

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS PROCESSOS DE PROTOTIPAGEM RÁPIDA POR DEPOSIÇÃO OU REMOÇÃO DE MATERIAL NA CONCEPÇÃO DE NOVOS PRODUTOS

Aguilar Selhorst Junior

Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas - Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PPGEPS/PUCPR) – Rua Imaculada Conceição, 1155 - Prado Velho - CEP: 80215-901 – Curitiba – Paraná – e-mail: aguilar.junior@pucpr.br

Osiris Canciglieri Junior

Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas - Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PPGEPS/PUCPR) – Rua Imaculada Conceição, 1155 - Prado Velho - CEP: 80215-901 – Curitiba – Paraná – e-mail: osiris.canciglieri@pucpr.br

Alfredo Iarozinski Neto

Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas - Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PPGEPS/PUCPR) – Rua Imaculada Conceição, 1155 - Prado Velho - CEP: 80215-901 – Curitiba – Paraná – e-mail: alfredo.neto@pucpr.br

Resumo. *A prototipagem por meio de sistema CAD/CAM, antes de tudo, representa o desenvolvimento e integração de métodos, ferramentas, ambientes e tecnologias que sincronizam projeto e produção. Dois tipos de processos apresentam-se como principais processos de prototipagem por meio de sistema CAD/CAM: a) Prototipagem rápida (RP – Rapid Prototyping) por deposição de materiais, onde os modelos são construídos progressivamente por camadas não havendo necessidade de utilizar quaisquer tipos de ferramentas; e b) prototipagem rápida subtrativa (SRP – Subtractive Rapid Prototyping), onde os modelos são obtidos por desbaste de blocos de diversos materiais. Entender os dois processos citados é trazer esta tecnologia ao desenvolvimento de produtos. Saber definir qual processo de prototipagem em função de suas características materiais, seus custos e a velocidade de prototipagem é o início da utilização destes processos. Portanto o objetivo deste artigo é discutir a criação de uma metodologia para a análise e definição de qual processo de prototipagem rápida deve ser aplicado em cada produto a ser desenvolvido, e entender como a prototipagem pode ser fator determinante na decisão de produzir ou não um determinado produto. Definindo o processo de prototipagem rápida e integrando-o por meio de sistemas CAD/CAM (RP/SRP) é possível a redução do tempo do ciclo de desenvolvimento e o aumento da qualidade do design e sua previsão de manufatura.*

Palavras-chave: *Prototipagem Rápida, CAD/CAM, SRP, RP.*

1. INTRODUÇÃO

A informação, o conhecimento e a capacidade de resposta às necessidades do mercado, são ativos valiosos que as empresas utilizam para estarem competitivas em um mercado que exige uma grande variedade de produtos de qualidade, com tempo e custo reduzidos, para isso as empresas estão utilizando as novas tecnologias de informação para integrar vários setores das organizações por meio do conhecimento dos indivíduos e de tecnologias e equipamentos, capazes de promover e interpretar os resultados desta integração.

A integração e a rapidez entre as várias fases do desenvolvimento de produtos são sem dúvida elementos chaves na competitividade entre as empresas. Assim, a passagem rápida do conceito do produto à produção é sem dúvida alguma uma ferramenta de competitividade, que a prototipagem por meio de sistema CAD/CAM, oferece as empresas como meio determinante para o sucesso do desenvolvimento de novos produtos.

A prototipagem por meio de sistema CAD/CAM, antes de tudo, representa o desenvolvimento e integração de métodos, ferramentas, ambientes, conhecimento e tecnologias que sincronizam projeto e produção. Tal integração, proporcionada pela prototipagem por meio de sistema CAD/CAM possibilita ao designer testar e simular os produtos antes de sua produção em escala, reduzindo assim, o tempo entre a concepção e a colocação deste produto no mercado, trazendo redução nos custos de investimento e é claro, melhorando a qualidade do produto final.

Para podermos entender a utilização da prototipagem rápida no processo de desenvolvimento de produtos é necessário entendermos antes, quais as diferentes tecnologias, sistemas e processos de prototipagem rápida disponíveis hoje ao mercado.

Dois tipos de processos apresentam-se como principais processos de prototipagem por meio de sistema CAD/CAM: A prototipagem rápida (RP – *Rapid Prototyping*) por deposição de materiais, onde os modelos são construídos progressivamente por camadas não havendo necessidade de utilizar quaisquer tipos de ferramentas. E a prototipagem rápida subtrativa (SRP – *Subtractive Rapid Prototyping*), onde os modelos são obtidos por desbaste de blocos de diversos materiais. Ao se entender os processos e sistemas de RP e SRP, possibilitar-se-á a inserção destas tecnologias, de forma efetiva ao desenvolvimento de produtos. A aplicação da RP ou SRP no trabalho sistêmico dos setores de design, engenharia, marketing e produção, deve ser elemento estratégico das empresas, pois integram seus diversos setores, reduzindo riscos, custos e estimulando a inovação.

Saber Identificar qual e quando utilizar os processos de prototipagem no desenvolvimento de produtos e perceber as características, os materiais, os custos, a complexidade dos sistemas e a velocidade que eles podem ajudar nas tomadas de decisão é fundamental dentro do mercado competitivo atual. Portanto o objeto deste artigo é discutir como identificar quando e qual o melhor processo de prototipagem, seja convencional ou rápida, se aplica em cada produto a ser desenvolvido e entender como a prototipagem pode ser fator determinante na decisão de produzir ou não um determinado produto, pois assim, definindo o processo de prototipagem rápida e integrando-a por meio de sistemas CAD/CAM ao conhecimento do designer de produtos, engenheiros mecânicos, eletrônicos e de produção, é possível em um projeto de um produto industrial, reduzir o tempo do ciclo de desenvolvimento e aumentar a qualidade de design e pré-produção deste produto. Em busca desta definição de quando e qual tipo de prototipagem deve ser utilizado, é importante a comparação entre os diversos tipos de processos de deposição de material (RP – *Rapid Prototyping*), que é uma tecnologia relativamente nova, com o processo de remoção ou desbaste de material (SRP – *Subtractive Rapid Prototyping*), que se apresenta como uma renovação do sistema de desbaste de material via comando numérico, tendo em vista o novo foco que esta tecnologia vem recebendo ao tratar de protótipos rápidos.

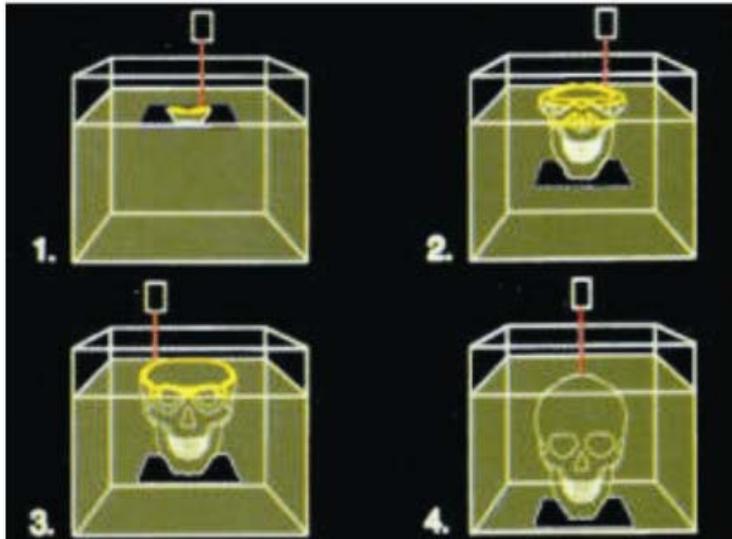
2. PROTOTIPAGEM POR DEPOSIÇÃO DE MATERIAL

Existem disponíveis ao mercado hoje diversos equipamentos que proporcionam a construção de protótipos rápidos via adição de camadas. Todos estes equipamentos têm em comum a possibilidade de construção de geometrias complexas, sem a necessidade da utilização de nenhum tipo de ferramenta de construção do tipo moldes, ou seja, constrói-se os objetos de forma livre, o que fez surgir recentemente a denominação de “*Solid Freeform Fabrication*” – Fabricação de sólidos de forma livre, pois o termo tradicional “*Rapid Prototyping*” – Prototipagem Rápida vem se tornando mais usual e correto a todo tipo de prototipagem de rápida execução, independentemente do processo de adição ou remoção de material, ou ainda independente do uso ou não das tecnologias que envolvem hardwares e softwares. Já que um protótipo rápido feito em massa de modelar, pode efetivamente apresentar elementos suficientes para a decisão de ir em frente ou não com uma alternativa de projeto de determinado produto. Vejamos alguns dos processos de “*Solid Freeform Fabrication*” ou tradicionais processos de RP (*Rapid Prototyping*):

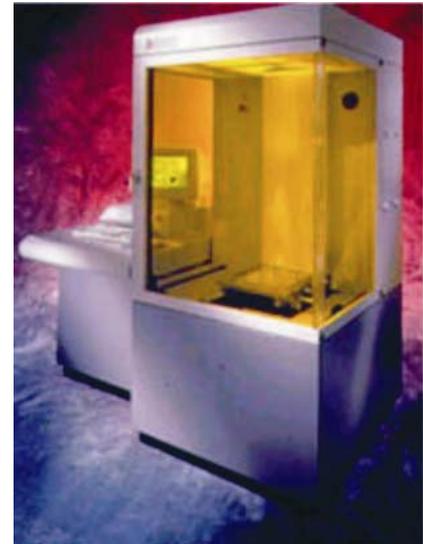
a) Estereolitografia (SLA)

O equipamento de estereolitografia (figura 1b) constrói a peça pela superposição de camadas de resina polimérica líquida. De acordo com o desenho criado em CAD, os raios laser UV solidificam

uma de resina fotossensível, camada a camada dos contornos do objeto pretendido sobre uma plataforma, até completar a formação da peça. A peça completa é removida do equipamento e a resina restante, dentro dos contornos, é curada por meio de aquecimento em forno (GRIMM, Todd, 2005). As geometrias que tenham partes desconectadas ou salientes requerem estruturas de suporte para evitar que o objeto desça para o fundo ou flutuem livremente na resina líquida, como ilustrado na figura 1a.



(a) Esquema de funcionamento



(b) Equipamento SLA

Figura 1. Equipamento e o processo de SLA.

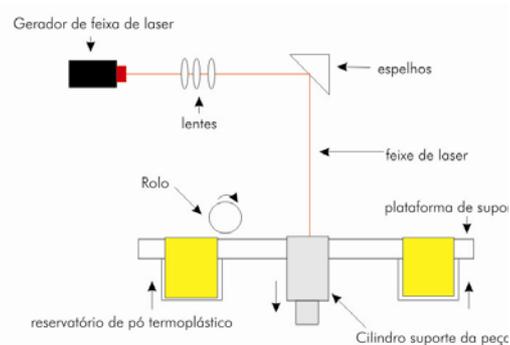
Fonte: (3D System).

b) Sinterização a Laser Seletivo (SLS)

O equipamento do processo SLS (figura 2a) constrói objetos tridimensionais pela superposição de camadas, homogêneas de polímeros em pó, entre eles o mais utilizado é a poliamida. As camadas superpostas são ligadas quimicamente entre si por ação do calor de um equipamento de emissão de laser. Com o processo iniciado, uma fina camada do pó, que se solidifica por ação do laser, é depositada dentro em um cilindro de formação do objeto, posicionado no centro do equipamento. Na seqüência, camadas adicionais do pó são depositadas através de roletes sobre a camada já sinterizada para sofrer a ação do laser, repetindo-se o processo até a formação final do objeto (figura 2b). O pó não sinterizado pela ação do laser é removido quando a peça estiver completa. Este serve como uma estrutura de suporte para partes salientes e desconectadas. A diversidade de materiais que podem ser usados neste processo é significativa quando comparado a outros processos. Alguns materiais disponíveis para SLS são: poliamida, elastômeros, cerâmica e metal com polímeros aglutinantes para aplicações em ferramental leve (GRIMM, Todd, 2005).



(a) Equipamento SLS



(b) Esquema de funcionamento

Figura 2. Equipamento e o processo de SLS.

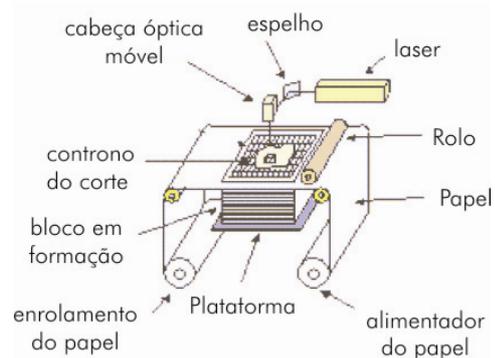
Fonte: (Rede Nacional de Prot. Rápida – Portugal).

c) Laminated Object Manufacturing (LOM)

A obtenção dos objetos no processo LOM (figura 3a), ocorre colando-se sucessivamente folhas de papel, nas quais um feixe laser corta o perímetro exterior correspondente ao corte da camada do objeto. Assim, o processo inicia-se com o desenrolar de um rolo de papel impregnado de cola termoplástica na sua superfície inferior. Seguidamente um rolo pré-aquecido comprime o papel sobre a camada anterior ficando a colagem consolidada (figura 3b). O corte do contorno da peça na camada é feito por um laser. Existe um equipamento que executa este corte com uma lâmina de metal, entretanto é um processo não muito difundido. O papel de suporte, que não faz parte do componente, é cortado para remoção da peça do interior do bloco formado pela bobina de papel (GRIMM, Todd, 2005).



(a) Equipamento LOM



(b) Esquema de Funcionamento

Figura 3. Equipamento e o processo de LOM.

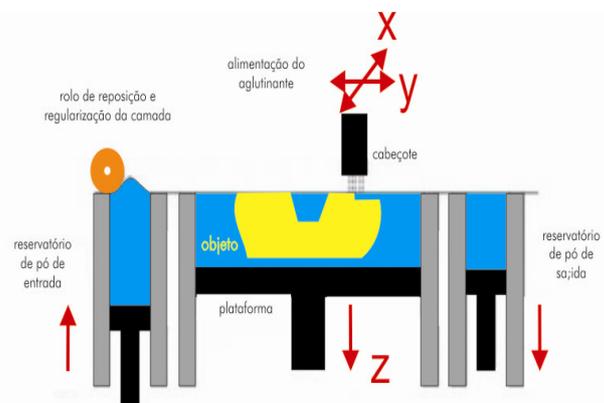
Fonte: (Rede Nacional de Prot. Rápida – Portugal).

d) Impressão Tridimensional (3D Print)

Este processo de RP (figura 4a) utiliza o conceito de impressão de jato de tinta, de impressoras de computadores, sendo o equipamento construído com parte destas impressoras. Ao invés de utilizar tinta, em seu lugar é utilizado um agente aglutinante. Em um reservatório contendo pó cerâmico ou polimérico uma plataforma se movimenta no eixo Z de coordenadas, onde o pó é aglutinado formando as camadas do objeto, na medida em que a plataforma desce, um rolo carrega nova camada vinda de outra plataforma ascendente (figura 4b). A movimentação do cabeçote de aglutinante, nas coordenadas x e y, constrói-se o desenho das camadas do objeto sucessivamente, até o fim da construção do objeto, que é retirado de dentro do volume de pó excedente. Após o procedimento de construção é necessária a infiltração de novos elementos químicos na porosidade do objeto construído (GRIMM, Todd, 2005).



(a) Equipamento 3D Print



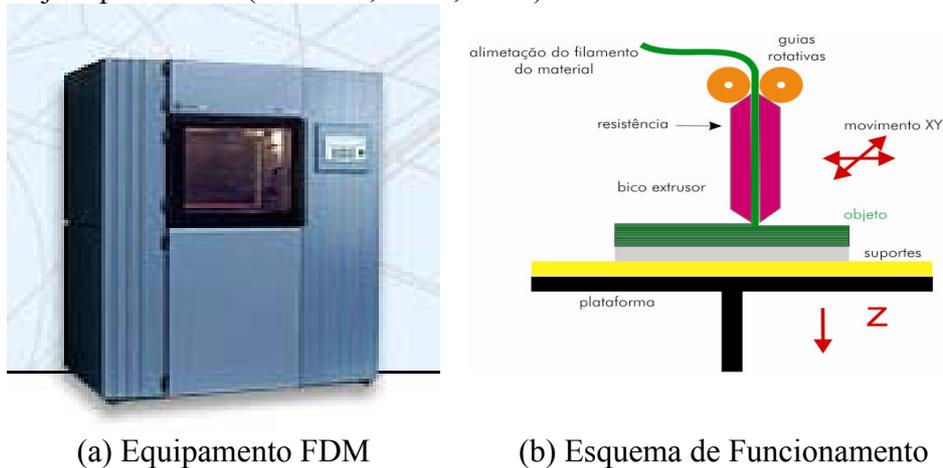
(b) Esquema de Funcionamento

Figura 4. Equipamento e o processo de 3D Print.

Fonte: ZCorp.

d) Fused Deposition Modeling (FDM)

O processo FDM (figura 5), constrói objetos por extrusão de filamentos de polímeros como ABS e Poliamida, aquecidos e com um cabeçote movimentando-se nas coordenadas xy, além de uma plataforma movimentando-se no sentido vertical coordenada z. No cabeçote, fios do material termoplástico são direcionados, por guias rotativas, a atravessarem dois bicos extrusores aquecidos. Um bico recebe material para a construção do objeto 3D enquanto outro recebe material para ser utilizado como suporte para a fabricação. Ao final de cada camada a plataforma se desloca para baixo, com uma distância igual à espessura de camada, formando camadas superpostas de filamento até formar o objeto pretendido (GRIMM, Todd, 2005).



(a) Equipamento FDM

(b) Esquema de Funcionamento

Figura 5. Equipamento e o processo de FDM.

Fonte: Stratasys.

Existem outras tecnologias de deposição de materiais ou RP, entretanto estas são as mais utilizadas e difundidas no Brasil. Para melhor compreensão, a tabela 1 resume algumas características das tecnologias de RP disponíveis no país.

Tabela 1. Características da Prototipagem Rápida no Brasil.

Processo / Características	SLA	SLS	LOM	3D Print	FDM
Variedade de Materiais	Pequena	Grande	Pequena	Média	Média
Translucidez	Sim	Não	Não	Não	Sim
Qualidade Superficial	Regular	Boa	Regular	Boa	Regular
Pós-Acabamento superficial	Regular	Boa	Baixa	Boa	Regular
Precisão	Excelente	Boa	Baixa	Boa	Regular
Resistência ao Impacto - simulando Polímeros	Regular	Boa	Baixa	Baixa	Boa
Resistência a Flexão – simulando Polímeros	Baixa	Excelente	Baixa	Baixa	Excelente
Custo do Protótipo – no Brasil	Alto	Médio	Alto	Médio	Médio
Pós-Processo	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Pós-Cura	Sim	Não	Não	Não	Não

É importante perceber que as avaliações colocadas aqui vêm de experiências práticas na obtenção de protótipos por empresas de design ou departamentos de design e engenharia de produtos que terceirizam seus protótipos em agentes que oferecem estes serviços no Brasil. Existem diversos desses agentes no país, na sua maioria, contam com apenas um dos tipos dos processos e equipamento citados. A formação destas características é uma média destes processos ofertados pelos agentes e resultados pretendidos pelos usuários dos processos. Entretanto, os valores destes equipamentos, retratam parte dos custos dos protótipos gerados e, portanto devem ser observados

para uma comparação como processo de SRP. Os preços destes equipamentos nos países de origem tem grande variação, vão desde US\$ 30.000,00 nos equipamentos de 3D Print até US\$ 500.000,00 dos equipamento de SLS e SLA, e ainda deve-se considerar outros custos, pois os contratos de manutenção elevam os preços dos protótipos consideravelmente (CURTIS, Will, 2006).

Para uma análise mais consistente, é importante entender outro elemento deste mercado, a tecnologia que vem aparecendo como alternativa a RP – *Rapid Prototyping* ou *Solid FreeForm Fabrication* e a SRP – *Subtractive Rapid Prototyping*.

3. PROTOTIPAGEM POR REMOÇÃO DE MATERIAL (SRP)

O processo SRP (*Subtractive Rapid Prototyping*) é comumente confundido com o VMC – (*Vertical Machining Center*), os centros de usinagem, pelas semelhanças dos equipamentos. Na verdade, a base da tecnologia é a mesma, ambos iniciam o processo de fabricação a partir de um bloco de material, desbastando-o até se obter o objeto desejado. Ambos desbastam uma variedade enorme de materiais desde metais aos mais usuais dos polímeros como o Nylon, ABS, Poliacetal, Acrílicos, etc. Utilizam-se de décadas de desenvolvimento tecnológico em controles de precisão dos eixos de usinagem com servos-motores AC, trocadores de ferramentas, eixos adicionais de usinagem, entre outros. Entretanto, existem diferenças significativas entre o processo de SRP e os centros de usinagem (VMCs). Enquanto os VMCs são otimizados para a confecções de objetos metálicos e ferramental em aço, os equipamentos de SRP são equipamentos pequenos, com perfil de desktops, cabendo dentro dos escritórios de desenvolvimento, podendo ser ligados em redes domésticas de energia elétrica e necessitam de pouca manutenção. Trabalham com baixo nível de ruído e não utilizam sistemas de refrigeração e filtragem. São fáceis de operar e geralmente contam com software CAM integrado e otimizado para o processo de prototipagem, proporcionando a possibilidade de designers e engenheiros a criação de protótipos rápidos de excelente precisão e acabamento superficial (CURTIS, Will, 2006).

As propriedades mecânicas dos protótipos ficam por conta dos materiais a serem usinados, que além daqueles polímeros usuais, contam como uma variedade enorme de poliuretanos que cada vez mais simulam os polímeros pretendidos na produção em escala do protótipo desenvolvido. A utilização de metais não ferrosos também é usual nos processos de SRP.

Os equipamentos, em sua maioria, utilizam os três eixos comuns de usinagem, mas uma variedade considerável tem apresentado um quarto eixo de giro do protótipo e trocadores automáticos de ferramentas, para a usinagem do protótipo em seu verso logo após a finalização da primeira face do objeto. Podendo-se então, iniciar a construção do protótipo e retirá-lo do equipamento ao fim da usinagem sem interferência manual durante o processo.

O acabamento superficial e o tempo de execução dos protótipos também sofrem influência direta do tipo de material, das ferramentas de usinagem e dos controles via software das atividades do equipamento antes da construção do objeto. Assim, a qualidade do acabamento superficial está sujeita ao objetivo final do protótipo e não apenas a qualidade que o equipamento oferece.

Outra possibilidade em alguns equipamentos de SRP é a troca do cabeçote de usinagem por scanner tri-dimensional, capaz de fazer a leitura de objetos muitas vezes prototipados manualmente e que servem de base para o desenho CAD, onde se viabilizará a correção de imperfeições de superfícies, para então a usinagem posterior, no mesmo equipamento, de um protótipo mais próximo do pretendido.

Portanto, a diversidade de materiais e a flexibilidade do processo de SRP, além da velocidade de resposta a execução de protótipos, habilitam este processo ao conceito de prototipagem rápida (*Rapid Prototyping*).



Figura 6. Equipamento e o processo de SRP.

Fonte: Stratasys.

4. QUAL TECNOLOGIA UTILIZAR – RP OU SRP?

A escolha de qual tecnologia utilizar depende exclusivamente do propósito do protótipo. Em uma comparação superficial, de imediato pode-se imaginar que a SRP, por sua flexibilidade e custos seja a mais atrativa para produção de protótipos nos vários estágios de desenvolvimento do projeto. Entretanto, os diferentes produtos em desenvolvimento exigem análises mais profundas para definir-se qual tecnologia utilizar. Existem muitas diferenças entre os processos de RP para compará-las diretamente ao processo SRP simplesmente sob o ponto de vista de sistema de construção dos objetos. O mais importante é inserir o processo de SRP no conceito de Prototipagem Rápida, para então compara-lo individualmente aos processos do sistema tradicional de RP ou *Solid Freeform Fabrication* (WOHLERS, Terry, GRIMM, Todd, 2003).

O objetivo deste artigo, não é a simples comparação, mas a possibilidade de viabilizar o reconhecimento das diferenças, das vantagens e desvantagens de cada um dos sistemas e processos de prototipagem rápida, no desenvolvimento dos diferentes tipos de produtos.

Sob o ponto de vista dos designers, logo no início do processo de desenvolvimento, aqueles protótipos iniciais de estudos ergonômicos, volumetria, formas podem ser construídos manualmente, usando-se materiais baratos, estilete e lixa. Já sob o ponto de vista do engenheiro mecânico, que precisa de um protótipo funcional de uma peça de um banco de automóvel, por exemplo, onde serão testadas as respostas estruturais da peça e flexibilidade do material, um protótipo elaborado em SLS ou FDM, pode ser a melhor escolha. Ou ainda um cirurgião, que necessita de uma peça de estudo para uma cirurgia em crânio humano, a qual deve ser a mais precisa possível, a SLA pode trazer uma boa resposta as questões de precisão. É evidente que todos os processos buscam dar respostas a estes problemas, porém as características próprias de cada protótipo a ser construído, e as características de cada processo de RP devem ser analisadas.

Geometrias complexas, onde é necessária a construções de ferramentas que utilizem posições, ou que possuam ângulos negativos para a usinagem, podem necessitar de muito esforço para utilização do processo de SRP, o que na RP tradicional não requer estratégias de construção

muito complexas, já que a construção por camadas proporciona a confecção de objetos com qualquer grau de complexidade. O importante neste caso é compreender qual característica se busca no objeto pretendido: Um objeto de estudo? Uma peça de encaixe que necessita de flexibilidade? Translucidez? Resistência mecânica?

Se objetivo é a construção de peças, permitidas pela usinagem de materiais, não há dúvida de que a SRP é uma boa opção de execução do protótipo de estudos e funcionais.

A mesma tecnologia de RP o que oferece ao mercado processos como: O FDM - com filamento em ABS proporcionando durabilidade e resistência; O SLS - com base de material em nylon (poliamida) ou metal, oferecendo resistência mecânica e resistência ao calor; O SLA - oferecendo translucidez e precisão; Ou ainda a velocidade da 3D print, ainda não consegue ofertar ao mesmo tempo, em nenhuma desses processos, a representação fiel das propriedades dos diversos polímeros aos quais os protótipos devem simular. Mesmo compensando essa diferença de propriedade mecânica com viabilidade de produção de geometrias complexas sem nenhum ferramental de injeção.

A tecnologia de SRP, mesmo não conseguindo produzir todos os tipos de protótipos funcionais, pelas dificuldades de geometrias complexas e grandes profundidades de usinagem, leva a um questionamento: Se não é possível usar o protótipo, seria possível viabilizar, sem custos elevados, a produção em escala do produto final? E a afirmação: Para a grande maioria dos protótipos a SRP produz protótipos funcionais a custos razoáveis. Não há nada melhor em protótipos, do que confecciona-los no material em que será produzido em escala, permitindo testes reais de material com alta precisão dimensional nos protótipos. Pois o objetivo é minimizar erros e acelerar a chegada do produto ao mercado, sem perder qualidade no processo desenvolvimento do projeto.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) e a Empresa MegaBox Design pelo suporte financeiro para a realização deste projeto de pesquisa.

4. REFERÊNCIAS

3D SYSTEM. **RP equipments**. Informação sobre equipamentos Disponível em <<http://www.3dsystems.com>>
Acesso em: 01 setembro 2006

BASHYAM, S. **An Integrated CAD for Design of Heterogeneous objects**. Rapid Prototyping Journal, volume 6, 2000.

CYBAMAN Tech. **Cybaman Replicator**. Informação sobre o equipamento. Disponível em:
<<http://www.cybamantech.co.uk>> Acesso em 01 setembro 2006.

CURTIS, Will. **Rapid Prototyping – Truly Functional Prototype**. Time-Compression Technologies. March/April, 2006. Disponível em: <<http://www.timecompress.com>> Acesso em: 01 setembro 2006

DEAN, Al. **Cybaman Replicator, a good example of SRP**. Prototype Magazine, Issue3, 2004.

ENVISIONTEC. **Materials**. Informação sobre materiais de RP. Disponível em: <<http://www.envisiontech.de>>
Acesso em 01 setembro 2006.

GORNI, A. A. Introdução à prototipagem rápida e seus processos, Plástico. Industrial, 2001;

GRIMM, Todd. **User's Guide to Rapid Prototyping.2004**. Disponível em: <<http://www.tagrimm.com>> Acesso em 01 setembro 2006.

GRIMM, Todd. **Choosing the Right RP System**. A study of seven RP systems,2005.

MEGABOX DESIGN AND PROTOTYPING. **Estudo de Caso: Comparação prática entre RP SLS e SRP MDX-500**, 2005. Não publicado.

ONUH, S. O. and YUSUF Y. Y. **Rapid Prototyping Technology: Applications and benefits for rapid products development**, Journal of Intelligent Manufacturing, 1999;

PHAM, D. T. and GAULT R. S. **A comparasion of rapid prototyping technologies**, Machine and Manufacturing, 1997;

PHAM, D. T. and GAULT R. S. **A review of rapid prototyping technologies and systems**. Machine and Manufacturing, 1996;

REDE NACIONAL DE PROTIPAGEM RÁPIDA DE PORTUGAL. **Comparação de Sistemas e Processos de RP e SRP**. Projeto de Implantação da Rede, 2002.

ROLAND DG Corporation. **Design Industry and Prototyping Segment**. 2002.

ROLAND DG Corporation. **MDX-540**. Informação sobre o equipamento. Disponível em: <<http://www.rolandg.com>> Acesso em 01 setembro 2006.

SANTLER G, KARCHER H, KERN R. **Stereolithography versus milled three-dimensional models: comparison of production method, indication, and accuracy**. Comput Aided surg 1998; 3(5): 248-56.

SANTLER G, KARCHER H, KERN R. **Stereolithography models vs. milled 3d models. Production, indications, accuracy**. Mund Kiefer Gesichtschir 1998 Mar; 2(2): 91-5.

STRATASYS, **FDM ACCURATE, RAPID MANUFACTURING AND PROTOTYPING SYSTEMS**. Informação sobre equipamentos. Disponível em: <<http://www.Stratasys.com>> Acesso em 01 setembro 2006.

WOHLERS, Terry, GRIMM, Todd. **Is CNC Machining Really Better Than RP?** Perspective, 2003. Disponível em: <<http://www.timecompress.com>> Acesso em: 01 setembro 2006.

WOHLERS, Terry. **Wohlert Report. 2004**. Disponível em: <<http://www.wholersassociates.com>> Acesso em 01 setembro 2006.

YAN, X. and GUP, A **review of rapid prototyping technologies and systems**. Machine and Manufacturing, 1996;

Z Corporation. **Industry Case Study, Medical Modeling Corporation**. Disponível em: <<http://www.zcorp.com>> Acesso em: 01 setembro 2006.

Z Corporation. **Low-Cost 3D Printer**. Informação sobre equipamentos. Disponível em: <<http://www.zcorp.com>> Acesso em: 01 setembro 2006.

COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN THE DEPOSITION AND ROMOVEL MATERIAL FOR RAPID PROTOTYPING IN THE NEW PRODUCTS CONCEPTION

Aguilar Selhorst Junior

Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas - Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PPGEPS/PUCPR) – Rua Imaculada Conceição, 1155 - Prado Velho - CEP: 80215-901 – Curitiba – Paraná – e-mail: aguilar.junior@pucpr.br

Osiris Canciglieri Junior

Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas - Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PPGEPS/PUCPR) – Rua Imaculada Conceição, 1155 - Prado Velho - CEP: 80215-901 – Curitiba – Paraná – e-mail: osiris.canciglieri@pucpr.br

Alfredo Iarozinski Neto

Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas - Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PPGEPS/PUCPR) – Rua Imaculada Conceição, 1155 - Prado Velho - CEP: 80215-901 – Curitiba – Paraná – e-mail: alfredo.neto@pucpr.br

Palavras-chave: *Prototipagem Rápida, CAD/CAM, SRP, RP.*

Abstract: *The prototyping by the CAD/CAM system, firstly, represents the development and the integration of methods, tools, environments and technologies that synchronizes design and production. Two types of the processes are presented as the mainly prototyping processes by CAD/CAM system: a) the Rapid Prototyping (RP) by the overthrow of materials, where the models are progressively built through out lays, so there is no need for the use of any kind of tools; and b) the Subtractive Rapid Prototyping (SRP), where the models are obtained by roughing the work piece of different materials. Understand these two processes is to bring this technology to the product development. To know how to define which prototyping process will be applied regarding its material properties, its costs and the prototyping velocity is the beginning of the use of these processes. Therefore, the objective of this article is to discuss the creation of a methodology for analysis and definition of which rapid prototyping process should be applied in each product that will be developed, and understand how the prototyping can be a determinant factor in the decision of to produce or not a product. Defining the rapid prototyping process and integrating it by the CAD/CAM system it is possible to reduce the time of the development cycle and the increase of the design quality as well as the manufacturing forecast.*

Keywords. *keyword, Rapid Prototyping, CAD/CAM, SRP, RP.*