

PROTÓTIPOS E PROTOTIPAGEM RÁPIDA ADITIVA SUA IMPORTÂNCIA NO AUXÍLIO DO DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO

Filipe Wiltgen

Universidade de Taubaté – UNITAU

Programa de Mestrado em Engenharia Mecânica

lfwbarbosa@gmail.com

Resumo. Este artigo descreve a importância da construção de protótipos no desenvolvimento da pesquisa científica e tecnológica com a ajuda da prototipagem rápida aditiva. A manufatura baseada na prototipagem rápida aditiva disponibiliza a facilidade de testar uma peça, um dispositivo completo ou mesmo uma funcionalidade, o que permite agilizar o desenvolvimento tecnológico de inovação. A utilização de impressoras 3D com tecnologia de Modelagem por Deposição Fundida (FDM – Fused Deposition Modeling) devido ao custo acessível e a praticidade de utilização tem auxiliado muitos protótipos de testes os quais seriam difíceis de se obter por outro método de manufatura, quer pelo custo, quer pelo tempo e complexidade construtiva. A construção de protótipos no desenvolvimento técnico científico é de fundamental importância para a realização de ensaios físicos que permitem o amadurecimento tecnológico, o que faz parte de processos de construção e desenvolvimento principalmente de dispositivos considerados novos ou inovadores.

Palavras chave: Manufatura Aditiva. Prototipagem Rápida. Impressão 3D. Modelagem. Protótipo.

1. INTRODUÇÃO

O surgimento de novas tecnologias de manufatura sempre criam quebras de paradigmas (Alcalde e Wiltgen, 2018), o que ocorreu quando surgiu o primeiro torno elétrico, as primeiras máquinas de comando e controle numérico (CNC), foi assim também, com a primeira impressora 3D.

Uma impressora 3D é baseada na tecnologia de manufatura aditiva (Nishimura *et al.*, 2016) diferente de um torno, cuja tecnologia é de manufatura subtrativa. Como o próprio nome diz, na manufatura aditiva o objeto a ser construído é fabricado com a inserção de material, na quantidade e na posição pré-determinada por um modelo digital desenhado em um arquivo do tipo CAD (*Computer Aided Design* – Desenho Assistido por Computador). Desta forma, tornando esse tipo de fabricação mais econômica porque evita o desperdício de matéria prima.

A manufatura subtrativa (Rodrigues *et al.*, 2012) surgiu antes da manufatura aditiva. Esta é baseada na remoção de matéria prima para a construção de um objeto, de tal forma como faz um escultor. O objeto a ser construído é “lapidado” por uma máquina que retira a parte desnecessária do material para criar o objeto, com isto é necessário ter mais matéria prima do que a necessária para construir o objeto.

No desenvolvimento técnico e científico que leva a criação de novos e inovadores produtos (Volpato, 2007) sempre a necessidade de construir um objeto físico real para teste. Mesmo que este seja fabricado em escala reduzida não é uma tarefa fácil, e quase nunca economicamente viável. Isso porque esses dispositivos são na verdade descartáveis após os testes dado que sua função principal é permitir a realização de testes para melhorias no seu desenvolvimento.

O desenvolvimento de um dispositivo, peça, conjunto completo ou uma funcionalidade necessita da realização de simulações digitais com modelos digitais complexos, como vem sendo utilizado nas primeiras fases de criação e desenvolvimento técnico científico, mas são os ensaios e testes funcionais com modelos físicos reais em protótipos que efetivamente geram o amadurecimento tecnológico permitindo os ajustes necessários para ter um produto comercializável (Rodrigues *et al.*, 2012 e Wohlers, 1999).

Sabe-se que a utilização de um protótipo físico real é uma etapa insubstituível no desenvolvimento tecnológico, pois o objeto é posto a prova em seu ambiente de uso real no qual muitas vezes não é possível simular em um computador devido a suas complexidades e suas imprevisibilidades que atuam diretamente nas funcionalidades do protótipo, e que desta forma possibilitam ao desenvolvedor a oportunidade de melhorar o projeto.

Sob o ponto de vista acadêmico científico a utilização de prototipagem rápida é uma ferramenta ímpar para acelerar as pesquisas realizadas no âmbito de pesquisas de mestrado e doutorado, principalmente no mestrado, no qual o tempo de desenvolvimento e obtenção de resultados é menor.

Desta forma, quer seja na indústria ou na academia (Alcalde e Wiltgen, 2018) a utilização de protótipos, e também, da manufatura aditiva se mostram como ferramentas importantes de auxílio no desenvolvimento de novos produtos.

2. IMPORTÂNCIA DOS PROTÓTIPOS

Testar e realizar ensaios é uma das tarefas de grande importância no desenvolvimento de novos dispositivos. Entretanto, para realizar testes e ensaios reais é necessário ter um modelo físico real que seja similar, mesmo que em escala reduzida, do dispositivo a ser testado. Este modelo recebe o nome de protótipo.

Durante o processo de desenvolvimento de novos produtos podem ser gerados vários protótipos para testes funcionais, até que o comportamento e as funcionalidades atendam aos requisitos de projeto, e assim se comportem como o esperado no ambiente de uso.

Os protótipos podem ser construídos a partir de qualquer coisa, mesmo em papel ou madeira, é comum na indústria automobilística fazer protótipos de novos projetos e designs com massa de modelar. O protótipo deve ser fiel a idéia do projeto, para que possa ser representativo do que se pretende testar. Atualmente muitas funcionalidades podem ser testadas via simulações computacionais, e assim é feito. Entretanto, em um determinado estágio do desenvolvimento é necessário trazer o modelamento digital matemático-geométrico para o mundo físico real (Lino *et al.*, 2000).

No mundo real as condições ambientais têm enorme influência no comportamento de um protótipo, quer seja, pela dilatação causada pela diferença de temperatura em um dia quente e úmido, quer seja, pela contração estrutural ocorrida em um dia seco e frio. O comportamento de um determinado dispositivo em um ambiente não pode ser perfeitamente simulado sem a realização dos testes físicos reais, que muitas vezes servem inclusive para melhorar o comportamento e os resultados das simulações computacionais.

Um protótipo físico real permite a equipe de desenvolvimento analisar detalhadamente todas as partes e funcionalidades de um objeto, permitindo manusear, movimentar, verificar a anatomia, a forma, o peso e a rigidez. Muitas vezes o protótipo real pode substituir parte ou um conjunto completo apenas para ver se a dimensão está realmente correta, principalmente quando ele é apenas uma parte de um todo. O material de que o protótipo é construído depende do estágio em que ele se encontra. Em geral testes iniciais dimensionais ou funcionais simples são produzidos com material de baixo custo, pois durante esta fase é possível que seja necessário construir muitos protótipos diferentes até que seja aprovado nos testes.

Durante esta fase a utilização de uma tecnologia de baixo custo e rápida na fabricação faz muita diferença (Canciglieri *et al.*, 2015). É nesta fase que utilizar a manufatura aditiva via impressão 3D se torna um diferencial importante para a confecção de protótipos utilizando a técnica de prototipagem rápida aditiva.

Após esta etapa, são construídos os protótipos finais que são na verdade o produto piloto a ser produzido com material mais nobre e idêntico ao do produto real. Os ensaios validam e comprovam as funcionalidades disponibilizando os resultados para verificação e amadurecimento do protótipo dentro da escala TRL (*Technology Readiness Levels*) que é o nível de maturidade tecnológica alcançado no desenvolvimento de um projeto ou produto.

3. PROTOTIPAGEM RÁPIDA ADITIVA

Ser capaz de criar modelos físicos reais (Myers and Norton, 1998) sempre foi importante e não é algo novo. Desde muito tempo a manufatura faz uso de protótipos construídos com materiais mais macios, menos nobres e de menor custo. Entretanto, o tempo gasto com as técnicas convencionais de usinagem, ou mesmo de construção de moldes usinados, além de ter alto custo, possui também, considerável tempo de execução. Isso sem contabilizar o fato de que essa técnica necessita de mais matéria prima do que realmente será útil na confecção do objeto.

A primeira manufatura aditiva realizada via impressão 3D (Alcalde e Wiltgen, 2018) utilizou a técnica conhecida com SLS (Estéreo Litografia a Laser) no qual a sinterização a laser de um fluido produz um objeto físico camada por camada (técnica mais comum de impressão 3D). O material é relativamente frágil e seu custo na época não parecia ser competitivo como atualmente.

Entretanto, em poucos anos surgiu um projeto simples e inovador de impressora 3D baseado em um sistema de extrusão de plástico, similar ao que é utilizado em injeção plástica, mas em miniatura e com controle total da quantidade de material a ser derretido, e ao invés de utilizar um molde, a máquina sozinha excursiona nos três eixos XYZ, através de três motores de passo, e um outro motor de passo extra, utilizado no controle do plástico a ser derretido ou fundido. Esta técnica ficou conhecida como FDM (*Fused Deposition Modeling*) que é na verdade o processo de deposição por material plástico fundido camada por camada, de forma similar a máquina SLS.

Utilizar plásticos moldados a altas temperaturas (*termoplásticos*) como matéria prima de impressão 3D foi uma idéia originalmente brilhante, tanto pelo fato da resistência física do material plástico, quanto pelo baixo custo da própria máquina e da matéria prima utilizada.

A matéria prima usada em máquinas FDM para construção de um objeto é fabricada na forma de um cordão de filamento plástico bobinado em carretéis de aproximadamente 1kg, com espessura de 1,75 mm de diâmetro. O bico da extrusora da impressora 3D FDM ao derreter o plástico, reduz o diâmetro para 0,4 mm (mais comum), de tal forma que os objetos produzidos possam ter a aparência superficial quase lisa ao olhos humanos. Os plásticos mais comuns utilizados em impressoras 3D FDM são o ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*) e o PLA (*Polylactic Acid*) ambos produzidos em várias cores diferentes.

Cada tipo de plástico possui qualidades e procedimentos diferentes de impressão 3D. O mais simples de utilizar com melhor custo/benefício é o PLA. Este termoplástico é biodegradável, além de poder ser reaproveitado na confecção de novos filamentos para impressão 3D. A utilização do PLA, não necessita que a máquina de impressão 3D possua a mesa (plataforma de confecção de objetos) aquecida, como é o caso do uso do ABS.

Apesar do tempo de manufatura da prototipagem rápida aditiva não ser tão curto quanto todos gostariam, ainda sim é uma opção muito boa para acelerar os processos de desenvolvimento de novos produtos (Canciglieri *et al.*, 2007). Atualmente uma impressão 3D em uma máquina pequena de uso comercial demora entre 01 (uma) hora para objetos simples e pequeno, e até 10 (dez) horas para fabricar objetos complexos (muitos detalhes) ou grandes (volume iguais ou maiores que 30 (trinta) cm³). Cabe lembrar que mesmo assim, esta técnica ainda é mais rápida e de menor custo (incluindo o material) do que outros processos de manufatura tradicionais.

Após a realização de todos os testes com os protótipos de baixo custo (Lino *et al.*, 2001) é possível utilizar outras técnicas de custo mais elevado para a produção final de um protótipo, com material real de projeto e com acabamento necessário para ser produzido em escala comercial. Deve ficar claro que a prototipagem rápida é uma ferramenta essencial para o desenvolvimento e não para fabricação em escala comercial. É por este motivo que a técnica é chamada de prototipagem, só se destina a fazer protótipos, simples ou complexos, mas apenas protótipos.

4. CONSTRUÇÃO DE PROTÓTIPOS NO DESENVOLVIMENTO TÉCNICO E CIENTÍFICO

O desenvolvimento técnico e científico é baseado no amadurecimento de uma idéia com bases científicas e pesquisa tecnológica capaz de formular requisitos baseados em premissas que possam “dissecar” um problema e propor soluções técnicas capazes de resolvê-los. Como são necessárias soluções técnicas, e não apenas uma solução, em muitos casos estas soluções necessitam ser testadas computacionalmente via simulação, ou mesmo fisicamente sendo construídas.

A construção de protótipos capazes de apresentar soluções práticas que atendem a requisitos de um determinado projeto de pesquisa ou produto tecnológico atuam em benefício da diminuição do tempo para obter resultados científicos que impactam na vida humana (Alcalde e Wiltgen, 2018).

Dispositivos médicos ou farmacêuticos capazes de serem testados via a prototipagem rápida permitem aos pesquisadores, obter respostas mais rápidas de seus experimentos, e assim, disponibilizar mais rapidamente no mercado produtos inovadores. Imagine uma pílula que contém micro dispositivos impressos em 3D mecanizados roboticamente e capazes de transportar medicamentos em quantidades ínfimas para serem acionados apenas quando necessário, por exemplo antibióticos potentes injetados diretamente no estômago do paciente. E que sejam devidamente descartados e excretados naturalmente pelo corpo humano.

Imagine um *Dispositivo de Auxílio Humano* (DAH), capaz de substituir movimentos básicos de uma mão ou um braço humano, acionados apenas por energia mecânica, de baixo custo, leves, versáteis e de código aberto (*open source*) podendo ser confeccionado em qualquer impressora 3D. Isso é realidade desde 2008 na organização não governamental do E-Nable (*enablingthefuture.org*).

Este projeto tem como objetivo ajudar crianças, isso porque o custo de DAH em crianças é alto devido ao curto tempo de vida do dispositivo dado pelo crescimento físico da criança. A maioria das famílias não possui recursos necessários para as trocas constantes deste dispendiosos dispositivos comerciais. Entretanto, com a fabricação dos mesmos via prototipagem rápida aditiva a realidade é outra, seu baixo custo permite que as crianças possam fazer uso de DAH compatíveis com seu crescimento tornando uma importante ferramenta de inclusão social e tecnológica. Pela fração de aproximadamente 40 (quarenta) vezes menor que o valor de uma prótese comercial, as famílias podem adquirir uma impressora 3D pessoal e imprimir em suas próprias casas um DAH por ano, durante toda a infância e juventude desta criança.

Outrossim, existe um horizonte de oportunidades que se trata da construção de equipamentos completos e funcionais sem a necessidade de montagens, também considerado como um grande diferencial da manufatura aditiva, ou seja, sua construção incorpora o processo de montagem sem que esta tarefa tenha que ser executada por um ser humano. Quando o objeto fica pronto basta ser utilizado sem ter que passar pelo tradicional processo de montagem final, tornando-o economicamente atrativo a aquisição de equipamentos de manufatura aditivos (Canciglieri *et al.*, 2015). Isto faz grande diferença em pequenas e médias empresas que começam a suas produções sem muitos funcionários podendo diminuir o custo final do produto, sem afetar muito a margem de lucro, baseando-se apenas na redução de custos fixos devido a esta tecnologia.

Na engenharia a prototipagem tem fundamental impacto, isso porque o projeto de uma máquina de impressão 3D é um produto tecnológico que ainda está se desenvolvendo, novas técnicas, novos materiais e novas máquinas devem ser foco desta área em ampla expansão.

Na engenharia (Vasconcelos *et al.*, 2001) a utilização de protótipos faz parte do processo criativo e científico. Na metodologia de engenharia de requisitos e de sistemas é fundamental ter como meta de desenvolvimento o planejamento de ensaios de protótipos para galgar os níveis mais altos de TRL, que em determinado momento habilitam o novo “produto” (Nevins and Whitney, 1989) passar para o estágio de fabricação para vendas utilizando a escala de níveis MRL (*Manufacturing Readiness Level*) que é o nível de maturidade de manufatura alcançado no desenvolvimento de um projeto ou produto.

Todos os estágios de um projeto são impactados a partir dos resultados dos ensaios dos protótipos. Estes ensaios têm o propósito de aperfeiçoar o desenvolvimento e acompanhar sua evolução sempre guiada pelos requisitos de projeto. A área de engenharia faz planejamento de campanhas de ensaios de protótipos de naturezas diferentes para ambientes e objetivos de testes diferentes. Os resultados dos ensaios permitem as melhorias necessárias para ter um produto que possa ser considerado confiável, de tal forma que o atendimento dos requisitos foram amplamente atingidos.

Os resultados de protótipos revelam suas melhorias a cada nova interação “*modelagem-teste-resultado*”. A informação dos resultados dos ensaios é devidamente traduzida na forma de uma nova modelagem, que novamente será fabricada e testada, gerando um novo resultado. Se o resultado satisfaz todos os requisitos de projeto não há a necessidade de continuar a refazer a modelagem digital. Entretanto, até que o resultado seja satisfatório é venha a ser validado, a interação “*modelagem-teste-resultado*” continua a solicitar a construção de novos protótipos para teste.

O cuidado no planejamento do protótipo e nos roteiros os ensaios são definitivos para obter resultados válidos e confiáveis. Em uma campanha de ensaios com protótipos, a prototipagem rápida aditiva se mostra a candidata perfeita para replicar protótipos. Construir protótipos iguais, com massas iguais e iguais dimensões, são definitivamente importantes a fim de não causar discrepâncias nos resultados experimentais. Um processo de manufatura de protótipos deve ter controle dimensional rígido para evitar que os resultados sejam invalidados.

Ensaio com protótipos construídos via prototipagem rápida aditiva, devem passar por inspeção dimensional completa incluindo a pesagem.

No caso de impressão 3D a grande maioria dos objetos não são construídos sólidos (*a menos que seja necessário*), em geral são construídos com áreas de ocupação interna entre 10 (dez) e 80 (oitenta) % do volume, e em formato hexagonal (*mais comum formato de favo de mel*) o que confere ao objeto rigidez mecânica e leveza. Deve-se portanto ficar atento a imperfeições internas na confecção do objeto que podem alterar a massa de cada protótipo. Em testes de avaliação de características e esforços mecânicos, estas possíveis imperfeições internas podem alterar a massa e mudar também a configuração de rigidez mecânica de cada protótipo construído o que pode invalidar os resultados comparativos.

Apesar da prototipagem rápida aditiva ter uma boa repetibilidade é uma boa prática construir os protótipos de um determinado conjunto de ensaios na mesma máquina, e se possível no mesmo momento, já que impressoras 3D permitem construir várias peças de um só vez. Isso pode minimizar problemas dimensionais e acelera a realização dos ensaios e análise dos resultados.

5. CONCLUSÕES

Para discutir sobre as vantagens de se utilizar um protótipo deve-se primeiro verificar as contribuições e a relevância dos resultados obtidos com a sua utilização na realização de testes em ensaios. Seus resultados são sem dúvida uma fonte inestimável de conhecimento a respeito do desenvolvimento de um projeto ou produto. A resposta dada por um protótipo submetido a diversos tipos de testes deve agregar valor a seu amadurecimento tecnológico acelerando seu desenvolvimento e trilhando assim um breve caminho ao produto.

Esforços concentrados no desenvolvimento de novas técnicas e máquinas de prototipagem rápida aditiva tornam os processos mais rápidos, com menor custo e com diversos materiais novos que vão permitir aproximar os protótipos de testes cada vez mais aos produtos finais.

Sabe-se que o caminho para tornar a manufatura aditiva uma realidade economicamente viável em grande escala industrial ainda é longa. Entretanto, sabe-se também, do grande esforço e empenho mundial aplicado no crescimento desta área.

O desenvolvimento de novos materiais líquidos devem permitir a confecção do objeto de uma única vez sem a necessidade de construir camada por camada, acelerando muito o tempo de construção nas prototipagens rápidas aditivas. A solidificação do material no objeto completo projetado deve abrir caminho para escalas produtivas maiores, permitindo que venha a se tornar competitiva no tempo e no custo.

Em um futuro não muito distante a manufatura aditiva permitirá a construção completa de um dispositivo, mesmo que este possua em sua composição diversos tipos de materiais diferentes. A intercambialidade automática de materiais na fabricação aditiva será algo revolucionário, e permitirá a pequena empresa criar seu produto completo em uma única máquina e de uma só vez, permitindo que a realização de ensaios e testes se transforme em algo absolutamente rotineiro e rápido.

Pode-se imaginar que esta forma de construção aditiva instantânea e com múltiplos materiais vai alterar profundamente a forma de encarar os processos produtivos, bem como, o conceito de indústria de manufatura.

A concepção de novas idéias podem ser mais facilmente desenvolvidas, tanto no âmbito científico e tecnológico, quanto no meio comercial e industrial utilizando protótipos e a prototipagem rápida aditiva, tornando o desenvolvimento técnico científico mais eficaz em sua essência, o que nada mais é, do que permitir aos seres humanos entender os mecanismos e o funcionamento da natureza, possibilitando melhorar a qualidade e a diversidade da vida no planeta.

6. AGRADECIMENTOS

O autor agradece a Universidade de Taubaté – UNITAU pela oportunidade de ministrar disciplinas e desenvolver a pesquisa na instituição como professor doutor convidado do programa de Mestrado em Engenharia Mecânica. O autor aproveita a oportunidade para agradecer também, o apoio financeiro concedido pela Empresa de Pesquisa, Tecnologia e Serviços da Universidade de Taubaté – EPTS que permitiu a participação neste evento.

7. REFERÊNCIAS

- Alcalde, E. e Wiltgen, F. “Estudo das tecnologias em prototipagem rápida: passado, presente e futuro” Revista de Ciências Exatas, Universidade de Taubaté (UNITAU), v. 24, n. 2, p 12-20, 2018
<<http://periodicos.unitau.br/ojs/index.php/exatas/article/view/2757>>.
- Canciglieri, O. J. et al. “Método de decisão dos processos de prototipagem rápida na concepção de novos produtos” Gestão de Produção, São Carlos, v. 22, n. 2, p. 345-355, 2015.
- Canciglieri, O. J., Junior, A.S. e Neto, A.I. “Processos de prototipagem rápida por deposição ou remoção de material na concepção de novos produtos uma abordagem comparativa. In *Proceedings of the XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Foz do Iguaçu, 2007
<http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2007_tr610459_0570.pdf>
- Lino, F.J., et al. “Diluição de fronteiras entre o design e a indústria através da prototipagem rápida – um caso de estudo”, Cadernos Empresariais, ano 2, nº 7, p. 58-63, 2000.
- Lino, F.J., Camboa, H., Paiva, B. e Neto, R.J., “Direct conversion of rapid prototyping models”. In *Proceedings of the 1st International Materials Symposium*, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Coimbra, Abril 9-11, 2001.
- Myers, Y. and Norton, J., "Rapid manufacturing with rapid tooling", Prototyping Technology International 98, p. 30-34, 1998.
- Nevins, J.L. and Whitney, D.E., 1989 *Concurrent Design of Products and Processes*, McGrawHill, NY.
- Nishimura, P.L.G., Rodrigues, O. V., Júnior, G.B., da Silva, L.A., “Prototipagem rápida: um comparativo entre uma tecnologia aditiva e uma subtrativa”. In *Proceedings of the Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design*, Belo Horizonte, Outubro 04-07, 2016.
- Rodrigues, O.V., Alencar, F., Barata T.Q.F. “Combining rapid prototyping with more conventional production processes” In *Proceedings of the 5th International PMI Conference Proceedings*. University College Ghent, v.1, p. 147-150, 2012.
- Vasconcelos, P., Lino, F.J. e Neto, R.J. “O fabrico rápido de ferramentas ao serviço da engenharia concorrente” Portugal, TECNOMETAL, 2001. <<http://paginas.fe.up.pt/~falves/arttecnometal.pdf>>
- Volpato, N., 2007 *Prototipagem Rápida: tecnologias e aplicações*. Edgard Blucher, 1ª edição.
- Wohlers, T.T., “Rapid prototyping & tooling – state of the industry” Worldwide Progress Report, 1999.

8. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

O autor é o único responsável pelas informações incluídas neste trabalho.

PROTOTYPES AND ADDITIVE RAPID PROTOTYPES ITS IMPORTANCE IN SUPPORT FOR DEVELOPMENT SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL

Filipe Wiltgen

Universidade de Taubaté – UNITAU
Programa de Mestrado em Engenharia Mecânica
lfwbarbosa@gmail.com

Abstract. *This article describes the importance of prototype construction in development of scientific and technological research with the help of additive rapid prototyping. Manufacturing based on additive rapid prototyping provides the ease of testing a part, a complete device, or even a feature, which enables faster technological development of innovation. The use of 3D printers with Fused Deposition Modeling (FDM) technology due to affordable cost and practicality of use has aided many prototype tests which would be difficult to obtain by another manufacturing method either by cost, or by time and constructive complexity. The construction of prototypes in scientific technical development is of fundamental importance for physical realization tests that allow technological maturation, which is part of construction and development processes mainly of devices considered new or innovative.*

Keywords: *Additive Manufacturing. Rapid Prototyping. 3D printing. Modeling. Prototype.*

RESPONSIBILITY NOTICE

The author is the only responsible for the printed material included in this paper.