTAQUE……. 33

6.4. *GCODE*..... 33

6.4.1. Estrutura da ferramenta *GCode*..... 34

6.4.2. Implementação da ferramenta *GCode*..... 37

6.4.3. Geradores da ferramenta *GCode*..... 38

7. CONFIGURAÇÃO DA IMPRESSORA ESTUDADA..... 39

8. RESULTADOS..... 42

9. CONCLUSÃO..... 43

10. REFERÊNCIAS..... 44

1. INTRODUÇÃO

A área tecnológica vem evoluindo cada vez mais, tanto em aparelhos eletrônicos como em mecanismos para facilitar a vida das pessoas. Um dos equipamentos advindos dessa evolução tecnológica com certeza é a impressora, que auxilia os usuários em suas tarefasrelacionadas ao ambiente profissional ou cotidiano.

Com o crescente desenvolvimento, não é difícil imaginar que certamente haveria o desenvolvimento de impressora que fosse capaz de imprimir objetos em 3D (3 dimensões).

Um tipo diferente de impressoras são as máquinas de prototipagem rápida subtrativas (SRP), ou *fabber*, como são conhecidas, elas capacitam pessoas a desenvolverem pequenos protótipos em suas casas através de programas como o CAD (*Computer Aided Design*), onde se pode projetar e visualizar um objeto. Antes era preciso montar um objeto, dimensioná-lo e depois enviar a um artesão para conclusão, ou seja, a montagem final do mesmo. Hoje, depois de projetado, o objeto pode ser produzido até mesmo em ambiente doméstico, através do *fabber*. Não é mais necessário utilizar os serviços artesãos, que muitas vezes desenvolviam projetos que não se assemelhavam, tanto em usabilidade quanto em aparência, com o objeto que era desejado, além do alto preço cobrado e do tempo necessário para conclusão.

Com isso, os fabricantes podem testar e visualizar de forma mais rápida e precisa todas as necessidades e características projetadas, deixando muito mais rápido o processo, o que acaba acelerando e facilitando a vida dos engenheiros e estudantes de engenharia, já que alguns passos eram cortados do desenvolvimento dos produtos.

Conforme descrito *Economisttechnology* (2011), se fosse feita uma pequena comparação entre duas tecnologias, a de impressão a laser e a de 3D, é visível que a impressora 3D é mais barata do que a impressora a laser era em 1985, o que conduz a se imaginar que esse tipo de tecnologia estará bem mais acessível às massas em um curto espaço de tempo.

Há muito tempo esse tipo de tecnologia tem sido utilizada em algumas áreas como: aeroespacial, médica e automobilística. Hoje em dia já é estudada a utilização de

alguns produtos desenvolvidos por esse material em áreas médicas, como na colocação de pequenos ossos em corpos humanos. Na Alemanha, por exemplo, pesquisas são realizadas para criação de vasos sanguíneos através da impressão em 3D.

Com a visão de que esse tipo de tecnologia será mais acessível às massas em um curto espaço de tempo, as indústrias começam a discutir algumas preocupações que acabam surgindo, como a de infestação de produtos piratas e a desvalorização dos produtos desenvolvidos pelas indústrias.

De acordo com o site, " as grandes companhias estão preocupadas com o futuro da economia industrial, por causa da redução dos custos e da facilidade de acesso a esses produtos". (ECONOMIST TECHNOLOGY: PRINT ME A STRADIVARIUS, 2011).

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi apresentar as funcionalidades da impressora em 3D, as vantagens da mesma e também o *software* que é utilizado para esse tipo de serviço, a fim de demonstrar as facilidades que a impressora trouxe para usuários finais quando se trata de adquirir protótipos sem a busca em lugares especializados. Além de um custo bem mais viável a todos quando se trata dos protótipos, mesmo que esse tipo de tecnologia esteja sendo vendida por um preço elevado agora, estudos mostram que isso logo vai mudar. Este trabalho também visou mostrar como uma impressora 3D confecciona um objeto em tempo real através da exposição da mesma, deixando claro, assim, as vantagens da mesma no momento da produção de uma peça que pode ter, desde um protótipo com um grau elevado de complexidade até um simples objeto.

3. HISTÓRICO DAS IMPRESSORAS

Segundo a InfoEscola (2011), seguindo a ideia da máquina de escrever, a primeira impressora foi projetada em 1938 por ChesterCarlson, um americano que desenvolveu o processo de reprodução de imagens e textos por meio de fotocopiadoras.

A Figura 1 apresentaa primeira impressora desenvolvida da história.

Figura 1 – Primeira impressora da história(Fonte: www.history-computer.com).

De acordo com a InfoEscola (2011), em 1953 foi criada a primeira impressora de alta velocidade para a época. A mesma foi utilizada no primeiro computador comercial fabricado, desenvolvido nos Estados Unidos, o *UNIVAC*. As primeiras impressoras processavam a impressão através de impacto, o que acabava produzindo documentos de baixa qualidade, como trabalhava as impressoras matriciais.

A Figura 2 ilustra o primeiro computador da história, o *UNIVAC*.

Figura 2 –O primeiro computador da história, o UNIVAC1 (Fonte: www.computer-history.info).

As impressoras foram sendo aperfeiçoadas na mesma proporção que os computadores, e com o tempo foram sendo desenvolvidas impressoras para fins específicos, assim como os computadores.

Segundo a organização Antônio Barbosa (2012), em 1983 surgiram as impressoras a laser, criadas pelo trabalho em conjunto das empresas Hewllet Packard e Canon. Esse dispositivo utilizava um laser especial para impressão, o que melhorou muito a qualidade da impressão em relação à tinta, que nas outras impressoras ficavam molhadas e acabavam escorrendo, o que não acontecia nesses novos modelos. As imagens e documentos impressos por esses dispositivos são de qualidade boa à excelente.A Figura 3 apresenta a impressora a jato.

Figura 3 –Impressora a jato (Fonte: www.computer-history.com).

As impressoras a jato surgiram em 1985 e, segundo Morimoto (2005),estas se tornaram uma tecnologia dominante na área de impressão de cores, pois são mais rápidas, possuem uma boa qualidade e resolução comparada à impressora a laser. A impressora a jato funciona lançando minúsculas gotas de tinta sobre o papel para criar uma imagem, com pontos muito pequenos, em média de 10 a 30 pontos por milímetro. Pode- se notar que os pontos são colocados com muita precisão, o que deixa a impressão com ótima qualidade.

4. METODOLOGIA

Para melhor compreender como essa tecnologia funciona, estudos foram feitos através de levantamento bibliográfico em fontes levantadas no decorrer do trabalho.

Foram feitas comparações das funcionalidades de uma impressora comum e de uma que imprime em 3D, para melhor compreendê-la e assim foi possível notar as vantagens e desvantagens que uma tem em relação à outra.

A pesquisa contou com a utilização do *softwareReplicatorG*, porque além de ser gratuito é mais utilizado pelos usuários desse tipo de tecnologia.

Além disso, foram mostradas as etapas que se seguem ao ponto de que um usuário deseja confeccionar um protótipo até o momento em que ele deseja construí-lo, ou seja, imprimi-lo.

Também foram mostrados, através de pesquisa bibliográfica, os campos e como está sendo utilizada a impressora 3D em nosso dia-a-dia, como uma ferramenta de auxilio para áreas diversas como medicina e desenvolvimento de novos protótipos e como tal ferramenta vem se tornando mais comum para todos.

O conceito de *GCode* foi levantado nesse trabalho pois sem ele fica difícil entender como a comunicação impressora/*software* acontece.

Também foi exposta uma impressora 3D para que assim pudesse ser visto como a mesma trabalha e como esta pode ajudar no dia-a-dia das pessoas que necessitam de tais serviços.

5. A IMPRESSÃO 3D

Para Carvalho (1999), as primeiras máquinas de prototipagem surgiram na década de 40 e trabalhavam no modo de subtração, ou seja, elas partiam de um bloco de material e esculpiam o objeto desejado, escavando ou polindo o material. Ela gera os objetos através de líquidos, metais ou papel. O objeto é gerado camada por camada perante os modelos transversais da peça obtidas pelo modelo 3D. Ela consegue desenvolver modelos de plástico, madeira, cerâmica e metal. A Figura 4 exemplifica uma impressora 3D.

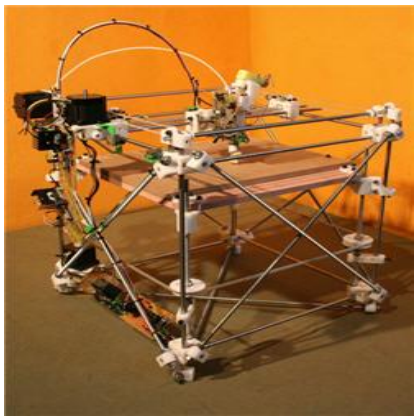

Figura 4 - Impressora 3D (Fonte: www.tecmundo.com.br).

Os desenhos são gerados pela ferramenta CAD noformato .STL que é uma versão monocromática que aproxima o modelo sólido por pequenas facetas ou triângulos. Quanto menor esses triângulos melhor será a estrutura do objeto, enquanto que por sua vez, quanto maio for o tamanho de arquivo STL, maior vai ser o tempo de processamento.

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

O processo de impressão funciona de modo que o plástico sai do cartucho e entra pela máquina até chegar ao ponto onde é aquecido a 120°C. A impressora tem duas cabeças que colocam o suporte e o molde em camadas muito finas, aonde a espessura do material é impossível de ser visto a olho nu**.** As partes móveis são feitas como parte do molde e liberadas quando o suporte é retirado. O molde sai ainda quente da impressora (*Dinamix-Hitec*, 2012). A Figura 5 apresenta a imagem de um crânio gerado por uma impressora 3D.

Figura 5 – Objetos gerados pela impressora 3D (Fonte: www.tecmundo.com).

Esse tipo de tecnologia vem com o intuito de modificar o mercado tecnológico, a fim de facilitar a produção de peças únicas que antes só podiam ser adquiridas em lojas ou fábricas, e agora podem ser produzidas na casa dos consumidores. Essa tecnologia também é de fácil utilização, já que ela não exige um conhecimento específico, só a colocação correta dos cartuchos e o envio correto das informações para o *software* que realiza todas as operações necessárias para a produção do objeto desejado.

A impressora 3D faz o mesmo serviço que a impressora convencional, só que ao invés de simplesmente colocar a tinta em cima de uma folha, ele cria objetos em 3 dimensões. O uso de uma ferramenta que possibilita a interpretação de objetos desse tipo é indispensável, logo podemos utilizar o CAD para esse tipo de serviço.

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

5.1. Tipos de Impressoras 3D Desenvolvidas pela *Unique*

Existem várias empresas ao redor do mundo que estão investindo nesse tipo de mercado, pois percebem que é um mercado em ascensão. Entre elas temos a *Unique,* que é voltada para a indústria de Gráfica Especial.

Segundo a*Unique* (2001), a empresa conta com diversos tipos de modelos de impressoras 3D, modelos esses: *UN-3D-MN106, UN-MU-MN102, UN-3D-MN103, UN-3D-MN107, UN-OT-MCK01 e UN-OT-MCK03.*

A Figura 6 apresenta a impressora 3D da *Unique, UN-3D-MN10.*

Figura 6 - Impressora 3D UN-3D-MN106 da Unique.

(Fonte:http://www.solidprinting.com/3dprinter/138.html).

A Figura 7 apresenta a impressora 3D da *Unique, UN-MU-MN102.*

Figura 7 - Impressora 3D UN-MU-MN102 da Unique.

(Fonte: http://www.solidprinting.com/3dprinter/140.html).

A Figura 8 da impressora 3D da *Unique, UN-3D-MN103***.**

Figura 8 - Impressora 3D da Unique. UN-3D-MN103.

(Fonte: http://www.solidprinting.com/3dprinter/146.html).

A Figura 9 ilustra a impressora 3D da *Unique,UN-3D-MN107***.**

Figura 9 - Impressora 3D da Unique. UN-3D-MN107.

(Fonte:http://www.solidprinting.com/3dprinter/147.html).

A Figura 10 mostra a impressora 3D da *UniqueUN-OT-MCK01***.**

Figura 10 - Impressora 3D da Unique., UN-OT-MCK01.

(Fonte:http://www.solidprinting.com/3dprinter/143.html).

A Figura 11 exemplifica a impressora 3D da *UniqueUN-OT-MCK03***.**

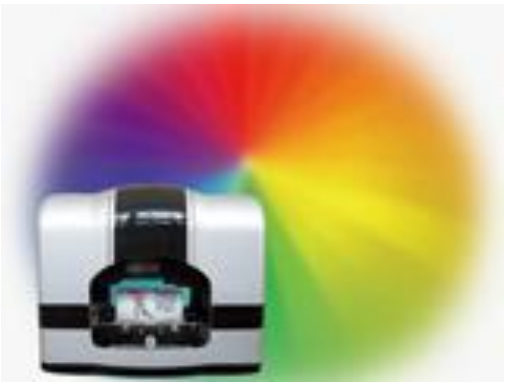

Figura 11 - Impressora 3D da Unique., UN-OT-MCK03.
(Fonte: http://www.solidprinting.com/3dprinter/5.html).

Segunda a *Unique*, as impressoras são de diferentes tamanhos e tipos para atender os mais diversos gostos dos consumidores e também imprimir objetos dos mais diversos tamanhos. As principais características desses produtos são que eles podem pintar uma imagem em um tipo diversificado de objetos e possuem uma secagem muito rápida, uma vez que o objeto encontra-se fora da câmara de impressão. A qualidade das imagens impressas é muito alta, bem como podem ser utilizados em diversos materiais diferentes, que podem ser desde um material de vidro até uma camiseta.

A empresa Metamáquina é uma das empresas que possuem produtos com preços mais acessíveis ao publico, tendo kits de montagem sendo vendidos por mil e trezentos reais, segundo a Metamáquina. Essa empresa trabalha com impressoras de deposição por camadas.

5.2. Tipos de Impressão 3D Existentes

Segundo a *Kraftwurx beta*, a impressão subtrativa antes comentada não é mais utilizada, sendo esta, juntamente com a estereolitografia, um dos mais antigos modos de impressão. Contudo, existem atualmente 25 tipos de impressão 3D, como se pode ver no documento.

Sendo que as mais recentes e avançadas são as de sinterização seletiva a laser,de sinterização a laser direto no metal, as com tecnologia de jato a tinta entre outras, que são realizadas por deposição de camadas, só que nesses casos o material é depositado um em cima do outro em forma de pó. Mas a que foi mais vista nesse trabalho é a de deposição por camadas, que funciona depositando camada por camada, uma em cima da outra a partir de modelos 3D em fatias ou dados CAD dentro de um sistema de computador até obter a montagem do objeto final desejado. Como se vê no documento da *Kraftwurx beta* [...] (2012).

Segundo *Pankiewicz*(2011), também há o modo que trabalha com materiais sólidos, chamada de ABS, que funciona de um modo que os materiais são aquecidos em uma câmara e derretidos até o ponto de injeção, a partir deste momento é utilizado um o material é depositado em sua forma no momento (forma de pasta), através de um bico de impressão para conseguir o objeto final.Um dado importante, como mostra o gráfico da Figura 12 é a vantagem da aplicação da metalúrgica em pó referente às outras, visto que ela traz algumas vantagens que são consideráveis no final do projeto.

Figura 12 – Gráfico que mostra as vantagens da indústrias que trabalha com metalúrgica em Pó (Fonte: http://www.metalurgiadopo.com.br/Paginas/detalhes.asp?iType=1&iPic=4).

Ainda segundo *Pankiewicz*(2011), outro modo de impressão 3D existente consiste na aplicação de jatos do material em pó por meio de um cartucho de impressão utilizado pela impressora que são unidos (colados) de forma seletiva por outro cartucho que contém um material adesivo, sendo que este tipo de tecnologia de impressão 3D é o mais rápido existente no mercado atualmente, sendo também o único que permite a aplicação de coloração final aos objetos.

Já para a fabricação de objetos menores, Pankiewicz(2011) sugere a utilização de impressão tridimensional em gel, que trabalha com lasers focados em diferentes pontos e distâncias para tratar do material até um ponto que o mesmo se torne sólido. Com isso todo o restante que não foi focado é tratado como material extra e assim é desprendido da peça. Com esse tipo de tecnologia que é muito precisa, é possível criar objetos com tamanhos inferiores a até 100 nanômetros.

Segundo a *Kraftwurx beta*, todas essas tecnologias recebem um modelo 3D de um *softwar*e depois vão sendo depositados os materiais sequencialmente em cima um dos outros até a geometria final ser alcançada.

Com a utilização desse tipo de tecnologia, é possível ter uma economia de gasto e de energia expressivo, logo que tais máquinas são utilizadas no lugar da usinagem convencional, para fundir os metais em lingotes.

Segundo a *Kraftwurx beta*, outra vantagem da impressão 3D é o não desperdício de material, logo que nesse tipo de processo só o material usado na produção do produto final é utilizado, não é como em algumas usinas, que há um descarte de resíduos. E com essa economia de descarte de fluídos de refrigeração não são mais necessários no processo de produção.

Mais uma vantagem do uso da impressão 3D é a velocidade de entrega do produto final, que se comparado ao processo de usinagem seria mais lento, mas o processo de usinagem é constituído de processos intermediários, processos esses que tornam a entrega dos produtos finais em um prazo maior do que o visto no de impressão 3D. Também é possível se ver passagens internas e características que antes não seriam possíveis nos processos convencionais. Como é visto no documento da *Kraftwurx beta* [...] (2012).

5.3. Preparar os Arquivos para Impressão

5.3.1. Modelar

Ao iniciar o processo de modelação na ferramenta de design podem-se escolher dois tipos de modelos: modelação de sólidos e a modelação de superfícies.

Na modelagem dos objetos sólidos os mesmos são preenchidos por dentro, o que resulta em menos erros na hora da impressão, tendo como utilização deste princípio na maior parte dos CAD profissionais. Já na modelagem das superfícies as partes modeladas são as paredes do objeto, deixando a parte de dentro opaca, sendo que a maior parte dos CAD livres e abertos usa deste princípio. Como se vê no documento Modelar [...] (2012).

5.3.2. Exportar

Indiferente da modelação usada, no final deverá ter um arquivo que suporte a transferência da ferramenta para a impressora. Esse arquivo pode ser um arquivo .STL ou .IGES, desde q ele seja capaz de ser interpretado pelo impressora. Como é visto no documento Exportar [...] (2012).

5.3.3. Validar

Nessa altura, o usuário da impressora deve fazer um levantamento para ver se a peça projetada na ferramenta CAD ou em outra qualquer não possui erros e também deve definir os valores exatos que são desejados na peça. O *Netfab*é um programa que verifica se o protótipo desenvolvido não possui erros nem uma geometria ambígua. Como se vê no documento Validar [...] (2012).

5.3.4. Converter em instruções de fabricação

Para converter a instrução do .STL ou de outra extensão de arquivo é necessário um *software* para transformar esse arquivo num programa de fabricação e para isso tem-se o *Gcode*, que é o *stardard* para o controle de máquinas CNC. Como se vê no documento Converter [...] (2012).

5.3.5. Impressão em 3D

Nesse passo é necessário enviar o *Gcode* para á maquina de impressão e então esperar que processo seja realizado. Após isso acontecer deve-se retirar o protótipo e então limpá-lo, logo o usuário tem o seu protótipo em mãos. Como se vê no documento Imprimindo [...] (2012).

5.4. AutoCAD

Para Villela (2008), AutoCAD ou *Computer Aided-Design*, é uma ferramenta que foi desenvolvida em 1982 pelaAutodesk**,** e permite a criação de objetos em três dimensões, possibilitando o desenvolvimento de peças e materiais de várias formas e cores. Na parte de impressão, essa ferramenta é utilizada na hora em que está sendo

desenvolvido o protótipo, ou seja, na hora em que a pessoa esta moldando o objeto desejado antes de enviar a instrução de impressão para a impressora.

No CAD o objeto desejado é moldado da forma e cor esperada, o que antes era necessário o auxilio de um arquiteto ou projetista, pode agora ser feito por qualquer usuário com um mínimo de conhecimento dessa ferramenta, diminuindo assim custos e mão de obra. A Figura 13 apresenta a demonstração de como um objeto é criado no CAD.

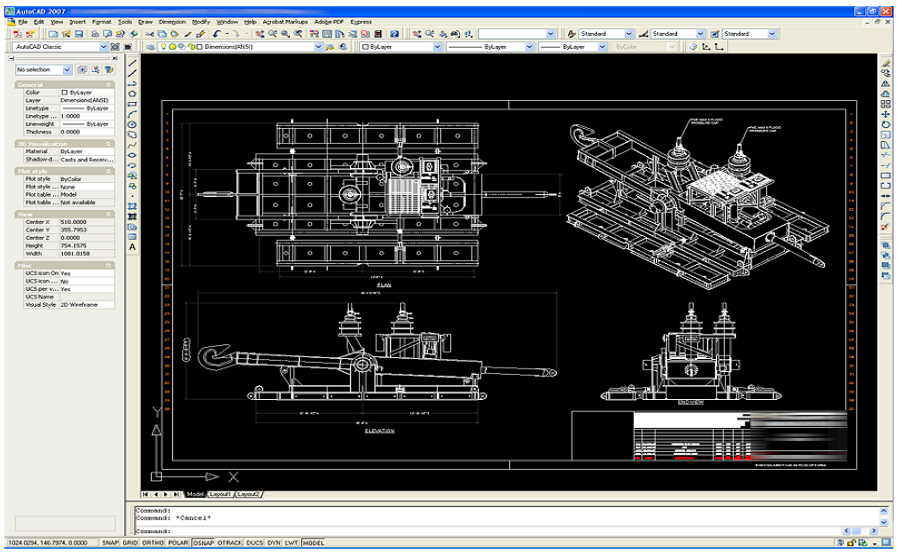

Figura 13 – Criando um objeto no AutoCAD (Fonte: www.trexec.com).

5.4. Tipos Diferentes de Impressão

A impressão tridimensional possui tipos variados para construção de objetos, tipos esses que se diferenciam de acordo com a impressora e ou o produto desejado que podem ser diferentes em cada caso.

A impressão para acabamento e aplicações em polímeros é um tipo de impressão que é subdividida em três grupos, serigrafia, flexografia e rotogravura.

Ainda segundo Franco de Souza (2012), a serigrafia consiste em um tipo de impressão que permito produzir objetos planos ou então objetos como cilindros, paralelogramos, cônicos etc. sobre o polímero. A Figura 14apresenta uma máquina serigráfica.

Figura 14 - Impressora serigráfica (Fonte: www.computer-history.com).

Segundo Franco de Souza (2012), a flexografia por sua vez, é um modelo de impressão tipográfico rotativo que emprega pranchas (formas) de tintas liquidas e borrachas que realizam um processo de secagem rápida bem consistente. Esse tipo de impressão tem como características a impressão em superfícies com relevos e tinta líquida que é constituída por água ou solvente se aplicando aos polímeros principalmente em embalagens flexíveis. A Figura 15 ilustra uma máquina flexográfica.

Figura 15 - Impressora flexográfica (Fonte: www.history-computer.com).

Para o autor, “a de rotogravura é realizada através da gravação de pequenas estruturas na superfície de um material cilíndrico de metal revestido com cromo, cilindro esse que gira dentro de um material com tinta liquida.” (Franco de Souza, 2012,p.10).

De acordo com Franco de Souza (2012), a tinta é então raspada da superfície desse cilindro e acaba preenchendo esses pequenos furos que ficaram nos cilindros. A Figura 16 ilustra uma máquina de impressão rotográfica.

Figura 16 – Impressora rotográfica (Fonte: www.history-computer.com).

5.6. Aplicações da Impressão 3D

A impressão 3D está se tornando mais acessível aos consumidores e vem trazendo com ela algumas vantagens. Com esse tipo de serviço o usuário pode ter o seu produto em poucas horas, sem falar no custo que acaba caindo mais que a metade se comparado a um modelo feito a mão com uma precisão muito mais exata. Em alguns casos pode-se ter uma economia de até 65% por um protótipo, já que muitos passos são reduzidos no desenvolvimento do mesmo.Como se vê no documento (PROTOTIPAGEM..,2011).

Quando se trata de produção de pequena escala o custo/beneficio do produto é ainda menor, sendo que não será necessário ficar desenvolvendo moldes e necessitando de muita mão de obra. Com a impressora tridimensional os produtos serão impressos na quantidade exigida com o mínimo de custos possível.

A impressão 3D também é aplicada na área da saúde, aonde traz como vantagens para cirurgias complicadas a redução no tempo da cirurgia e do pós-operatório e também diminui o risco de infecção. Vem aumentando o uso desse tipo de tecnologia

nessa área, que antes era de apenas 5%, hoje já chega aos seus 20%, o que mostra a importância dessa ferramenta. Segundo André Moura, gerente administrativo da Protótipos 3D, esse tipo de tecnologia garante mais segurança em procedimentos mais complexos.

Segundo Sperry (2011), como já é possível fazer a impressão 3D de todo o corpo humano através de imagens virtuais desenvolvidas por um *software* de modelagem tridimensional, pode-se criar modelos tridimensionais das áreas que um determinado paciente irá realizar um procedimento, buscando assim um melhor resultado, logo que com o biomodelo o médico pode realizar todo o mapeamento dos problemas e assim na hora da cirurgia, ele já estará devidamente preparado para o procedimento.A Figura 17 ilustra um crânio impresso em uma impressora 3D antes da realização de um procedimento cirúrgico

Figura 17 – Crânio criado através de impressão 3D (Fonte: http://www.cti.gov.br).

6. *SOFTWARES* UTILIZADOS PARA A IMPRESSÃO 3D

6.1. *ReplicatorG*

Esse *software*é *open source***,** ou seja, possui versão livre para impressão de objetos 3D através de um arquivo .STL ou *Gcode*.O *ReplicatorG* é uma linguagem de máquinas para controle, que possibilita a impressão de diversos objetos.

Esse *software* pode ser encontrado gratuitamente, já que possui uma versão de código livre e tem que ser configurado através da opção *Machine*para localizar o modelo da impressora que você realizará a impressão.

Na maioria dos casos as impressoras são conectadas aos computadores por uma porta serial como um cabo USB-TTL, que necessita que informe ao *software* em questão qual a porta que foi conectada, como ilustra a Figura 18.

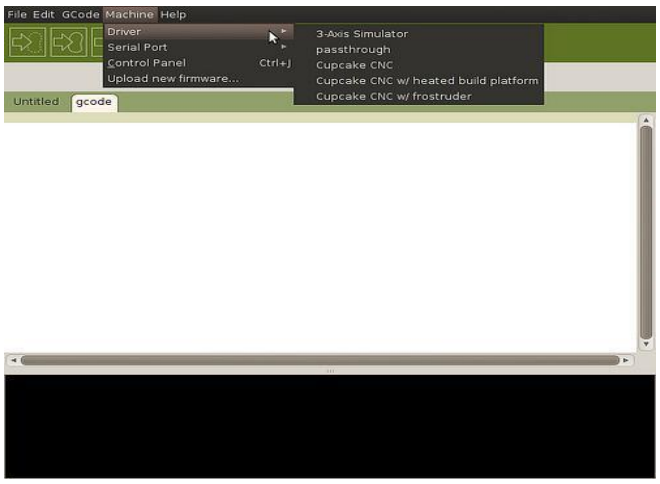

Figura 18 – Configurando driver para impressão.
(Fonte: www.replicat.org).

6.2. *Blender*

O *Blender* é um *software* que permite a criação de diversos objetos em 3D. Além disso, ele oferece também diversas funcionalidades no momento da criação dos objetos, funcionalidades como: modelagem, animação, criação e visualização do objeto criado entre outras, o que o torna uma ferramenta importante na hora da criação de tais objetos. Ele suporta uma aplicação de 5MB.

Esse *software*foi desenvolvido pela empresa *Not a Number (NaN).* Tal ferramenta é agora desenvolvida como *software* livre e tem seu código fonte disponível pela licença GNU GLP. Esse *software* permite ainda a criação de conteúdos interativos, para reprodução *stand-alone*. As novas versões dessa ferramenta também permitem transportar os arquivos para o formato .STL, que é a versão compatível para as impressoras 3D como citado em *Blender* (2011).

6.3. *V-Flash Client Software e ProJet Software Accelerator Destaque*

Esse *software*é oferecido pela empresa *Desktop Factory* para seus clientes que são utilizados para a sua linha de impressoras. O *V-Flash Client Software*tem como características poder ser configurado como uma impressora de rede ou local, possuindo filas de impressão que permitem reordenar os objetos pendentes. A interface *web* do cliente pode ser acessada de qualquer lugar e também há o envio de um e-mail de notificação avisando quando começou ou quando parou por um erro ou então terminou o projeto segundo a *DesktopFactory (2006).*

Já o *Project Software Accelerator Destaque,* é de fácil uso e configuração, ele permite também a criação de módulos selecionáveis dentro de um projeto e também oferece estatísticas do projeto que esta sendo desenvolvido, segundo a *DesktopFactory* (2006).

6.4. *GCode*

Essa ferramenta é utilizada para que haja a comunicação entre *software* e a impressora. Logo após salvar as modificações realizadas no objeto, é necessário gerar o *Toolpath*, que não são nada mais que as instruções que servem para explicar como movimentar a impressora para realizar a impressão do objeto desejado. Tendo essas informações escritas em um tipo de formato em *GCode*.

O *GCode* é um nome genérico utilizado para uma linguagem de máquinas CNC (máquinas de Controle Numérico Computadorizado) (REPLICATOR, 2011). Esse tipo de máquinas são bem mais rápidas do que as outras, pois não precisam ser diretamente manuseadas por trabalhadores humanos, o que torna o processo menos susceptível a falhas humanas (MÁQUINAS, 2011).

O *GCode* é utilizado pelo *ReplicatorG* para se comunicar com a impressora e através desse é definida quais ações serão executadas, mas como este ainda é um *software* com linguagem muito antiga se torna difícil encontrar um guia claro e preciso sobre a sua utilização. O *ReplicatorG* busca seguir um padrão normal do *GCode*, mas para cada *software* de impressão 3D ocorrem algumas modificações.

O objeto criado deve ser convertido em formato *GCode* para ser impresso, sendo que a ferramenta mais utilizada para isso é o *Skeinforge*. O que facilita é que o *ReplicatorG* possui essa ferramenta integrada, logo é só clicar no botão gerar *GCode* na barra de ferramentas para gerar o arquivo.

6.4.1. Estrutura da ferramenta *GCode*

O *GCode* pode ser utilizado de diversas maneiras, bem como para perfurar um objeto ou então mover este mesmo de forma rápida ou lenta, dependendo das necessidades para a construção de tal protótipo. A estrutura do mesmo depende diretamente das formas de implementação, podendo variar assim de acordo com o *software* utilizado (*REPAIRABLE MACHINES*, 2011).

Os *GCodes* possuem diversos tipos de comandos, sendo os mais comuns os (*REPLICATORG*, 2011):

X – Posição absoluta de X;

Y – Posição absoluta de Y;

Z – Posição absoluta de Z;

A – Posição A (rotação em torno de X);

B – Posição B (rotação em torno de Y);

C – Posição C (rotação em torno de Z);

U – Eixo paralelo relativo a X;

V – Eixo paralelo relativo a Y;

W – Eixo paralelo relativo a Z;

F – Taxa de alimentação;

S – Velocidade de rotação;

N – Número da linha;

O *GCode*possui outras funções além dessas, como mover para frente ou para trás, de forma rápida ou lenta ou então para frente ou em forma de ângulo (*REPLICATORG*, 2011).

• G0 - Movimento rápido;

• G1 - Movimento coordenado;

• G2 - Arco - no sentido horário;

• G3 - Arco - no sentido anti-horário;

• G4 – Permanecer;

• G10 - Criar um sistema de coordenadas a partir do desvio absoluto;

• G17 - Selecionar plano XY (padrão);

• G18 - Selecionar plano XZ (não implementado no ReplicatorG);

• G19 - Selecionar plano YX (não implementado no ReplicatorG);

• G20 - Centímetros como unidades;

• G21 - Milímetros como unidades;

• G30 - Vai para o ponto intermediário (não implementado no ReplicatorG);

• G31 – Sonda simples (não implementado no ReplicatorG);

• G32 – Área de sonda (não implementado no ReplicatorG);

• G54-G59 – Usa o sistema de coordenadas do G10 P0-5;

• G90 - Posicionamento absoluto;

• G91 - Posicionamento relativo;

• G92 - Definir posição atual dos eixos;

• G94 - Modo de taxa de alimentação (não implementado no ReplicatorG);

• G97 - Taxa de velocidade de eixo;

• G161 - Negativo preciso;

• G162 - Positivo preciso;

Como exemplo de um *GCode* gerado em uma máquina CNC, segundo *SKEINFORGE* (2011), temos: G1 X=53.67, Y=52.16, Z=0.54, E=54.394, F=213.333 (G1 – Movimento Coordenado).

Onde X = 53,67, Y = 52,16 e Z = 0,54 representam as 3 dimensões do objeto, sendo os valores o destino do movimento. O F representa a velocidade, neste caso F = 213,333 milímetros por minuto (3.5mm/seg) e E é a distância = 54,394 mm.

6.4.2. Implementação da ferramenta *GCode*

O *GCode* foi desenvolvido em meados de 1950 pelo Laboratório de Servomecanismos *MIT (MassachussettsInstituteof Technology)*, sendo que nas décadas seguintes muitas outras implementações foram desenvolvidas e o *GCode* estava sempre presente em todas elas (*MIT*, 2011).

A principal versão foi desenvolvida nos Estados Unidos pela *Eletronic Industries Alliance* em 1960. Mas muitos fabricantes foram adicionando utilidades a suas ferramentas para atender as especificações de seus produtos.

Essa ferramenta foi implementada de forma a não ter *loops*, as variáveis eram declaradas de forma natural juntamente com os operadores condicionais logicamente de acordo com a expressão que seriam utilizados (*MIT*, 2011).

As ultimas modificações dessa ferramenta foram implementadas de forma semelhante a uma linguagem de alto nível, acontecendo de modo com que o

programador passe o máximo de informações possíveis sobre o resultado esperado para que o mesmo seja o mais próximo possível do desejado.

6.4.3. Geradores da ferramenta *GCode*

Os geradores do *GCode* são tipos de programas que recebem algum tipo de arquivo de entrada, podendo ser STL ou um outro, e transforma o mesmo em um código de máquina especifico (*REPLICAT*, 2011)

Os melhores e mais conhecidos geradores de *GCode* para impressão 3D são, segundo o *REPPLICAT* [...] (2011):

- *SkeinForge:*é um roteiro muito bom que vai gerar um*Gcode* muito bom. È adquirido de forma grátis e também é encontrado na linguagem *Python*.
- *Host Software RepRap*: É um*software* um pouco complicado de usar, mas ele é capaz de produzir um *GCode.*
- *SuperSkein:* É um programa de processamento livre e de código aberto para a criação de*GCode* em formatoSTLsque é baseado visando a simplicidade da utilização. Ele também é muito rápido e não é propenso a erros.

7. CONFIGURAÇÃO DA IMPRESSORA ESTUDADA

A impressora 3D apresentada neste trabalho é constituída pelo modelo de blocos apresentado na Figura 18. As principais partes analógicas que constituem essa impressora são: extrusora, controle de aquecedor, controle de aquecedor da cama de impressão e motor de passo de controle, enquanto a parte digital da impressora é representada pelo micro controlador que é utilizado para controle do processo de impressão e para comunicação com um computador e um cartão de memória SD. O diagrama de funcionamento da impressão 3D é de fácil compreensão como apresentado na Figura 19.

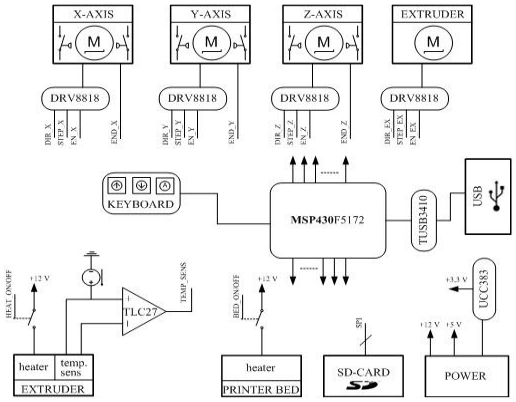

Figura 19 – Diagrama de funcionamento da impressora 3D
(Fonte: http://3dprinter.zemris.fer.hr/hardware.html).

A impressão 3D funciona com um arquivo 3D sendo gerado na ferramenta CAD e depois este mesmo arquivo é salvado no formato STL, e o mesmo é mandado para a placa eletrônica (*KEYBOARD*) por um *GCode*aonde esta interpreta as coordenadas passadas no CAD e passapara os motores de passo (*AXIS*), que mandam as coordenadas para a extrursora (*EXTRUDER*) que interpreta e as passa para o bico de impressão para que ele possa ir depositando o material que está sendo utilizado (que pode ser plástico, metal entre outros), camada por camada na superfície de impressão (*PRINTER BED*) para que o objeto final desejado seja modelado de acordo com as instruções passadas no CAD.

O *extruderheathercontrol* ou simplesmente extrusora de controle do aquecedor é uma fabricação de filamento fundido, baseado para demanda de altas temperaturas com precisão muito boa. Muitos matérias do tipo plástico são usados em processos de extrusão tendo diferentes pontos de fusão. Para materiais com alto ponto de fusão, são usados uma extrusão melhor a fim de facilitar a ligação do material para a construção do objeto.

Os *stepper motor control* ou os controladores dos motores de passo são essenciais para as impressoras 3D, visto que cada eixo (x, y e z) deve contar com um motor de passo independente para controlá-lo, sendo que cada eixo deve ter uma precisão de controle eletrônico muito alto para não danificar a peça nem depositar as camadas em ângulos diferentes, o que deixaria a peça deformada e sem utilidade para a finalidade que a mesma foi criada. A parte mecânica do eixo é baseada em cada parte bipolar do motor de passo ligado a um fio de acionamento por meio de acoplamento de garras, sendo também que um condutor adicional vai ser usado pela extrusora para assim poder derreter o material para sua utilização. A impressora em questão conta com 5 Motores de passo bipolares padrão NEMA 17 (corrente máxima 1,2 A, torque 2,5 kgf).

A *powersupply* ou fonte de alimentação, é uma fonte industrial bivolt (110v/220v) 12VDC/20A com cabo de força padrão ABNT que é utilizada para alimentar o a impressora.

A impressora também é constituída por um bico de injeção que deposita as camadas de material, no caso o plástico, do modelo *J-Head MK-IVb* com orifício de 0,35 mm.

Esta máquina também conta com três sensores de fim de curso mecânico, um para cada eixo (x, y e z) para poder realizar a deposição do material nos locais certos através dos ângulos passados pelo usuário na montagem no *CAD*.

A impressora possui uma placa eletrônica *Sanguinololu* (variante de Arduino) com *firmware Sprinter* para fazer a comunicação entre computador e impressora. Ela também possui 4*driversStepstick*com *microstepping* de 1/16, que resulta em 2560 passos por valor mm.

O formato dos arquivos podem ser em .STL para gerar os objetos do *CAD* para a impressora para assim poder imprimi-los, o qual foi utilizado na pesquisa teórica.

A tecnologia utilizada pela impressora 3Dnesse experimento é de Modelagem por deposição fundida, a qual vai depositando camada por camada do material derretido a fim de obter o objeto final desejado.

As dimensões são: 42 cm (largura) x 41 cm (profundidade) x 45 cm (altura). A área útil de impressão é: 21 cm (largura) x 21 cm (profundidade) x 7 cm (altura).

O material utilizado é o plástico e ela tem velocidade máxima de 60 mm/s (recomendada) 180 mm/s (limite). A precisão é de: diâmetro do filamento extrudado (*nozzlediameter*): 0,35 mm; dimensão mínima de detalhe (*featuresize*): 0,2 mm; precisão de posicionamento (*positioningaccuracy*): 0,1 mm (X,Y) 0,05 mm (Z); altura da camada (*layerthickness*): 0,15 mm a 0,3 mm.

8. RESULTADOS

Após serem feitas pesquisas e estudos, esperou-se mostrar o quanto a impressora 3D é um salto da tecnologia e o quanto irá afetar de forma positiva o mercado tecnológico, já que abre mais espaço para pequenas empresas e inventores, fato que irá causar mais concorrência e assim aumentar a busca por produtos de melhor qualidade.

Foi feita uma demonstração de como essa tecnologia funciona desde a montagem da imagem no computador até receber os dados e interpretar através do *software ReplicatorG*, para assim desenvolver o protótipo e também os materiais que são utilizados para esse tipo de processo. Quando se fala no *ReplicatorG*, não pode-se esquecer de mencionar o *G code* ou o .STL para entender como a comunicação entre o *software* e a impressora é feita.

O *Gcode* é uma linguagem de programação de controle numérico (NC) ou controle numérico computadorizado (CNC). Esse tipo de *software* pode receber vários tipos de nomenclaturas, como: código de preparação e código de função. Com esse tipo de mecanismo foca-se em um trabalho específico, ou seja, é possível requisitar a máquina um conjunto específico de eventos que ocorrem em um determinado período possibilitando assim furar ou moldar objetos através de alguma máquina como a impressora 3D.

Já o .STL é uma linguagem que permite que as instruções passadas pelo CAD para a impressora possam ser interpretadas pela mesma, podendo-se construir os modelos de objetos. Uma vez que esse arquivo é gerado as demais operações são executadas pelo mesmo que acompanha as máquinas de prototipagem rápida.

Por fim, espera-se poder entender melhor como funciona essa tecnologia que promete facilitar e viabilizar o uso de protótipos e ferramentas nas necessidades dos consumidores.

9. CONCLUSÃO

Com os estudos levantados anteriormente, pode-se concluir que a tecnologia de impressão 3D ou prototipagem rápida vem transformando o mercado industrial, o que preocupa e muito algumas indústrias já que com esse tipo de ferramenta, ao se tornar mais acessível aos usuários, possibilitará qualquer usuário que tenha o mínimo de conhecimento para controlar as ferramentas de impressão o manuseio de seus produtos em suas próprias casas, o que vai aumentar e muito o problema de pirataria.

Com esse tipo de problema, não se pode deixar de perceber o impulso tecnológico em um aspecto positivo que terá esse tipo de tecnologia na vida das pessoas, já que vão poder desenvolver vários protótipos em suas casas transformando assim quase todos os usuários comuns em inventores.

Contudo, isso levará algum tempo, visto que esse tipo de tecnologia não é acessível a todo mundo já que é um tipo de ferramenta bem cara, o que é previsto que ocorra uma mudança em algum momento.

O usuário tem que ter o mínimo de conhecimento, já que o *Gcode* é de fácil compreensão e o usuário não precisa ser especialista em computação para poder utilizar esse tipo de *software* para comunicação com a impressora.

10. REFERÊNCIAS

A SIMPLE, OPEN SOURCE 3D PRINTING PROGRAM.Disponível em: <http://www.softpedia.com/get/System/SystemMiscellaneous/ReplicatorG.shtml>. Acesso em: 5 mar. 2012.

BLENDER. Disponível em:< http://blendertotal.wordpress.com>. Acesso em 08 jul. 2012.

CARVALHO, Jonas de. Prototipagem Rápida. Disponível em: <http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/prototipagem.html>. Acesso em: 10 abr. 2012.

COMO TUDO FUNCIONA. Como funciona a impressora a jato de tinta bubblejet? . Disponível em:<http://informatica.hsw.uol.com.br/questao163.htm>. Acesso em: 12 abr. 2012.

DESKTOP FACTORY. Fábricas de desktop - o futuro da impressão 3D. Disponível em: <http://desktopfactory.com/>. Acessado em: 15 set. 2012.

ECONOMIST TECHNOLOGY – Print me a Stradivarius. 14 fev. 2011. Disponível em: <http://opiniaoenoticia.com.br/economia/impressao-3d-promete-ser-um-divisor-de-aguas-na-historia/>. Acesso em: 5 mar. 2012.

FERNANDO, Izaque. Como funciona uma impressora 3D. Disponível em: <http://autoterabyte.blogspot.com.br/2012/03/como-funciona-uma-impressora-3d.html>. Acesso em: 05 jun. 2012.

GIULIANI, Euclesio. Relatório final de prototipagem. Set. 2010. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABI-QAG/relatorio-final-prototipagem>. Acesso em: 07 jun.2012.

HORTA, Lucas Cleyda. CAD. Disponível em: <http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/cadv2.html>. Acesso em: 12 abr. 2012.

INFO ESCOLA , INFORMÁTICA. Impressora. 13 de mar. 2011. Disponível em: <http://www.infoescola.com/informatica/impressora/>. Acesso em: 12 abr. 2012.

KRAFTWURX. A próxima revolução industrial?. Disponível em: <http://www.kraftwurx.com/pt/3d-printing-education>. Acessado em: 28 set, 2012.

KUTZ, Felipe. Impressora que Imprime em 3D. 7 nov. 2011. Disponível em: <http://soucurioso.com.br/impressora-que-imprime-em-3d/>. Acesso em: 6mac. 2012.

MANDIC, Tvrtko; GOLUBIC, Mario; RENIC, Matija; SERCER, Igor. LOW COST 3D PRINTER. 27 jul. 2012. Disponível em: <http://3dprinter.zemris.fer.hr/LC3DP_ADC_TI_Final%20Report.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2012.

Miranda e Silva. Emilio Luciano de. O que é IGES. 05 mar. 2005. Disponível em: <http://emiliomiranda.eng.br/papeis/iges.xml_saida.html>. Acesso em: 25 abr. 2012.

MORIMOTO, Carlos E., Impressora Jato de Tinta. 26 de jun. 2005. Disponível em: <http://www.hardware.com.br/termos/impressora-jato-de-tinta>. Acesso em: 06 jun. 2012.

PANKIEWICZ, Igor. Como Funciona a Impressora 3D? . 29jul. 2009. Disponível em :<http://www.tecmundo.com.br/impressora/2501-como-funciona-a-impressora-3d-.htm> . Acesso em: 7 mar. 2012.

PENNACHIN, Cássio. Uma fabrica em sua mesa: impressão 3D open source. 25 jan. 2009. Disponível em: <http://blog.vettalabs.com/2009/01/25/uma-fabrica-na-sua-mesa-impressao-3d-open-source/>. Acesso em: 10 abr. 2012.

PERGUNTAS MAIS FREQUENTES SOBRE A IMPRESSÃO 3D. Disponível em: <http://translate.google.com.br/translate?hl=pt-BR&langpair=en%7Cpt&u=http://www.sculpteo.com/en/help/>. Acesso em: 5 mar. 2012.

PROTOTIPAGEM RÁPIDA. Desenvolvimento de produtos. Disponível em: <http://impressao3dprinter.com.br/blog/2011/05/prototipagem-rapida/>. Acesso em: 12 abr. 2012.

SPERRY, Keri. 3-D tecnologia de impressão a partir de imagens de TC pode ser utilizada de forma eficaz para o planejamento neurocirúrgico. 29 abr. 2011. Disponível em: <http://www.eurekalert.org/pub_releases/2011-04/arrs-3pt042611.php>. Acesso em: 28 abr. 2012.

SKEINFORGE – Fabmetheus. Disponível em: <http://fabmetheus.crsndoo.com>. Acesso em: 21 set. 2012.

UNIQUE. Modelo da Impressora 3D. Disponível em: <http://www.solidprinting.com/index.html>. Acessado em: 02 out. 2012.

VILLELA, Anderson. Oficina da net. O que é o Auto CAD? . 13 de fev. 2008. Disponível em: <http://www.oficinadanet.com.br/artigo/750/o_que_e_o_auto_cad>. Acesso em: 12 abr. 2012.