

Projecto PROTOMA (Prototyping Manager)

Joaquim Filipe*, José Simões** e Fernando Cruz**

*Departamento de Sistemas e Informática da EST-Setúbal

**Departamento de Engenharia Mecânica da EST-Setúbal

O projecto PROTOMA é um projecto internacional no âmbito do programa Europeu “Leonardo da Vinci”, com o objectivo de desenvolver planos curriculares e metodologias para o treino vocacional na área da prototipagem rápida.

O consórcio que se formou para desenvolver o projecto PROTOMA inclui empresas e instituições de Ensino de vários países Europeus, nomeadamente:

I.T.I.Carate (Itália – Coordenador), POLITECNICO DI MILANO (Itália), C.F.P. „SANDRO PERTINI“ (Itália), SINTEC System s.r.l. (Itália), MODEL CAR s.r.l. (Itália), ITINERA (Itália), TRITON s.r.o. (Itália), UNIVERSIDADE DE OSTRAVA (República Checa), DUBLIN INSTITUTE of TECHNOLOGY (Irlanda), ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA de SETUBAL (Portugal), ASSOC. POLIEDRA ROMANIA (Roménia), UNIVERSITATEA TEHNICA DIN CLUJNAPOCA (Roménia),

Este projecto tem uma natureza multidisciplinar, envolvendo competências na área de Engenharia Mecânica, Engenharia Informática e outras, pelo que a Escola Superior de Tecnologia de Setúbal se encontra representada no consórcio internacional que está a realizar este projecto através do Departamento de Engenharia Mecânica (DEM) – Professores José Simões e Fernando Cruz, e do Departamento de Sistemas e Informática (DSI) – Professor Joaquim Filipe e Engenheiro Vítor Pedrosa.

Fez-se já um estudo a nível nacional referente às perspectivas de aplicação das técnicas de prototipagem rápida em Portugal, incluindo-se no estudo uma variedade de organizações para as quais estas tecnologias podem ter impacto, incluindo empresas, instituições de Ensino superior, Laboratórios e Associações do sector.

Previsto para ter uma duração total de 18 meses, o projecto foi iniciado há cerca de um ano, estando de momento na fase final de desenvolvimento, e prevendo-se a apresentação dos resultados finais em Junho de 2004.

O que é a prototipagem rápida? Como se enquadra na área de moldes em geral?

A prototipagem rápida (PR) consiste num conjunto de novos processos de fabrico que permite a produção de modelos físicos tridimensionais camada a camada, em diversos materiais (polímeros, cerâmicos, metais, madeira, etc), a partir dos correspondentes

modelos virtuais modelados em sistemas CAD 3D, e sem necessidade de utilização de quaisquer ferramentas. São tecnologias recentes (a primeira máquina foi comercializada nos EUA em 1989), só possíveis devido ao profundo desenvolvimento entretanto ocorrido nas tecnologias de informação.

As principais vantagens da PR são a rapidez de execução, a diversidade de materiais disponíveis, o baixo custo de fabricação, ou seja, em termos gerais, a redução do “time-to-market”, factor importante num mercado fortemente concorrencial com o actual.

Existem actualmente cerca de vinte tecnologias diferentes de PR, residindo as diferenças entre elas nos processos de depósito das sucessivas camadas de material, nos materiais utilizados, na forma de apresentação desses materiais (na forma de pós, na forma líquida, ou na forma sólida) e nos processos físicos de promover a consolidação das camadas depositadas).

As principais aplicações da PR são: visualização e/ou correcção do design (“*feel & touch*”), protótipos de apresentação, análise de aspectos ergonómicos, protótipos funcionais, fabrico rápido de ferramentas e manufactura de pequenas/médias séries em materiais industriais.

No caso específico da indústria de moldes, área de especial relevância em Portugal, as principais aplicações residem precisamente no fabrico de protótipos de visualização/correcção/optimização do design previamente à entrada em fabrico, e no fabrico de insertos para cavidades moldantes destinados a injeção de plásticos. Existem em Portugal cerca de vinte máquinas instaladas até ao momento, a maioria na área da Marinha Grande/Oliveira de Azeméis devido a concentração da indústria de moldes nestas localidades, e as restantes dispersas por centros tecnológicos e instituições académicas. As cinco tecnologias mais importantes, actualmente disponíveis, encontram-se representadas no conjunto instalado em Portugal.

A nível mundial existem cerca de 2000 máquinas de PR instaladas, a maioria nos EUA (45%) e na Ásia (30%) e as restantes na UE (18%) e resto do mundo.

Aplicação industrial das técnicas de prototipagem rápida

Actualmente, na indústria, os equipamentos utilizados para as operações de maquinagem com vista ao desenvolvimento de protótipos baseiam-se normalmente em plataformas de Comando Numérico Computorizado (CNC). Esta realidade está associada às novas condições dos mercados, os quais são caracterizados por requererem, das empresas que neles competem, produtos de qualidade e com elevado nível tecnológico. Simultaneamente, as empresas têm também de conseguir responder à diminuição do ciclo de vida dos seus produtos o que as obriga a terem de acelerar o processo de desenvolvimento de novos produtos, para desse modo manterem-se competitivas [1].

A utilização da tecnologia CNC nas operações de maquinagem está fortemente ligada a um conjunto de outras ferramentas com suporte digital. A montante da fase de utilização da tecnologia CNC podemos, por exemplo, considerar as tecnologias de Desenho Assistido por Computador (CAD) e de Produção Assistida por Computador (CAM) [2].

A figura 1 mostra três fases na modelação CAD efectuada na ESTSetúbal, correspondente a uma peça decorativa com a forma de um automóvel VW “*Carocha*”. Na

fase inicial (ver figura 1a) podem observar-se os contornos do referido modelo, os quais foram obtidos por digitalização, numa máquina de medição por coordenadas (CMM – *Coordinate Measuring Machine*). Os referidos contornos após terem sido editados no software de CAD foram utilizados para definirem a forma do modelo, através da geração de superfícies (ver figuras 1b e 1c).

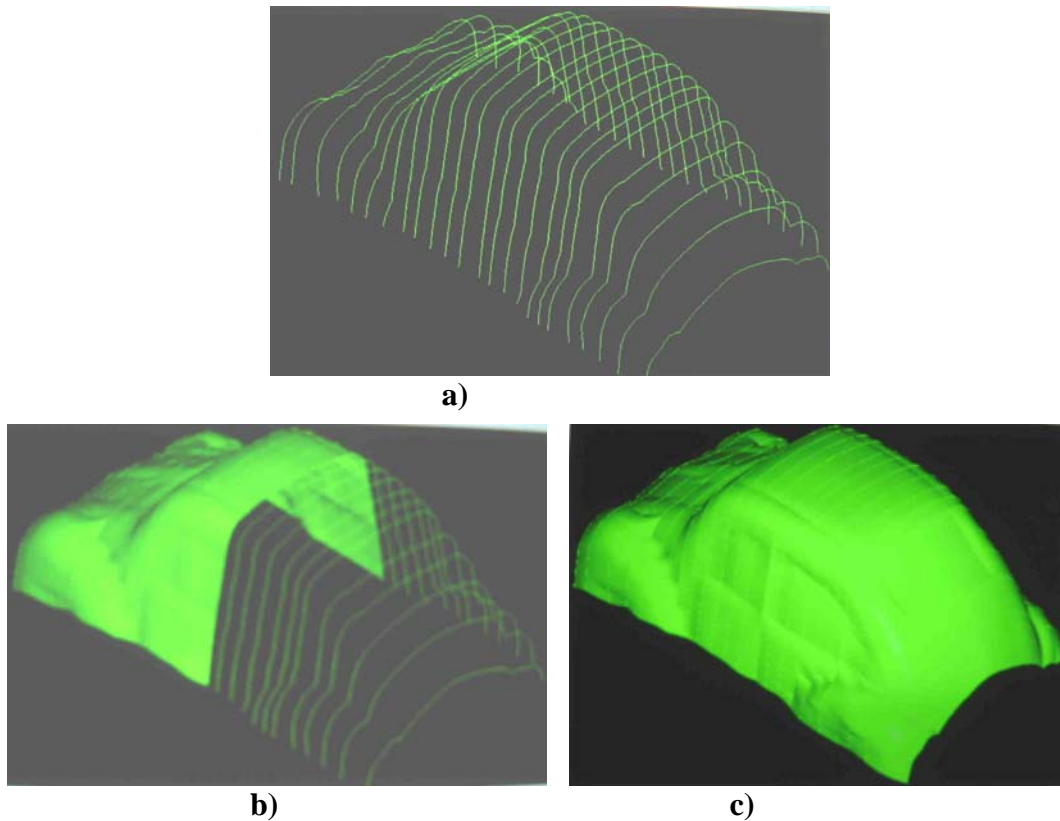


Figura 1. Exemplo da modelação tridimensional de peças, através de um sistema CAD [3]

Através das tecnologias CAD e CAM podem-se projectar as peças e elaborar os seus respectivos programas de maquinaria, os quais serão posteriormente executados nos equipamentos de CNC. Este procedimento é especialmente indicado quando as peças a fabricar têm formas complexas. As figuras 2 e 3 mostram um centro de maquinaria vertical CNC, no qual foi produzido o modelo representado na figura 1, com base num programa de comando numérico gerado num software de CAD/CAM (*MasterCam, versão 8*).



Figura 2: Centro de maquinagem vertical CNC
- Cincinnati Arrow 750

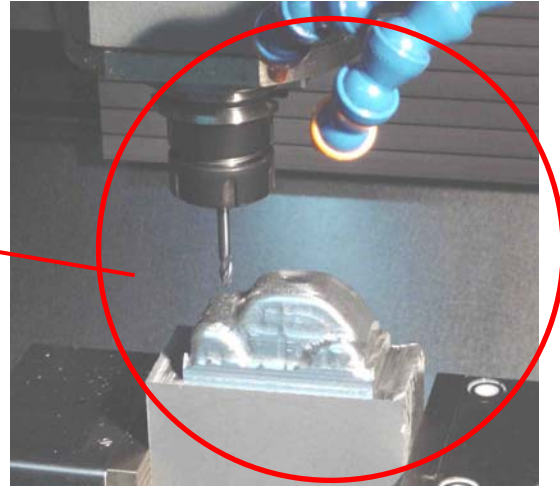


Figura 3: Fixação e maquinagem de um modelo em
alumínio

Presentemente, estão também disponíveis para uso industrial as tecnologias de prototipagem rápida, as quais podem também ser utilizadas em alternativa à tecnologia de CNC, como uma ferramenta que permite obter rapidamente o modelo tridimensional (3D) da peça que pretendemos fabricar.

De uma forma sintética podemos dizer que a tecnologia da Prototipagem Rápida enquadra os processos de fabricação de protótipos por adição sucessiva de camadas, baseados em CAD 3D e onde não existem praticamente restrições em termos da geração de formas (na literatura inglesa, “*Solid Freeform Manufacturing*”). Em todos os processos de Prototipagem Rápida recorre-se a um desenho CAD 3D que é formatado para um ficheiro STL, no qual todas as superfícies do modelo são convertidas em triângulos. A sigla STL deriva da palavra inglesa “*stereolithography*”, que designa o processo de Prototipagem Rápida por estereolitografia que foi o primeiro processo de Prototipagem Rápida a ser comercializado. O ficheiro STL ao ser introduzido no equipamento de Prototipagem Rápida é convertido num ficheiro SLI (na literatura inglesa, “*slice*”, ou seja fatia), através do software da máquina, que divide o modelo nas várias camadas de construção. Na Figura 4 estão representadas, de uma forma sequencial, as várias fases correspondentes ao fabrico de objectos através dos sistemas de Prototipagem Rápida.

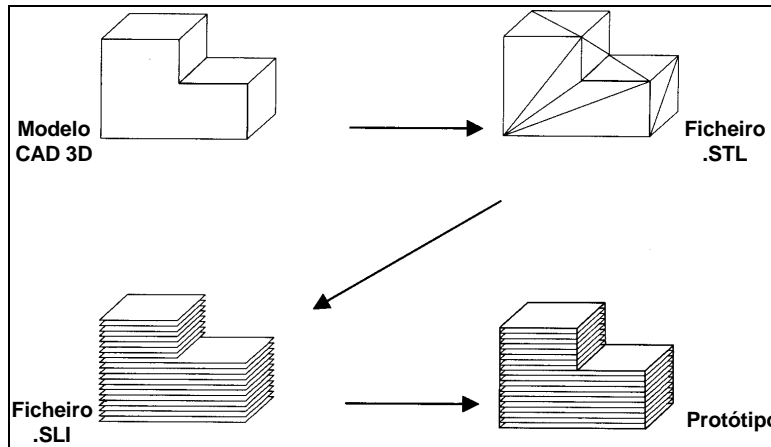


Figura 4: Evolução do modelo CAD 3D até à obtenção do protótipo (Prototipagem Rápida)

Nos processos de prototipagem rápida os modelos são obtidos por adição de material, camada a camada, até se obter o objecto pretendido. Por este motivo, as peças obtidas por estes processos apresentam irregularidades na superfície, correspondentes à espessura de cada camada (efeito de escada), o qual é directamente proporcional à espessura da camada. No entanto, dado que o material habitualmente utilizado nos processos de Prototipagem Rápida (ceras, resinas, plásticos, etc...) tem uma dureza reduzida, podem-se atenuar facilmente as irregularidades na superfície das peças acabadas através de operações de acabamento realizadas posteriormente (por exemplo, através de polimento).

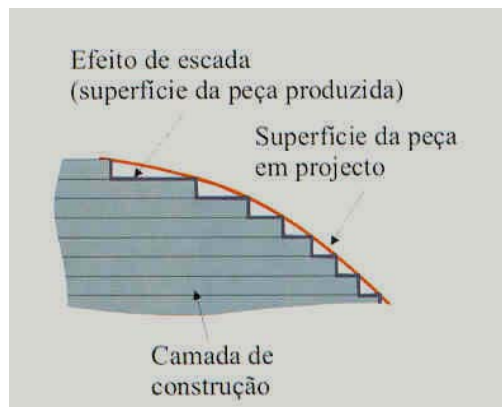


Figura 5: Efeito de escada – Prototipagem Rápida

Em Prototipagem Rápida não existem processos ideais. Todos os diferentes processos apresentam vantagens e inconvenientes, consoante o modelo e a aplicação em causa, tendo cada um deles o seu campo de aplicação específico. Como tal, na altura de se optar por um processo devem ter-se em conta vários factores, tais como: i) propriedades físicas, mecânicas e estéticas exigidas ao protótipo; ii) material a usar; iii) disponibilidade dos processos; iv) custos envolvidos; v) prazos para a realização do protótipo.

De modo a fabricar-se o protótipo 3D em cera do automóvel VW Carocha através do sistema de Prototipagem Rápida, foi necessário proceder-se à geração do ficheiro STL do referido modelo. Esta operação realizou-se automaticamente no sistema CAD

(*MasterCam – Design*), através da execução de uma aplicação específica. Na Figura 6 está uma fotografia do ficheiro STL correspondente ao modelo do automóvel VW Carocha. Na Figura 7 está uma ampliação da malha triangular correspondente ao modelo do automóvel VW Carocha, representada na Figura 6.

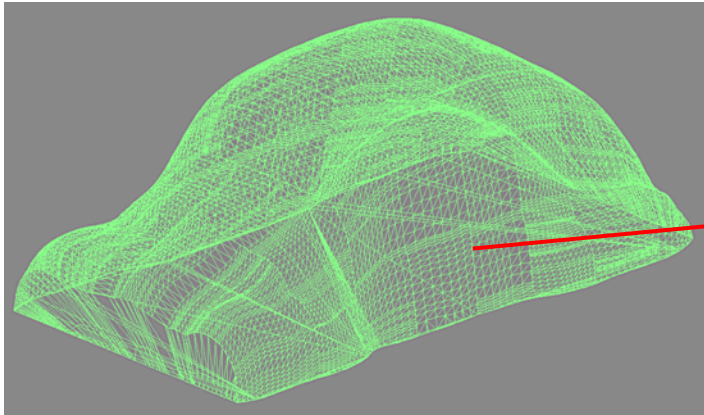


Figura 6: Ficheiro .STL - VW Carocha

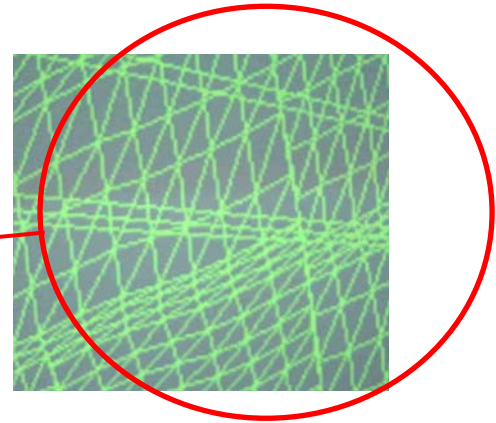


Figura 7: Ampliação da malha do ficheiro .STL

Um dos sistemas de Prototipagem Rápida disponíveis no mercado é o ThermoJet, o qual é baseado na deposição de material fundido (permitindo a produção rápida de protótipos para apoio à concepção). A construção dos modelos realiza-se por acção de uma cabeça de extrusão que deposita um material termoplástico semelhante a uma cera, com a geometria da secção correspondente a cada camada do modelo.

No equipamento da ThermoJet, a cabeça extrusora é alimentada por pó e possui 352 jactos de deposição, que depositam em cada camada 0,04 milímetros de material. Este equipamento produz num único passe uma camada de 200 milímetros de largura sendo por isso extremamente rápido. Podem ser usados materiais de diferentes cores, no entanto, quando se pretende mudar de cor, é necessário algum tempo até se substituir por completo o material existente no sistema de impressão. Este sistema apresenta uma boa resolução (400 dpi segundo o eixo X, 300 dpi segundo o eixo Y e 600 dpi segundo o eixo Z), permitindo a realização de detalhes finos.

Devido ao facto da construção ser feita por deposição do material apenas na secção correspondente ao desenho do modelo, pode ser necessário recorrer a suportes para a realização de algumas geometrias, o que é uma desvantagem, pois implica um maior consumo de material e a necessidade de acabamento posterior. No entanto, a determinação do número de suportes e da sua localização efectua-se automaticamente através de uma rotina existente no software do equipamento. Também a remoção dos suportes não levanta um problema muito grande dado que estes são construídos segundo um processo próprio que facilita a sua remoção.

Na Figura 8 pode observar-se um modelo do automóvel VW Carocha produzido através do sistema *ThermoJet*.



Figura 8. Modelo em cera [3]

Quais os resultados mais interessantes do inquérito realizado a nível nacional?

Do inquérito realizado em Portugal, previamente ao desenvolvimento do mapa de competências de um Técnico de PR, e que compreendeu Gabinetes de Engenharia, Centros Tecnológicos, Universidades e Politécnicos e Empresas ligadas a Indústria de Moldes, destacam-se as seguintes principais conclusões:

- A maioria dos inquiridos (75%) conhece, ou já ouviu falar, das tecnologias de PR;
- Apenas uma pequena parte (20%) utiliza directa ou indirectamente esta tecnologias;
- Cerca de 30% admite que possa vir a recorrer no futuro próximo, na sua actividade, a protótipos fabricados por estas tecnologias e/ou adquirir equipamentos de PR;
- A maioria (60%) considera que os seus técnicos beneficiariam na sua actividade, através de formação específica em PR;
- Um numero significativo (40%) considera que o tipo de formação a prestar se deve situar ao nível de ensino pós-secundário, e em menor escala (30%) ao ensino profissional.

Qual o mapa das competências necessárias para formar um técnico de prototipagem rápida?

Os partners do projecto acordaram entre si que as competências necessárias a um Técnico de PR Europeu deverão ser suportadas nas seguintes áreas de conhecimento:

- CAE (Computer Aided Engineering): Sistemas de CAD/CAM;
- Engenharia Inversa (Reverse Engineering Techniques);
- Desenvolvimento e engenharia de produto (Prototype Development and Engineering);
- Fabrico rápido de ferramentas (Rapid Tooling Techniques);
- Tecnologia de moldes (Moulding Technology);
- Controlo da qualidade (Quality control);
- Economia empresarial (Business Economy);
- Inglês técnico (Technical English);
- Sistemas de informação (Communications):

- Higiene, ambiente e segurança (Safety);
- Estágio “*on-job*” (Work Placement).

Previamente, e necessário que os formados possuam um conjunto de pré-requisitos:

- Conhecimentos de desenho mecânico;
- Conhecimentos de tecnologia mecânica;
- Conhecimentos de engenharia de materiais;
- Conhecimentos básicos de Inglês;
- Conhecimentos básicos de economia e gestão;
- Experiência profissional (para alunos adultos, já integrados em empresas).

O que poderá ser feito pela Escola Superior de Tecnologia após a conclusão do projecto?

A estrutura curricular apresentada anteriormente permite uma relativa flexibilidade, e portanto cada parceiro pode aplicá-la em conformidade com os seus interesses, capacidades e público alvo. No caso da ESTSetúbal existem a nosso ver três soluções:

- Cursos intensivos de curta duração destinados a técnicos já integrados em empresas e funcionando em horário pós-laboral (Duração: 1 semestre);
- Cursos de especialização técnica de nível IV – CET’s (Duração: 4 semestres);
- Curso de engenharia ao nível de Bacharelato tendo como tronco comum o já existente para os cursos de mecânica e com uma especialização no último ano (Duração: 4+2 semestres).

REFERÊNCIAS

- [1] Antunes Simões, José Filipe C. P.; Coole, Timothy J.; Cheshire, David G.; Pires, Ramos; “*Analysis of multi-axis milling in an anthropomorphic robot, using the design of experiments methodology*”, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 135, pp. 235-241, 2003, ISSN 0924-1187.
- [2] O. Baptista, Rui M. S; Antunes Simões, José Filipe C. P.; “3 and 5 Axis Milling of Sculptured Surfaces”, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 103, Nº 3, pp. 398 – 403, 2000, ISSN 0924-0136.
- [3] Antunes Simões, José Filipe C. P.; Silvério, Eduardo; Castro, Paulo; Pisa, Ricardo; Ferreira, Vasco; “Abordagem prática às tecnologias que integram um processo de engenharia inversa – caso de estudo: modelo VW Carocha”; 2^{as} Jornadas Politécnicas de Engenharia Mecânica, Automóvel, Organização e Gestão Industrial, Energia e Ambiente, Escola Superior de Tecnologia de Setúbal / IPS, Setúbal, Portugal, 2002, pp. 82, ISBN 972-8431-17-1. (em Português)