

O AVANÇO DO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS ATRAVÉS DA ENGENHARIA REVERSA

THE ADVANCE OF THE DEVELOPMENT OF PRODUCTS THROUGH THE REVERSE ENGINEERING

Claudiomar Ponticelli¹
Cássio Aurélio Suski²

RESUMO: A manufatura convencional, ou seja, oposto a Engenharia Reversa, tem gerado muitos empecilhos. Atualmente, com alta competitividade e economia globalizada um número crescente de organizações tem buscado alternativas para a melhoria no processo de desenvolvimento de seus produtos. Tal busca resultou na tecnologia da Engenharia Reversa, que consiste em produzir novas peças, produtos ou ferramentas a partir de modelos ou componentes existentes. Sua principal aplicação está relacionada à atividade industrial. A busca pelo aumento da competitividade gera a necessidade cada vez maior de se reduzir tempos e custos, sem comprometer a qualidade do produto. Neste contexto, a Engenharia Reversa entra como uma das tecnologias que possibilitam tornar os sistemas produtivos mais ágeis e flexíveis. Os recursos CAD (Computador auxiliando o desenho)/CAM (Computador auxiliando a manufatura)/CAE (Engenharia Auxiliada por Computador) e prototipagem rápida geram o intercâmbio de áreas, que juntos completam a poderosa tecnologia chamada Engenharia Reversa. O objetivo do artigo é perceber a aplicação de modelos eficazes de gerenciamento, que buscam a redução do tempo de desenvolvimento, diminuição dos custos de projeto e produção, e o aumento da qualidade do produto, enfocando a satisfação do cliente. Desta forma este artigo fará uma pesquisa qualitativa através da revisão bibliográfica do assunto a fim de disseminar os conhecimentos dos vários autores estudados.

Palavras-chave: Manufatura convencional. CAE/CAD/CAM. Prototipagem rápida. Competitividade.

ABSTRACT: *The conventional manufacture, that is, the opposite Reverse Engineering, has generated many difficulties. Currently, with high competitiveness and global economy an increasing number of organizations has searched alternative for the improvement in the process of development of its products. Such search resulted in the technology of the Reverse Engineering, that consists of producing new parts, existing products or tools from models or components. Its main application is*

¹ Especialista em Engenharia de Produção pelo Instituto Catarinense de Pós-Graduação – ICPG.

E-mail: claudiocp21@hotmail.com

² Doutorando em Ciências e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Docente do Centro Universitário de Brusque – Unifebe.

related to the industrial activity. The search for the increase of the competitiveness has a necessity of reducing times and costs, without compromising the product quality. In this context, Reverse Engineering begins as one of the technologies that make possible to become the more agile and flexible productive systems. Resources CAD (Computer assisting the drawing), CAM (Computer assisting the manufacture), CAE (Engineering Assisted for Computer) and fast prototyping generate the interchange of areas that together complete the powerful called technology Reverse Engineering. The objective of the article is to perceive the application of efficient models of management, that search the reduction of the development time, reduction of the project costs and production, and the increase of the product quality, focusing the satisfaction of the customer. In such a way this article will make a qualitative research through the bibliographical revision of the subject in order to spread the knowledge of some studied authors.

Keywords: *Conventional manufacture. CAE/CAD/CAM. Fast prototyping. Competitiveness.*

1 INTRODUÇÃO

A Engenharia Reversa é um processo de análise de um artefato e dos detalhes de seu funcionamento, geralmente com a intenção de construir um novo aparelho com a mesma função. Faz-se engenharia reversa quando se precisa trocar ou modificar uma peça por outra, com as mesmas características, mas não se tem todas as informações sobre essa peça. Geralmente, trata-se de peças obsoletas sobre os quais não se tem informações suficientes.

Neste trabalho, é apresentada uma revisão bibliográfica descritiva que aborda as vantagens, conceitos e aplicação da Engenharia Reversa, apresentando equipamentos e sistemas específicos usados para sua prática, comparando a manufatura convencional. Além de abordar sobre conceitos e definições de processos tecnológicos que servem de auxílio à Engenharia Reversa, como a tecnologia CAE e prototipagem rápida.

Comparar-se-á a manufatura convencional com a Engenharia Reversa, apresentando-se conceitos e funcionamento de ambos, explicando como começa o processo reconstrução de um produto a partir de um modelo, feito através da digitalização 3D, abordando também, sobre o processo de escaneamento a laser, e em seguida, sobre sua tecnologia, relevando o tratamento de imagem através da criação de modelo CAD.

A partir deste ponto, é dada prioridade à tecnologia CAE. Ela não faz parte da Engenharia Reversa e possui extrema importância, impondo rapidez ao processo, através de seu processo e benefícios.

Finalmente, abordar-se-á como a prototipagem rápida pode ser útil ao desenvolvimento de produtos e manutenção. Sendo feita uma comparação final com a manufatura convencional, e também, citado sobre o conceito e vantagens, além da especificação sobre protótipos, ou seja, a peça física, escaneada por Engenharia Reversa.

2 MANUFATURA CONVENCIONAL

Na criação de uma nova peça através de peças obsoletas na manufatura convencional, é necessário fazer a medição total da peça física com instrumentos precisos para especificação do produto. Com estes dados inicia-se o trabalho de desenho da peça em um software de CAD. Em seguida tem-se a fase de programação da máquina-ferramenta CNC (comando numérico computadorizado) no ambiente de software CAM. O autor Fereda (1999, p.17) argumenta que:

Até cerca de 30 anos atrás quase todos os desenhos mecânicos produzidos no mundo eram feitos através do processo manual, que apresentava problemas: Baixa produtividade, devido a habilidade de cada desenhista; Erros de representação geométrica e erros de cotas que seriam detectados durante a montagem dos equipamentos.

A manufatura convencional de fabricação de um produto ou ferramental é viável quando alterado e salvo ou arquivado. O processo se complica ainda mais, se houver falta de documentos, dados e desenhos. Fica evidente a complexidade em trabalhar sem possuir a real dimensão e tolerância da peça a ser fabricada. Havendo problemas ainda maiores se o trabalho depender de tolerância e precisão.

Por exemplo, numa fábrica, uma bomba falhou e tem que ser trocada por uma nova. A bomba foi instalada há 25 anos e as pessoas que fizeram o trabalho se aposentaram há muito tempo. A empresa que vendia essas bombas não existe mais. A fábrica tem que encontrar uma nova bomba, com exatamente as mesmas características. A bomba tem que ser montada sobre a tubulação existente (dimensões definidas, como a bomba está fixada, volume ocupado pela bomba, etc.) que são características fáceis de descobrir, mas podem também existir outras menos evidentes (a bomba tem que fornecer uma vazão definida, ela precisa respeitar algumas restrições desconhecidas). A empresa deve avaliar o nível de importância das características da bomba, antes de realizar a compra da mesma (JUNIOR et al., 2005, p.4).

Na realização do processo de medição, existem os gabaritos. Mesmo com toda a instrumentação indicada para o trabalho, existem superfícies da peça que não suportam a medição com estes instrumentos e, neste momento, se inicia o trabalho de medição através dos gabaritos. Normalmente feito de papel grosso ou massa de modelar, aproxima-se do perfil desejado, pois o mesmo possui medidas definidas pelo operador, e pode ser comparado ao perfil da peça, chegando a medida desejada. Nota-se que, havendo uma peça muito complexa ou pesada, maior será a demora para gabaritar e medir.

Após a medição e gabaritação, inicia-se o trabalho de desenho feito em software CAD, onde através das medidas retiradas da peça, é desenhada uma cópia idêntica a original. Esse desenho é registrado e arquivado tanto em 2D (bidimensional), para imprimir o desenho com seus devidos detalhes, como em 3D (tridimensional), tal trabalho denomina-se modelagem. A modelagem servirá para montar o programa através da tecnologia CAM no próprio *software*.

Segundo Nakamura et al. (2003, p. 42) o CAM realiza a programação de todos os tipos de usinagem CNC com mais rapidez e precisão, utilizando um modelo gerado em CAD e otimizando a trajetória da ferramenta. O recurso de simulação gráfica da usinagem permite a verificação de todas as operações envolvidas, através de uma animação tridimensional envolvendo a peça e a ferramenta de corte, eliminando assim a programação de uma trajetória de uma máquina-ferramenta CNC feita manualmente, onde a confiabilidade de usinagem só era alcançada através de longos e caros procedimentos de try-out e depuração do programa.

Após a operação CAM, o programa é convertido em códigos binários que são transmitidos via rede para a máquina-ferramenta CNC, que interpreta os códigos, tarefa conhecida como comando numérico, e realiza a usinagem do material idêntico ao da peça conforme informado. No final do trabalho, tem-se uma peça idêntica a original.

3 Engenharia Reversa

A Engenharia Reversa é um processo de duplicação de uma peça, de maneira que se possa copiá-la, tanto funcional quanto dimensionalmente, através de medição e avaliação da superfície da peça, com suporte dos dados técnicos da mesma. Podem-se citar alguns conceitos de autores conhecidos:

A Engenharia Reversa é uma metodologia de projeto que atrai grande interesse, pois sua utilização permite a criação de novos produtos em intervalos menores e com maiores possibilidades de sucesso se comparada às metodologias convencionais. O menor investimento financeiro e prazos reduzidos de desenvolvimento já são por si só importantes, mas o fato de lançar um produto novo baseado em algo que já obteve o reconhecimento do mercado é, talvez, o maior dos atrativos, principalmente pela redução dos riscos do investimento feito (NOGUEIRA et al., 2006, p. 02)

Ferneda (1999, p. 05) declara que “Tal processo de duplicação de uma peça, funcional e dimensionalmente, através de exame e medição físicos para desenvolverem-se dados técnicos da mesma de maneira que se possa copiá-la, é chamado de Engenharia Reversa”.

Lima (2003, p.07) conclui que “A Engenharia Reversa é o processo de levantar dimensões, com rapidez e exatidão, determinar padrões geométricos tais como áreas e volumes além de definir as tolerâncias de um modelo existente”.

Com o tempo, todos os tipos de maquinários e peças começaram a passar pelo processo de manutenção, fato na qual com o avanço da mesma, acabou originando a Engenharia Reversa, não havendo uma data específica. E através dos anos a Engenharia Reversa chegou ao ponto forte e viável, utilizando softwares sofisticados e modernos, junto com instrumentos de medição e equipamentos CNC altamente qualificados.

Para o autor Lima (2003, p. 9) “A Engenharia Reversa subdivide-se basicamente nos seguintes passos: digitalização 3D (Captura de dados); tratamento dos dados coletados; criação de modelo CAD e, quando necessário, prototipagem rápida. Como o próprio nome já diz, o processo se sucede de trás para frente, a partir de um modelo físico já existente é feito um modelo virtual, assim formulando as etapas de engenharia e então a realização do produto. Geralmente, trata-se de peças antigas sobre os quais não temos informações suficientes, onde quem instalou a peça deixou a organização há muito tempo e não tem documentação escrita.

Aplicando Engenharia Reversa na indústria, consegue-se diminuir o ciclo do projeto e manufatura de um determinado produto, desde a criação até a concepção do mesmo. Mantendo baixos custos, alta qualidade e grande competitividade. Garantindo menores custos no desenvolvimento de novos produtos e mais agilidade na resposta às mudanças do mercado. Atendendo a trabalhos do tipo: cópias de produtos existentes; criação de novos produtos; inspeção, correção e melhoria do processo e documentação dos mesmos.

A utilização da Engenharia Reversa englobando técnicas de medição adequadas e ferramentas oriundas dos métodos tradicionais é fundamental para a garantia de resultados confiáveis, em prazos menores e a custos reduzidos. Isto por que as etapas e seus conjuntos de tarefas são discutidos e detalhados, permitindo seguir uma seqüência organizada de passos de forma a manter o pessoal envolvido integrado e devidamente instruído sobre o desenvolvimento do projeto.

Mesmo com tanto potencial a Engenharia Reversa encontra dificuldades, pois está associada a projetos caros e utilização de equipamentos e ferramentas computacionais específicos e de alto custo, além de equipes de projeto fortemente especializadas e qualificadas. Cada empresa deve avaliar se terá ou não retorno positivo antes de implantar a tecnologia da Engenharia Reversa.

4 DIGITALIZAÇÃO 3D

De alguma forma, temos que extrair os dados da geometria da peça, sendo ele simples ou complexo. O procedimento utilizado é a digitalização através de elementos em sistemas auxiliados por computador.

O autor Lima (2003, p.23) diz que “A digitalização é o processo de captura de coordenadas de pontos das superfícies da peça. O resultado do processo de digitalização é uma nuvem de pontos 2D ou 3D, armazenados como uma imagem”.

Utilizando a engenharia reversa, o caminho para copiar uma peça antiga é encurtado pelo motivo de se obter uma imagem “quase real” através do escaneamento. Existe, obviamente, um processo de tratamento da imagem escaneada. Ela não sai perfeita diretamente para o trabalho de uma máquina-ferramenta. Somente o fato de se ter a imagem digitalizada em pouco tempo está motivando empresas a investirem nesse tipo de processo. Com a ausência do escaner se gasta tempo e material para a criação da peça solicitada. Esse processo de escaneamento chama-se digitalização 3D, representando digitalmente processos de engenharia reversa, medições e inspeções de qualidade (VIEIRA 2008, p. 01).

Obtendo-se equipamentos mais potentes para a instalação do software de tratamento de imagem, pode-se ter pronto um trabalho de dias, em poucas horas.

4.1 Escaner

Para a realização da digitalização 3D, existem vários equipamentos capazes de trabalhar capturando imagens desde peças pequenas até maiores dimensões. E trabalhando com operações diferentes como luz, foto-sensores, braços digitais, etc. Independente do modo de trabalho, a idéia de funcionamento é a mesma, conforme Vieira (2008, p.02):

O funcionamento do escaner a laser pode ser comparado a um tubo de raios catódicos, igual aos usados em televisores ou monitores de vídeo. Porém, em vez do feixe de elétrons, o escaner usa um feixe de raios laser. Através de um motor e de um sistema de espelhos, o feixe de laser faz uma varredura do objeto que está a sua frente, com uma cobertura linha por linha, exatamente da mesma forma que um feixe de elétrons varre a tela do cinescópio para gerar uma imagem. Com um sinal de modulação, na reflexão pode-se medir, com precisão, a distância que se encontra o ponto em que ele reflete.

Dessa maneira, qualquer imagem bidimensional varrida pelo escaner, é interpretada tridimensionalmente devido à profundidade capturada pela modulação de sinal.

Para sensoriar essa imagem existe um fotodiodo, que através de um sistema de lentes e espelhos, focaliza exatamente o ponto em que o feixe de laser incide. Com isso, esse fotodiodo recebe a luz refletida do laser, gerando as unidades de informação correspondentes à sua posição e também à distância em que se encontra do aparelho. Em cada varredura de uma linha temos então uma seqüência de pixels que

correspondem a pontos do perfil do objeto, incluindo sua distância do scanner, o que permite gerar uma informação binária que corresponde a uma imagem tridimensional (VIEIRA 2008, p.02)

A utilização do escaner é muito mais viável em comparação ao braço e foto-sensores, pois possui todo um mecanismo de funcionamento que além de coletar os dados da superfície da peça de forma bem definida, já possui uma interface mais apurada com o software de modelamento. Enquanto que com o braço e foto-sensores, tem-se o dobro do trabalho para juntar os dados e montar o modelamento.

5 TECNOLOGIA

A tecnologia de digitalização é totalmente avançada, auxiliada por computadores, equipamentos e softwares, sendo que a composição de tal tecnologia, faz com que o trabalho seja concluído mais rapidamente e com resultados finais muito superiores ao processo manual, melhorando a qualidade e a realização do processo.

Segundo Vieira (2008, p.04) o processo de digitalização de peças envolve dois métodos: com contato – são as máquinas tridimensionais (manuais ou CNC) e os braços articulados que medem pontos nas peças através do contato de um “probe” (haste com ponta de esfera); e sem contato - equipamentos como cabeçotes a laser (de ponto ou linhas) e digitalizadores por luz branca (área).

Para realizar a medição sempre deve existir um ponto de referência entre a peça e o equipamento. Referenciando-se a peça ao equipamento, pode-se passar ponto a ponto toda superfície da peça, dando origem à medição. Sendo que o processo pode ser feito em qualquer tipo de material. No caso de escaner a laser, peças que permitam a passagem da luz, devem ser pulverizadas com tinta branca, evitando a passagem da luz.

Durante a digitalização 3D, varrem-se diferentes vistas do objeto para se ter os dados completos do mesmo. No entanto, para que se tenha viabilidade da medição deve-se calcular a geometria a fim de não perder mais tempo com medição do que com a própria fabricação total da peça. “Cada processo de digitalização traz um resultado de quantidade de pontos medidos versus tempo”. (VIEIRA 2008, p.04). Por isso, deve-se ter a noção desejada do preço/desempenho a fim dos dados serem processados de forma mais rigorosa e exatidão na captura das modificações.

5.1 Tratamento da imagem

A digitalização é acompanhada não somente pelo equipamento de varredura, mas também por software que interpreta todos os dados obtidos e permite montar e modelar todo o desenho conforme a peça medida.

Segundo Vieira (2008, p.04) após a obtenção da chamada “nuvem de pontos” começa um processo de montagem com o uso de várias ferramentas de software. Logo após a captura da nuvem de pontos, o software faz um realinhamento dos pontos da imagem, tendo assim, uma margem de erro muito próxima do zero. Então, é aplicado um filtro para reduzir “cantos vivos” e fazer um ajuste fino na peça. Em seguida, um módulo do software faz a análise de superfícies, controlando o reflexo da luz e de tangência em vários níveis. Por último, são feitas comparações entre a peça física e a versão digitalizada através de coordenadas.

5.2 Criação de Modelo CAD

A Engenharia Reversa tem a capacidade de auxiliar no ciclo de projeto, tanto no que diz respeito à atualização da documentação do projeto, quanto no desenvolvimento de modelos CAD.

Desde o início dos tempos, o homem tem usado, basicamente, duas maneiras de representar suas ideias acerca de um objeto de forma que sejam compreendidas por outras pessoas: através de esculturas (fabricando modelos físicos em três dimensões) ou através de desenhos (representando em perspectiva ou vistas ortogonais); sendo que o processo de codificação e decodificação de desenhos 2D é possível de erros, tanto por parte de quem gera o código quanto por parte de quem o interpreta (FERNEDA, 1999, p. 17).

Para Voisinet (1988, p.1-5) “Elaborar um projeto com o auxílio do computador. É um método conhecido como desenho auxiliado por computador”.

Este é o passo crucial no processo de Engenharia Reversa, pois os dados são apresentados como um oceano de pontos no espaço. A geometria deve ser assentada sobre estes pontos, sendo uma etapa manual, cuja interação e descrição são determinadas pelo usuário. Após a captura dos dados e o tratamento, temos uma malha triangular que é utilizada como referência para a reconstrução das superfícies 3D.

A etapa de reconstrução consiste em gerar superfícies com as informações da digitalização e comparar com a malha triangular para checar se o modelo está conforme os dados capturados. Em alguns casos, a malha triangular pode ser usada diretamente para usinagem.

5.3 Simulação CAE

A tecnologia CAE é um diferencial competitivo de mercado. Permite que o produto seja avaliado antes de sua fabricação, evitando gastos com alterações do ferramental e protótipos, além de antecipar o lançamento do produto. Segundo Rehg (1994, p.138) “CAE é a análise e avaliação do projeto da engenharia usando técnicas computacionais para calcular operacionalização e funcionalidade do produto e parâmetros da manufatura muito complexos para métodos clássicos”.

A CAE interage na avaliação do produto auxiliando o processo de projeto, assim, verifica a funcionalidade, encaixes e design do produto. Viabilizando a capacidade de produção, e reduzindo o tempo gasto com cálculos operacionais.

Projetando com mais criatividade, realiza-se uma grande quantidade de cálculos estruturais voltados para o dimensionamento de estruturas e componentes mecânico em tempo reduzido, diminuindo o trabalho braçal, com custos e prazos menores, reduzindo a necessidade de protótipos repetitivos.

A tecnologia possui vantagens como: redução do tempo e custo do projeto, melhorando sua eficiência; aumento de produtividade com a redução de cálculos complexos feitos manualmente; redução da quantidade de protótipos de teste; correção rápida dos erros ocorridos devido ao sistema computadorizado e diminuição de retrabalhos. Em contra partida: o CAE apresenta custo alto dependendo de sua finalidade; necessidade de computadores de alta performance para realizar cálculos complexos; o sistema CAE aponta resultados, que devem ser avaliados em vez de especificar o problema; o software não garante a qualidade final do produto totalmente, pois não realiza todas as simulações necessárias; segundo Costa (1995) “Muitas ferramentas CAE integram ferramentas CAD, no entanto permanecem problemas de integração com outros aplicativos, como por exemplo, o CAM”.

Pode-se reduzir o tempo e custo do processo devido a antecipação resultados, fornecidos através das simulações feitas pelo software, após realizadas todas as simulações juntamente com as alterações pertinentes, o engenheiro pode, de forma complementar, chegar a solução final, concebendo a peça em formato físico por meio de prototipagem rápida.

5.4 Prototipagem Rápida

Após o surgimento em 1987, através de uma empresa norte americana, o processo vem agilizando a criação peças ou protótipos dentro do ambiente industrial. Segundo Vieira (2008, p.05) “A prototipagem rápida cria modelos de peças a partir da tecnologia CAD e facilita a identificação de erros de projeto e design. As peças podem ser produzidas em plástico,

cerâmica, ou até mesmo metal, podendo ser analisadas visual e funcionalmente”. Destacando-se o fator de ser uma tecnologia que não prejudica o meio ambiente e funcionando de forma limpa, silenciosa e muito simples de ser manipulada, operando em ambientes de escritório, dispensando instalações complexas.

No início os protótipos eram ilustrativos produzidos em materiais mais fracos, mas atualmente os modelos são duráveis, coloridos e funcionais, e podem suportar testes funcionais rigorosos. São produzidos rapidamente e com baixo custo, tendo resultado em poucas horas. Desta maneira pode-se tomar decisões de modificações e alterações de forma muito mais ágil, e evitando os erros não observados no projeto.

Segundo Ogliari et al. (2003, p. 02) em linhas gerais, os processos de prototipagem rápida utilizam o método de fabricação por adição de camadas. Este método, via de regra, considera uma seqüência composta por cinco etapas. A primeira compreende a modelagem 3D (tridimensional) da geometria em um software CAD (*Computer Aided Design*). A segunda etapa, conversão de dados e transmissão, é iniciada ainda no ambiente CAD. Nele o modelo 3D CAD é convertido para o formato de entrada do software que realiza a preparação para a fabricação que geralmente é o STL (*Stereolithography Tesselation Language*). O software de preparação, responsável pela terceira etapa, emula o ambiente de construção da máquina de prototipagem rápida. O modelo 3D STL é verificado, posicionado, orientado e, em processos de prototipagem rápida como a estereolitografia e a modelagem por fusão e deposição, são adicionadas estruturas de suporte às camadas. Na seqüência, o modelo STL e suportes são fatiados em várias camadas bidimensionais no plano x-y. Posteriormente, as informações são transferidas para a máquina de prototipagem rápida e inicia-se a etapa de fabricação, onde, uma a uma, as camadas são reproduzidas, até o objeto ser completamente construído.

Entre todos os processos existentes de prototipagem rápida, podem-se citar três em destaque para a produção de protótipos de componentes de plástico: o pioneiro, estereolitografia, define a fabricação de protótipos através da polimerização de uma resina por meio de laser; a sinterização seletiva a laser, que também fabrica protótipos através de feixes de laser fundindo partículas em pó de termoplásticos; e modelagem por fusão e deposição, que realizam a fabricação através da extrusão e deposição de filamentos de termoplásticos aquecidos.

Independente dos processos existentes é importante evidenciar que a tecnologia não deve ser escolhida somente com base em seu custo, mas sim em quanto tempo este protótipo anteciparia o lançamento do produto, ou seja, pelo custo benefício. Pode-se afirmar que não existe processo de prototipagem rápida melhor que outro. Todos apresentam vantagens e desvantagens, que serão dependentes da geometria e, sobretudo, do tipo da aplicação do protótipo.

Algumas vantagens podem ser mencionadas: Construção de protótipos com variação de precisão, variando de acordo com o tipo de acabamento, com tempos inferiores aos obtidos por métodos tradicionais e em diferentes tamanhos e escalas, tudo com custos reduzidos, geometrias complexas e pequenos detalhes; emprego de cores, permitindo melhor qualidade de comunicação de novas idéias para engenheiros, designers, profissionais de marketing, formadores de opinião e clientes; redução de problemas de engenharia como encaixes, montagens, interferências; antecipação à concorrência colocando produtos no mercado de forma mais rápida.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo apresentar argumentos em favor da atenção e popularização do uso de ferramentas avançadas de auxílio no desenvolvimento de produtos e serviços aplicados industrialmente, demonstrando a importância de utilização destas ferramentas no processo de desenvolvimento dos mesmos. Buscou-se evidenciar as principais vantagens proporcionadas, desvantagens, e o alto custo de aquisição dependendo das necessidades de cada empresa, justificando sua aplicação. Além das comparações de custo benefício, esclarecendo as evidentes vantagens de aplicação da prototipagem rápida somada à tecnologia de engenharia reversa.

A tecnologia de engenharia reversa permite a criação de novas peças a partir de outros componentes já existentes, de forma semelhante, a partir de recursos informatizados. Possibilitando as empresas que à pratica, maiores possibilidades de sucesso, prazos de desenvolvimentos reduzidos, segurança e organização em comparação ao processo convencional, com maior competitividade. Sendo mais fortalecida ainda, se aplicada em conjunto a tecnologia de prototipagem rápida.

A nível industrial, a aplicação da tecnologia de prototipagem rápida pode ser voltada a dois segmentos, criação de novos produtos, agilizando o lançamento no mercado, evitando possíveis erros não vistos em etapas anteriores. E manutenção de produtos já existentes, tornando mais rápida a recuperação do produto com defeito, corrigindo, inspecionando e até melhorando o mesmo. Ambos segmentos, feitos de forma muito mais ágil e segura. Fortalecendo as indústrias no mercado, tornando mais competitivas, ofertando produtos com preços mais inferiores e em curto prazo de forma segura.

A modelagem CAD desenvolvida em engenharia reversa utiliza a técnica de prototipagem rápida como já mencionado. Este procedimento é realizado através da

digitalização modelada virtualmente em modelo físico camada por camada. Toda essa integração da digitalização 3D com a prototipagem rápida acelera o processo de design e manufatura de um produto e acelera o processo, pois tem-se o protótipo em mãos, que pode ser avaliado tanto superficial quanto funcionalmente, evitando erros e detalhes não observados no projeto, além de interferir na modificação do ferramental ou peça, se acaso não existisse o protótipo.

A digitalização é o processo de captura de coordenadas de pontos das superfícies da peça. O resultado do processo de digitalização é uma nuvem de pontos 2D ou 3D, armazenados como uma imagem. Um escaner 3D ou equipamento de digitalização registra coordenadas 3D de pontos sobre a superfície de um objeto.

O foco da pesquisa baseou-se em demonstrar a tecnologia, estimulando a organização a implantá-la em seu ambiente de trabalho, não deixando de observar que se precisa averiguar qual a utilização do CAD, CAE, CAM, de maneira que se possa definir melhor as características que atendem as expectativas do usuário. Deve-se estar claro, que para adquirir um sistema computacional deste, tem-se que definir o foco, quem irá utilizar e quais os softwares, ou seja, quem é o usuário final (designer, projetista, etc.). Do contrário, acaba-se realizando um alto investimento, com pouca ou má utilização, trazendo um retorno negativo para a organização. Como reforço de argumentação, deve-se observar que na última década a concorrência tem crescido vertiginosamente. Daí a necessidade de se lançar novos produtos o mais rápido possível no mercado. Mostrou-se que, para tal agilidade, a engenharia reversa com os recursos CAD, CAE e CAM somados a prototipagem rápida, são importantes aliados, senão imprescindíveis.

REFERÊNCIAS

COSTA, L.S.S.; CAULLINAUX, H. **Manufatura integrada por computador: Sistemas Integrados de Produção**. Rio de Janeiro: Campus 1995.

FERNEDA, A.B. **Integração Metrologia, CAD/CAM: Uma Contribuição ao Estudo de Engenharia Reversa**. 1999. 102f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

JUNIOR, A. J. S. C.; SOUZA, S. A.; MOUTINHO, D. S.; LOHNEFINK, F.P. **Engenharia Reversa**. 2005. 14f. (Graduação Ciência da Computação) – Universidade Federal Fluminense - UFF, Rio de Janeiro, 2005.

LIMA, C. B. **Engenharia Reversa e Prototipagem Rápida:** Estudos de Casos. 2003. 92f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

NAKAMURA, E. T.; JUNIOR, J. J. M. A.; ZANOLLI, J. R.; MACHADO, W.V. **Utilização de Ferramentas CAD/CAE/CAM no Desenvolvimento de Produtos Eletroeletrônicos:** Vantagens e Desafios. T&C Amazônia. Amazônia, ano 1. n.2, p. 41.

NOGUEIRA, T. B. R.; LEPIKSON H. A. **Um método de engenharia reversa para projeto de produto mecatrônico aplicado à pequena e média empresa.** 2006. 9f. Artigo (Engenharia de Produção - XXVI ENEGEP) - Universidade Federal da Bahia, Ceará, 2006.

OGLIARI, A.; BEAL, A. E.; AHRENS, C. H.; NETTO, A. C. S. **Prototipagem rápida:** uma ferramenta de projeto para a redução do tempo de desenvolvimento e melhoria de qualidade de produtos. 2003. 10f. Artigo (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2003.

REHG, J. A. **Computer Integrated manufacturing.** 3ª Edição. Nova Jersey: Prentice Hall, 1994.

VIEIRA, S. **Mecatrônica Atual:** Automação Industrial de Processos e Manufatura. Novas tecnologias. 15:24:20, 24/03/2008. Disponível em: <http://www.mecatronicsatual.com.br/secoes/leitura/13>. Acesso em: 11 jan. 2009, 16:30:30.

VOISINET, D. D. **CADD, projeto e desenho auxiliados por computador:** introdução, conceitos e aplicações. McGraw-Hill. São Paulo, 1988, p.1-5.