

Design e Produção por Computadores para Integração na Indústria Joalheira do Brasil.

Design and Production Integration through Computer Aided Systems in the Brazilian Jewelry Industry.

Vanessa Cristina Rocha

Centro Universitário de Belo Horizonte, vanrocha1@yahoo.com.br

Juan Carlos Campos Rubio

Universidade Federal de Minas Gerais, Juan@demec.ufmg.br

Eduardo Romeiro Filho

Universidade Federal de Minas Gerais, romeiro@ufmg.br

Resumo:

Este trabalho faz uma análise da utilização de sistemas CAD/CAM (Projeto e Manufatura Auxiliados por Computador) durante as etapas de design e produção no setor joalheiro. Visando proporcionar uma melhor avaliação do produto nas fases iniciais do seu desenvolvimento, estes sistemas já são amplamente utilizados em vários setores industriais, inclusive com aplicação na indústria de jóias. A pesquisa realizada leva à conclusão de que a utilização desses sistemas pode auxiliar muito na resolução de problemas na interação entre os setores de projeto e de produção no setor joalheiro. No entanto, os dados levantados apontam também alguns obstáculos relacionados principalmente a limitações financeiras das empresas joalheiras no Brasil e ao despreparo dos profissionais ligados ao projeto de jóias – sobretudo dos designers industriais – para utilização desses sistemas.

Palavras-chave: Indústria Joalheira, prototipagem rápida, CAD/CAM, Projeto do Produto.

Abstract:

This paper analyzes the use of CAD/CAM Systems (Computer Aided Design and Manufacturing) during the design and production stages in the Brazilian jewelry industry sector. CAD/CAM systems are used in different industrial sectors (including jewelry) to improve the product designs evaluation at the first development steps. This research presents as conclusion that CAD/CAM applications can improve the jewel design solutions, solving problems as integration between design and production phases. However, the results demonstrate problems related to financial limitations in the jewelry companies in Brazil and low preparation by Brazilian professionals involved in the product development process (especially industrial designers) to an adequate use of CAD/CAM systems.

Keywords: Jewelry Industry, rapid prototyping, CAD/CAM, Product Design.

1. Introdução

O tema da aplicação de sistemas CAD (Computer Aided Design, ou Projeto Auxiliado por Computador) para as diferentes etapas do design de produtos na indústria joalheira não é recente, sendo objeto de estudos desde a década de 1980 (Zhang et all, 1995). Especialmente a partir do desenvolvimento da estereolitografia (Han Boon et all, 1992), a integração entre design e produção de jóias começa a tomar impulso. Diversos autores abordam o assunto, como Siu e Dilnot (2001) que levantam a questão da integração do conhecimento tácito do design de jóias ao novo processo, enquanto outros estudos buscam desenvolvendo de soluções técnicas para a melhoria desta interface (Leong et all 1998, Masood, Nawamawat e Shanmugam, 2002 e Stamati e Fudos, 2005). Desde então, diferentes autores abordam problemas relacionados ao desenvolvimento de produtos na indústria joalheira a partir da aplicação de novas tecnologias informatizadas (como Masood, S.H., Nawamawat, P., Shanmugam, D.K., 2002, Tinha, 2004 e Soo, Yu e Chiu, 2006). Este problema, entretanto, subsiste como desafio ao desenvolvimento de novas tecnologias e métodos de gestão do trabalho integrado entre as diversas áreas da indústria joalheira, especialmente em suas interações entre os setores de design e a área de produção.

Este problema é especialmente pertinente no Brasil, onde a maior parte das empresas joalheiras é formada por micro e pequenas empresas, onde a capacidade de investimento em novas tecnologias é normalmente reduzida. Faz-se necessária a melhoria dos processos de produção de forma adequada à limitação financeira e características peculiares de organização. Segundo o SEBRAE (2007), o Setor de Gemas e Jóias movimentou US\$ 100 milhões em 2006 e é responsável por mais de 500 mil postos de trabalho diretos e indiretos no Brasil. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos (IBGM -2008), o Brasil possui 2.170 indústrias no setor joalheiro (850 de lapidação, 730 de joalheria de ouro e prata, 590 folheados e metais preciosos). Além disso, a indústria joalheira no Brasil possui um grande potencial de crescimento, tendo em vista a disponibilidade de matérias-primas no país, seja em termos de pedras como de metais preciosos.

A partir deste cenário, este artigo analisa o processo de design de produtos na indústria joalheira e alguns resultados obtidos a partir da introdução de tecnologias CAD/CAM (Projeto e Manufatura Auxiliados por Computador) a partir de estudos de caso realizados no estado de Minas Gerais. A análise demonstrou que existem lacunas importantes na integração entre o processo de desenvolvimento e de produção, em especial na adequada descrição do projeto do produto pelo designer e na produção do modelo (primeiro protótipo) pelo ourives modelista. Estes problemas, característicos da produção de jóias, podem ser reduzidos ou mesmo eliminados a partir da utilização de sistemas CAD/CAM, especialmente quando estes são associados a processos de prototipagem rápida (MOLINARI, MEGGAZINI e UNGARELLI, 1996, GRIMM, 2003 e CHUA, LEONG e LIM, 2004).

2. Processos Convencionais de Produção Joalheira

O processo de produção joalheira (descrito em parte na figura 3) em parte na figura tem início na concepção e elaboração do projeto da jóia. Essa etapa é normalmente realizada por um designer especializado na área de jóias e, depois de concluída, é levada ao ourives para que o mesmo produza um primeiro modelo “físico” da peça, que servirá de base para todo o processo industrial posterior. As dificuldades sentidas na interface entre concepção e produção de jóias são muitas e acarretam grandes problemas para as empresas. As deficiências observadas no processo de transferência de informações entre essas etapas iniciais geram erros que acarretam

conseqüências importantes para as fases seguintes, podendo levar a uma série de problemas no produto final, provocando retrabalho, aumento dos custos operacionais e atrasos na entrega do produto. Da mesma forma, as melhorias proporcionadas durante as etapas iniciais do processo de produção joalheira refletirão diretamente na qualidade de todo o processo produtivo - sobretudo as melhorias realizadas na etapa de projeto, já que durante o desenvolvimento do projeto são feitas todas as especificações necessárias para a correta produção - gerando conseqüentemente um produto final com melhor qualidade e maior aceitação no mercado.

2.1. Etapas Iniciais da Produção Joalheira (1) – Projeto

A atividade do designer tem início quando o mesmo recebe o pedido do projeto de uma peça ou coleção de jóias. Normalmente esse pedido vem acompanhado de especificações referentes a custo, peso da peça, público-alvo, materiais etc. A partir dessas especificações as primeiras idéias e esboços são realizados e depois de uma seleção entre os diversos estudos preliminares uma idéia é escolhida e desenvolvida, sendo executada sua representação formal (o projeto propriamente dito), que será enviada à produção (figura 1). Convencionalmente, a apresentação do projeto é feita através da representação da jóia com uma vista em perspectiva (colorida, onde é possível visualizar como a peça deve ser acabada) e um desenho técnico (com as vistas necessárias para a execução - normalmente vista superior e lateral, indicações de medidas e materiais utilizados, tipo de acabamento, ampliações de detalhes, encaixes, etc.).

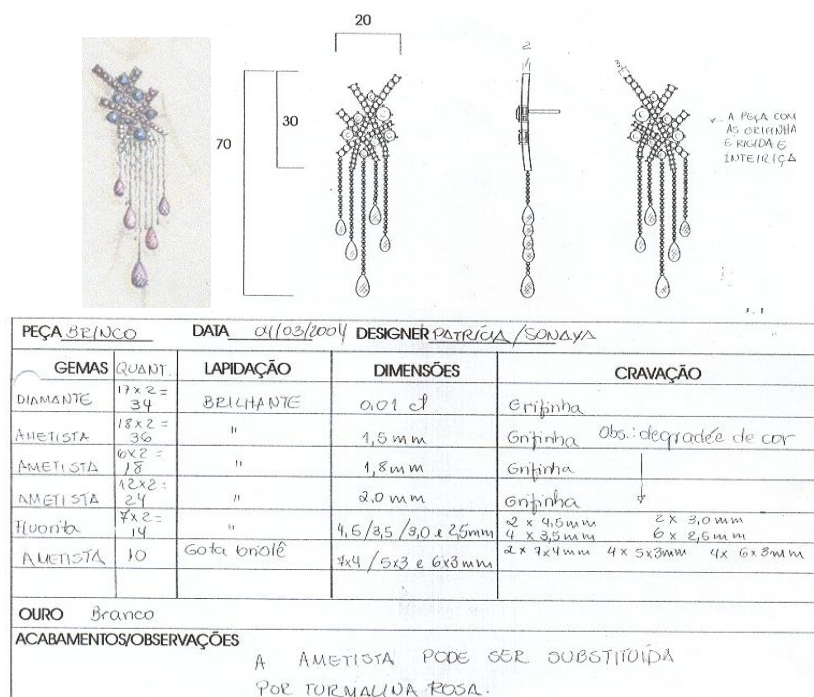


Figura 1: Projeto formal de joalheria (incluindo desenhos colorido e técnico, com detalhamento). Fonte: Arquivo dos autores.

Ocorre que, na prática, a apresentação formal – composta de desenho artístico em perspectiva, desenho técnico e demais informações - nem sempre é realizada. Em sua maioria, os projetos são apresentados ao ourives com representações parciais ou alternativas (com técnicas improvisadas pelo designer) de várias formas:

- desenho colorido de uma vista da peça, acompanhado de desenho técnico com medidas.

- Desenho técnico de 3 vistas (superior, lateral e frontal) de acordo com normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.
- Detalhamento técnico com descrição de material, dimensões, etc.
- Croquis ou esboços
- Protótipos em material alternativo (massa de modelar, papel etc.)

Sobre as formas de representação, Teixeira (2002) cita o depoimento de designer: “Algumas peças são desenhadas com desenho técnico, vistas, cortes, tudo. E você ainda faz um modelo em “*massinha*” quando o ourives não é muito experiente. Algumas vezes, quando estou cansada de desenhar só faço o “*mock-up*”, a forma direta, outras vezes só um “*rafe*” no papel. Quando o ourives é experiente ele já sabe se vai ficar bom”. A figura 2 mostra exemplos de projetos “não convencionais”, realizados por designers de jóias.

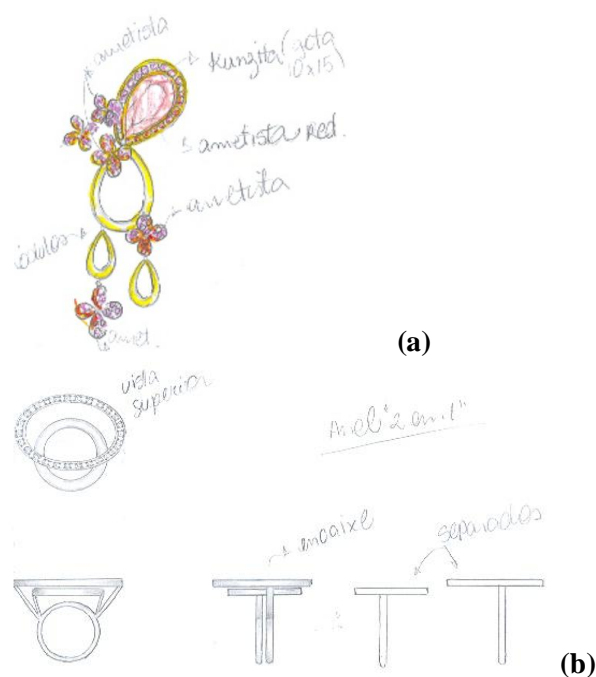


Figura 2. Exemplos de representação gráfica no projeto de jóias: (a) Projeto incluindo apenas desenho colorido com indicações dos materiais; (b) Projeto incluindo apenas desenho em três vistas com indicações de encaixe. Fonte: arquivo dos autores.

O principal elemento de comunicação entre as etapas de concepção e produção é, portanto, o projeto da jóia. A qualidade e formalização desse projeto são importantes; porém, nem sempre as informações que o mesmo contém são suficientes e muitas vezes não excluem a necessidade de se utilizar outros recursos. Até mesmo quando o projeto é apresentado por meio de desenho artístico, técnico e todo o detalhamento necessário, devido à própria limitação do meio de comunicação (o desenho em papel) algumas características da peça têm que ser “deduzidas” pelo ourives, já que não podem ser representadas com a mesma fidelidade de um modelo tridimensional (MALAQUIAS, 2005). Movimentos, sistemas de encaixes, volume e peso das peças são itens nem sempre estudados a fundo no processo de desenho convencional. Além das limitações inerentes ao processo de representação, existe também o desconhecimento dos processos produtivos – suas viabilidades e restrições - por parte dos designers, o que acaba resultando em projetos que ignoram aspectos fundamentais para a confecção das peças.

A partir dessas deficiências é comum que o ourives modelista acabe modificando alguma característica do projeto com a intenção de evitar problemas no modelo final. Essas modificações podem ocorrer respeitando as características do projeto - quando se tratam de

adaptações específicas como espessura muito fina, adequação de medidas e encaixes etc. No entanto, em muitos casos, os ourives acabam alterando características importantes da peça, seja pela inviabilidade de confecção ou mesmo pela interpretação inadequada do projeto.

2.1. Etapas Iniciais da Produção Joalheira (2) – Confecção do Primeiro Modelo

Depois de concluído o projeto, o mesmo é enviado ao ourives para que seja produzido um modelo físico (modelo) da peça. Essa etapa é chamada “modelagem” e o ourives que atua na mesma é o “modelista”. A produção desse modelo pode ser feita diretamente no metal (ouro, prata etc.) ou em um tipo especial de cera (própria para modelagem de jóias), o que vai depender das técnicas necessárias para confecção do mesmo. Com o auxílio de ferramental próprio (lixas, limas, serras, espátulas, brocas etc.) o ourives vai dando ao material a forma desejada (em um processo semelhante à escultura).

Qualquer jóia produzida pela primeira vez passa necessariamente por esse processo artesanal de confecção do modelo. No caso de peças exclusivas, o ourives finaliza seu trabalho com a confecção da primeira peça em metal. Já no processo de fabricação industrial, milhares de peças podem ser produzidas a partir do modelo. Pelo fato desta etapa ser de natureza artesanal, seu resultado depende fundamentalmente da habilidade do modelista. Por isso, podem ocorrer problemas causados, sobretudo, pelas limitações de domínio da técnica e dos meios de trabalho utilizados. Por mais que o profissional tenha domínio sobre a técnica, alguns modelos apresentam detalhes e simetrias cuja perfeita produção não é possível artesanalmente. Projetos de jóias com geometrias complexas tornam inviável garantir o peso exato do metal ou a espessura de todos os pontos da peça, o que faz com que o produto final acabe não obedecendo exatamente ao que foi descrito no projeto. Neste caso, o design da jóia, aspecto fundamental para o sucesso do produto, acaba sendo limitado pelas condições técnicas de modelamento artesanal.

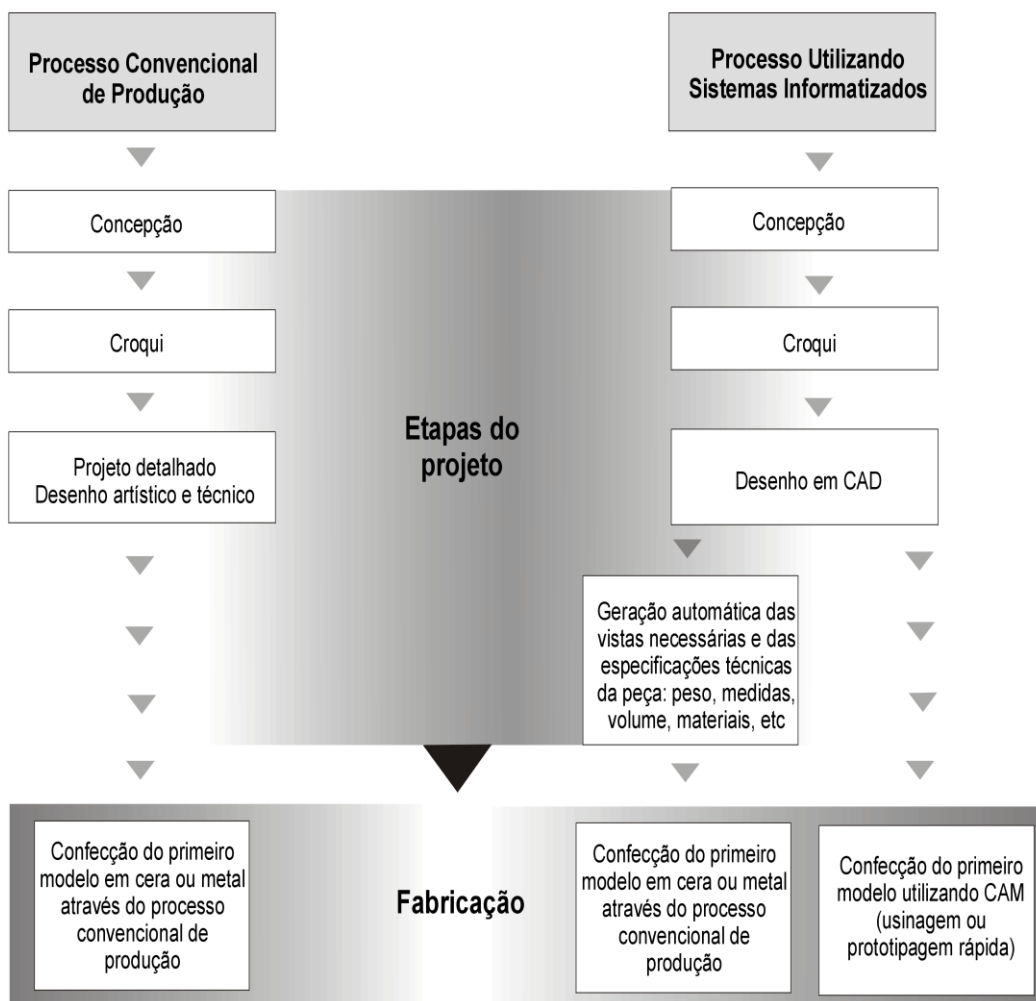


Figura 3. Processo de desenvolvimento do molde para joalheria, em sua forma tradicional e com o uso de sistemas CAD/CAM.

3. Desafios no Processo de Implementação de Sistemas Integrados no Setor Joalheiro

No que diz respeito à tecnologia informatizada, os recursos CAD/CAE/CAM (Projeto, Engenharia e Manufatura Auxiliados por Computador) disponíveis no mercado são muitos e já utilizados em outras indústrias com sucesso (ROMEIRO, 1997, REHG e KRAEBBER, 2004). Tanto em softwares CAD quanto em sistemas e equipamentos CAM são encontrados no mercado atual recursos bastante satisfatórios para produção joalheira. As vantagens desses sistemas são claras e poderiam induzir uma rápida difusão desta técnica entre as indústrias de jóias, mas existem questões que impedem que esse processo aconteça de forma acelerada. Através de pesquisa, percebeu-se que essas questões estão fortemente relacionadas às dificuldades no aprendizado das novas técnicas pelos designers, como também aos métodos de trabalho utilizados por esses profissionais.

3.1. Aprendizado das novas técnicas de trabalho

O uso dessas tecnologias só é possível com a utilização de sistemas CAD tridimensionais (CAD3D) e ainda não existem profissionais treinados para tal na indústria joalheira. A maior

parte dos designers de jóias tiveram sua formação em técnicas de representação bidimensional (em papel) e mesmo aqueles que utilizam sistemas CAD o fazem, em sua maioria, mais como meios de representação gráfica do que efetivamente como elementos de projeto. A resistência inicial aos novos sistemas, que a princípio podem parecer mais demorados e complexos, faz com que os usuários tendam a voltar para seus antigos métodos de trabalho - os processos manuais de desenho. A sub-utilização e desconhecimento do potencial dos sistemas são, em muitos casos os principais motivos dessa resistência - a falta de domínio sobre a técnica é, não só no setor joalheiro, mas em qualquer atividade, um empecilho à execução do trabalho.

A princípio, a utilização do CAD para o desenvolvimento de projetos pode ser questionada em relação aos desenhos (manuais) convencionais, pois o sistema requer um nível de detalhamento maior, o que pode exigir maior tempo nas etapas iniciais de projeto. No entanto, a eliminação de erros durante as etapas seguintes, gerada a partir das melhores condições de avaliação do projeto, acaba por proporcionar economia de custo e tempo, o que em muito justifica o aprendizado e utilização desses sistemas durante o desenvolvimento do produto. Além disso, com domínio do software, o tempo necessário para desenhar pode ser reduzido significativamente em relação ao processo convencional.

“O uso do computador pelos designers ainda é incipiente por causa da pouca disponibilidade de softwares e da resistência de muitos designers que ainda preferem criar à mão, inclusive em grandes empresas. (...) alguns designers têm uma relação quase afetiva com o papel. Independente dos pontos de vista a favor ou contra, a realidade é que quem já automatizou o processo de criação só vê vantagens” (MOREIRA, 2004)

Apesar dessa resistência inicial evidentemente retardar o processo de implementação dos sistemas CAD/CAM no setor joalheiro, considera-se que esses aspectos compreendem um estágio natural, iminente ao próprio processo de transição e relatado em muitos setores industriais que passaram por mudanças similares, desde os anos 1980 (MAGGIOLINI, 1988, REBECCHI, 1990, BEGUIN, 1994, ROMEIRO, 1997). Portanto, espera-se que essa fase seja naturalmente superada a partir dos avanços nas técnicas e um maior número de empresas utilizando essas tecnologias, fazendo com que as próprias empresas / empresários contratantes do projeto exijam projetos realizados em CAD, forçando uma reciclagem dos profissionais e a adequação dos cursos de preparação de designers de jóias a essa demanda.

3.2. Métodos de trabalho

Superada essa fase de aprendizado dos novos sistemas, os problemas relacionados aos métodos de projeto identificados no setor apresentam-se como ainda mais graves nesse processo. As já descritas dificuldades de comunicação entre o designer e o ourives modelista demonstram que o projeto joalheiro apresenta deficiências em relação à sua interpretação e também à sua adaptação aos processos produtivos. A recente utilização de sistemas CAD e CAM nas empresas joalheiras evidencia a dificuldade dos designers na elaboração de projetos adequados. No desenho em papel, vários detalhes técnicos podem passar despercebidos. No entanto, com a utilização do CAD, devem ser considerados todos os elementos técnicos necessários para a construção do modelo (medidas, sistemas de encaixe, volume, etc.). Caso contrário, o próprio software acusa a deficiência e a conclusão do projeto se torna inviável. Principalmente se a peça-modelo for confeccionada por processos automatizados, o designer ficará responsável pelos dados e todos os detalhes técnicos que compõe a peça - definidos durante o projeto - e que serão enviados para a máquina que produzirá o modelo automaticamente. Apesar de apresentar vantagens em relação ao método convencional de

desenho, o projeto em CAD não dispensa a etapa de concepção e também do desenho de um croqui inicial. É importante distinguir entre o conhecimento projetual e o domínio sobre uma nova tecnologia - o CAD não dispensa um bom projeto.

Portanto, para construção de um desenho em CAD, é fundamental que o designer tenha conhecimentos relacionados à produção física da peça, conhecimentos estes que atualmente são de domínio exclusivo do ourives. No que diz respeito à comunicação entre os profissionais – designers/ourives - envolvidos na produção joalheira, Noguchi (2003) cita que:

“Para solução dos problemas de qualidade das jóias é imprescindível que este domínio das respectivas áreas de atuação seja exercido em uma relação de parceria, visando o melhor resultado final. O envolvimento dos responsáveis por cada etapa do processo de concepção/execução é fundamental para o sucesso da produção e da melhoria da qualidade. A redução das diferenças entre as funções de concepção e execução facilita a integração entre os membros da equipe, pois cria um processo mais adequado à participação”.

Esses novos critérios e considerações acerca do processo projetual levantam questões relacionadas às mudanças nos métodos de trabalho do designer. Os métodos de desenvolvimento de projetos joalheiros utilizados atualmente não visam a integração entre os setores de design e produção, o que vem claramente colaborar para os problemas apresentados no produto final. As principais deficiências encontradas nos projetos convencionais se relacionam sobretudo à falta de informações sobre a peça ou desconhecimento dos aspectos necessários ao projeto, bem como das possibilidades e restrições relativas ao processo de produção. Torna-se fundamental que os designers de jóias revejam suas responsabilidades e possam utilizar métodos que atendam às necessidades atuais do mercado e das empresas.

As “informações necessárias” ao projeto nem sempre pertencem ao escopo de conhecimento e formação (considerada deficiente nesse sentido) do designer. Cabe ao profissional buscar essas informações junto a outros profissionais de diferentes setores, capazes de abordar diferentes pontos de vista a respeito dos aspectos do produto. É preciso que o designer tenha conhecimento sobre as formas como esses profissionais e os vários setores da empresa são afetados pelo projeto, e como este pode ser melhorado para garantir um melhor desempenho dos processos e do produto final. Quanto mais variáveis são consideradas no projeto, incluindo usos não planejados ou errados (obtidas através de pesquisas com usuários, observações de consumo, etc.), maiores são suas chances de sucesso. Além disso, os objetivos do projeto devem estar integrados com os objetivos estratégicos da empresa e visando a qualidade.

“O mercado atual exige que as indústrias tenham maior controle de seus resultados através de um planejamento mais rigoroso das etapas de produção, concebido durante o projeto. Desta forma, as expectativas em torno da atuação do designer romperam seus antigos limites e passou-se a exigir destes profissionais um conhecimento mais amplo sobre o produto. É necessário ter em mente um projeto viável, que considere as necessidades de todos os envolvidos e seja adequado aos mecanismos de produção”. (SALEM, 1998)

O autor também faz as seguintes considerações sobre o designer de jóias: O designer de jóias deve ter conhecimentos sobre os processos básicos de fundição de metais, ligas, soldas e processos de confecção de peças de joalheria. Além disso, deve conhecer sobre lapidação das gemas, que é o processo em que se faz o corte, facetamento e o polimento da mesma. “O designer deve conhecer os diferentes tipos de lapidação e cravação para que possa utilizá-los de modo racional e harmonioso nas peças por ele concebidas.” Independentemente do processo de implementação de sistemas informatizados durante a etapa de projeto do setor joalheiro, as deficiências inerentes ao projeto em si devem ser eliminadas. Não é possível que os designers fiquem por muito mais tempo distanciados da produção e produzindo projetos inviáveis.

4. Utilização de CAD/CAM nas Etapas de Design e Produção Joalheira

Diante das dificuldades apresentadas, além do alto nível de exigência dos consumidores atuais, e visando melhorar a qualidade dos modelos produzidos, as empresas joalheiras têm introduzido lentamente recursos como o CAD/CAM (Projeto Auxiliado por Computador / Manufatura Auxiliada por Computador), que já vêm beneficiando há vários anos outros setores industriais, principalmente aqueles que têm suas atividades essencialmente voltadas para a engenharia e o design. Por suas características próprias, esses sistemas representam potenciais benefícios para a interface crítica de comunicação entre as etapas de projeto e produção no setor joalheiro. O uso do CAD associado a um sistema CAM permite que as parcelas iniciais – projeto e produção do primeiro modelo da jóia - possam ser totalmente integradas.

Um sistema CAD que utilize modelagem a partir de sólidos permite a simulação de um modelo perfeito tridimensional e um exame de formas e tamanhos representados visualmente como se esta tivesse sido realmente produzida (fig. 4 e 5). As características da peça podem ser facilmente visualizadas e avaliadas já durante a etapa de concepção, evitando interpretações equivocadas, conferindo melhor qualidade ao projeto e minimizando consideravelmente as possibilidades de ocorrerem erros futuros. Para avaliar o design e a aparência final do modelo, através da técnica de “*rendering*”, pode-se “*vestir*” o modelo com material apropriado como ouro, prata e pedras preciosas, o que permite a simulação de uma jóia com resultados visualmente próximos ao produto real. Muitas versões de um modelo com cores e formas diferentes podem ser obtidos sem ter a necessidade de confeccionar várias peças ou fazer vários desenhos para avaliar os resultados, da mesma forma como também podem ser feitas várias modificações sem alteração de custo ou de tempo na fabricação. O CAD também oferece grandes benefícios em projetos de peças que requerem um alto nível de precisão de medidas. Pode-se avaliar previamente mecanismos de encaixe e fixação dos modelos com uma precisão impossível de ser atingida pelo processo convencional. Também na repetição de componentes de peças ou itens, é possível arquivar os desenhos de componentes e reutiliza-los – todos ou em parte - em outras peças. Além disso, os dados técnicos necessários à produção são automaticamente gerados pelo software CAD, evitando falhas na interpretação do projeto.

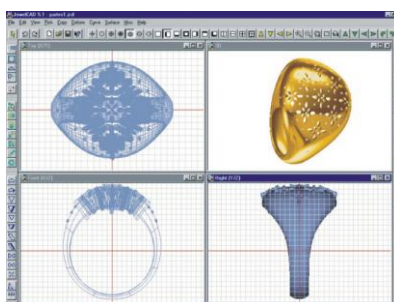


Figura 4: Tela de computador mostrando as vistas de uma jóia (projeto) desenvolvida com a aplicação de sistemas CAD.

Fonte: MALAQUIAS, 2005.



Figura 5: Exemplo de peça (com detalhe) construída em software CAD. Fonte: www.techjewel.com

Após a conclusão do projeto em CAD, caso se opte pela confecção artesanal, o modelo pode ser impresso incluindo as vistas da peça, suas dimensões, volume, diâmetro, assim como suas diferentes versões. No entanto, todos os benefícios obtidos com o uso do CAD podem ser melhor aproveitados quando o utilizamos juntamente com o sistema CAM – utilizando máquinas de prototipagem rápida para confecção automatizada dos modelos. A grande vantagem desse processo em relação aos processos artesanais da confecção do modelo é que neste caso é possível um maior controle sobre os resultados, com a certeza de que o modelo produzido em CAM será fiel ao projeto. A precisão de acabamento e a possibilidade de construção de formas e simetrias inviáveis nos processos artesanais são outras vantagens dos sistemas CAM. Em uma etapa que é referência para todo o ciclo de produção e para o resultado final do produto (já que o primeiro modelo da peça servirá de base para toda a produção seguinte) a contribuição desses sistemas pode ser muito relevante no sentido de garantir que o produto atingirá as metas de qualidades estabelecidas no projeto.



Figura 6. Protótipos em resina termoplástica, confeccionados através de um sistema CAM ligado a uma máquina de prototipagem rápida. Fonte: www.solid-scape.com

Pesquisa realizada neste trabalho junto ao setor joalheiro aponta que a etapa de confecção do modelo via CAM tende a ser realizada por empresas terceirizadas, devido aos custos que envolvem aquisição dos equipamentos e manutenção regular dos mesmos; e principalmente pela necessidade de se desenvolver conhecimentos específicos sobre os processos, que são constantemente renovados (principalmente no caso da prototipagem rápida, que se trata de uma tecnologia mais recente). Como qualquer produto que envolve tecnologias de ponta, com o rápido avanço e inovação das mesmas, em pouco tempo surgem novos equipamentos e técnicas, e os antigos se tornam obsoletos. Dessa forma, os conhecimentos necessários para escolher os melhores equipamentos, técnicas, materiais e monitorar os serviços de prototipagem exigem que o profissional seja especializado.

Como consequência da provável terceirização dos processos de fabricação do primeiro modelo utilizando CAM observa-se outra tendência importante: atualmente, a grande maioria dos profissionais de design do setor joalheiro não domina a utilização das ferramentas CAD. Naturalmente, os centros de prototipagem que trabalham com sistemas CAM para produção de protótipos, têm domínio sobre os softwares CAD, também necessários ao seu trabalho. Dessa forma, é esperado que ofereçam - diante da carência de profissionais qualificados no setor - o

serviço de transferência do projeto em papel para o CAD (uma vez que sem essa etapa não é possível a utilização do CAM).

Cria-se aqui um novo elemento na cadeia: o profissional especializado em desenvolver projetos CAD, semelhante ao “cadista” responsável por levar os projetos das pranchetas de engenharia até o computador. Foram realizadas pesquisas de campo relacionadas ao tema deste artigo junto a empresas que já trabalham com a prestação de serviços de confecção de modelos via CAM para o setor joalheiro, o que pôde confirmar essa tendência. Atualmente, a grande maioria dos clientes que procura essas empresas apresenta seus projetos em papel e contratam os serviços de desenvolvimento do projeto em CAD e confecção do protótipo. Com os projetos em papel, é comum que os profissionais responsáveis pelo projeto em CAD encontrem problemas relacionados à adequação dos mesmos aos processos produtivos. O que observamos nesse aspecto, é que as dificuldades relacionadas ao meio de comunicação utilizado pelo designer (cliente) continuam existindo, assim como na interface entre o designer e o ourives.

Em uma das empresas pesquisadas, seu sócio confirma que, embora a utilização da prototipagem rápida na indústria de jóias esteja aos poucos despertando o interesse maior dos empresários, grande parte dos designers que já atuam no setor joalheiro ainda utiliza apenas as técnicas convencionais de desenho e considera esse um fator limitante para a rápida introdução dos meios de prototipagem rápida nas indústrias. Também considera que existe ainda resistência por parte dos empresários, que desconhecem e têm dificuldades em calcular os reais benefícios obtidos, não só em relação aos ganhos na qualidade do modelo, mas ao longo de todo o processo. Segundo os sócios desta empresa, por causa da lentidão na implementação de sistemas de prototipagem nas empresas os designers que já atuam há mais tempo no mercado também não investem como deveriam nos conhecimentos necessários para sua utilização. Somente os profissionais que estão saindo de cursos universitários (não necessariamente relacionados à joalheria) costumam já ter tido contato com a tecnologia e sabem utilizá-la. Essa situação tende a criar conseqüências muito parecidas com as questões problemáticas de interface entre o designer e o ourives modelista vividas no processo convencional de produção. Se o projeto em papel não estiver adequado à produção ou à sua construção no CAD, o mesmo poderá (e deverá) sofrer interferências dos profissionais responsáveis pelo projeto em CAD.

A substituição do processo artesanal pela produção utilizando CAM, nesse caso, agrega apenas alguns benefícios relacionados ao acabamento do modelo - o que não deixa de ser vantajoso visto que esses benefícios serão transferidos para as etapas posteriores. No entanto, os problemas relacionados à falta de integração entre as etapas de concepção e execução continuam existindo, comprometendo os resultados finais e fazendo com que o produto não obedeça às especificações estabelecidas no projeto.

5. Conclusões

Os benefícios dos sistemas CAD/CAM em relação aos processos convencionais de projeto e produção são claros, o que deve fazer com que esses sistemas sejam inevitavelmente e cada vez mais utilizados na indústria joalheira. Como ainda estamos no início desse processo, não existem muitas referências de utilização por empresas dentro do setor que incentivem os empresários a investir nesses sistemas. Daqui para frente a expectativa é de que, com os avanços nas técnicas e um maior número de empresas especializadas em CAD/CAM atuando no setor joalheiro, mais fontes de informação sejam disponibilizadas e os empresários se sintam mais seguros para implementar efetivamente essas tecnologias nas indústrias. Dessa forma é esperado que, com um maior acesso das empresas joalheiras a essas tecnologias e sua maior utilização, as próprias empresas / empresários contratantes do projeto devam exigir que o mesmo seja feito

em CAD, forçando uma reciclagem dos profissionais e a adequação dos cursos de preparação de designers de jóias a essa demanda.

De qualquer forma, como demonstrado, a utilização de sistemas informatizados por si só não garante a solução dos problemas de comunicação existentes atualmente entre as etapas de projeto e produção joalheira. Antes da implantação desses sistemas é preciso que a empresa seja preparada para sua utilização plena. O problema de comunicação que ocorre entre os designers e ourives não se relaciona apenas aos meios utilizados para a troca de informações – nesse caso as deficiências no processo de representação – mas também na insuficiência de informações ou inviabilidade do projeto, que acontece pelo desconhecimento do processo produtivo. Nesse caso, não seria suficiente que mudássemos apenas os métodos de representação, introduzindo novas tecnologias, se o designer não adquirir informações dos outros setores para a adequação do projeto aos seus objetivos. Por isso, para o adequado aproveitamento dos recursos e vantagens oferecidos pelos sistemas CAD/CAM é esperado que os designers se capacitem para utilizar esses novos sistemas de trabalho, não só no que diz respeito ao domínio de softwares CAD para elaboração dos projetos, mas sobretudo na adequação dos mesmos aos processos de produção.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem aos órgãos de fomento à pesquisa, especialmente ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais), CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), que contribuíram decisivamente para o desenvolvimento deste trabalho em suas diversas etapas.

7. Autores

Vanessa Cristina Rocha

Designer de jóias, possui graduação em desenho industrial pela Fundação Mineira de Arte Aleijadinho (1997), especialização em Gestão Estratégica de Marketing pelo Centro Universitário Newton Paiva (2003) e mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Minas Gerais (2007). Atualmente é professor assistente A do Centro Universitário de Belo Horizonte.

E-mail: vanrocha1@yahoo.com.br

Juan Carlos Campos Rubio

Bolsista de Produtividade em Pesquisa 2 pelo CNPq, possui graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Santa Maria (1988), mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Santa Catarina (1992) e doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo (2000). Atualmente é professor adjunto da Universidade Federal de Minas Gerais, e faz parte do corpo editorial da International Journal of Mechatronics and Manufacturing Systems (IJMMS) e do Journal of Modern Manufacturing Technology (JMMT). Tem experiência na área de Engenharia Mecânica, com ênfase em Processos de Fabricação e Comando Numérico, atuando principalmente nos seguintes temas: engenharia de precisão, projeto, automação, usinagem e máquinas-ferramenta CNC.

E-mail: Juan@demec.ufmg.br

Eduardo Romeiro Filho

Possui graduação em Desenho Industrial pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (1987), mestrado em Engenharia de Produção - Programa de Engenharia de Produção (1993) e doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1997), pós-doutorado no Design for Sustainability Program, da Faculty of Industrial Design Engineering, Delft University of Technology, Holanda (2010). Atualmente é professor associado da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Tem experiência nas áreas de Engenharia de Produção e Design, com ênfase em Metodologia de Projeto do Produto, atuando principalmente nos seguintes temas: Projeto do Produto, Design para Sustentabilidade, Ergonomia do Produto e Projeto Auxiliado por Computador. Autor dos livros “CAD na Indústria: Implantação e Gerenciamento” (Editora da UFRJ, 1997) e “Projeto do Produto” (Campus/Elsevier, 2009).

E-mail: romeiro@ufmg.br

8. Referências

- Beguin, P. 1994. “Travailler avec la C.A.O. en ingénierie industrielle: de l’individuel au collectif dans les activités avec instruments”. Thèse d’Ergonomie. Paris: Conservatoire National des Arts e Métiers. 230 p.
- Chua C.K., Leong K.F. and Lim C.S. 2003. “Rapid Prototyping: Principles and Applications”. 2ª ed. New York: World Scientific Publishing. 420 p.
- Grimm, T. 2004, “User’s Guide to Rapid Prototyping”. Detroit: Society of Manufacturing Engineers, 404 p.
- Han B, Lee, K., Michael S.H., Gay, R. K.L., Kah Fai, L., Kai, C. C. 1992, “Using computer-based tools and technology to improve jewellery design and manufacturing” . In: International Journal of Computer Applications in Technology 5 (1), pp. 72-80.
- Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos (IBGM), 2008, “Setor de joias entre os maiores do País” <http://www.ibgm.com.br>. Acesso em 24 de julho de 2010.
- Leong, K. F., Chua C. K., Chua G. S., Tan C. H., 1998, “Abrasive jet deburring of jewellery models built by stereolithography apparatus (SLA)”. In: Journal of Materials Processing Technology, Volume 83, Issues 1-3, 1 November 1998, Pages 36-47.
- Zhang X. J., Tong K. K., Chan R., Tan M., 1995, Gold jewellery casting: Technology design and defects elimination. In: Journal of Materials Processing Technology, Volume 48, Issues 1-4, 15 January 1995, Pages 603-609
- Maggiolini, P.. 1988. “As Negociações Trabalhistas e a Introdução de Inovações Tecnológicas na Europa”. Petrópolis: Ed. Vozes/IBASE. 194 pp. Trad. Nice Rissone.
- Malaquias, V. “Design por Computador: Jewelcad”. Apostila. 2005. Belo Horizonte, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial.
- Masood, S.H., Nawamawat, P., Shanmugam, D.K. 2002 “Development of a CAD-based jewellery design system Chinese Journal of Mechanical Engineering (English Edition) 15 (SUPPL.), pp. 79-83.
- Molinari, L.C., Meggazzini, M.C. e Ungarelli, A. 1996. “Rapid prototyping: application to gold jewelry production”. World Gold Council. Artigo no.20. Novembro,1996.
- Moreira, M.E. 2004, “Modernizando a produção e revendo conceitos de design”. Revista CADesign. p.28-35, Março de 2004.
- Noguchi, L. D. 2003. “Os Ourives e os Ossos do Ofício: A Qualidade da Jóia a Partir da Interface entre Projeto e Execução na Produção Joalheira Artesanal”. 128p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia, UFMG, Belo Horizonte.
- Rebecchi, E. 1990. “O Sujeito Frente à Inovação Tecnológica”. Ed. Vozes/IBASE, Petrópolis. 126 pp.

- Rehg, J. A., Kraebber, H. W. 2004, "Computer Integrated Manufacturing" (3rd Edition) New Jersey: Prentice Hall.
- Romeiro Filho, E. 1997, "CAD na Indústria: Implantação e Gerenciamento". Rio de Janeiro: Editora da UFRJ.
- Salem, C. 1998, "Jóias: Criação e Design". São Paulo. Ed. Ponto de Leitura.
- SEBRAE, 2010. "Indústria de jóias: lapidando a imagem da jóia brasileira" in: <http://www.sebrae.com.br/> Acesso em 13 de julho de 2010.
- Siu, N. W. C., Dilnot, C. 2001, "The challenge of the codification of tacit knowledge in designing and making: a case study of CAD systems in the Hong Kong jewellery industry". In: Automation in Construction, Volume 10, Issue 6, August 2001, Pages 701-714
- Soo, S.C., Yu K.M., Chiu, W.K. 2006, "Modeling and fabrication of artistic products based on IFS fractal representation" In: Computer-Aided Design, Volume 38, Issue 7, July 2006, Pages 755-769
- Stamati, V. e Fudos, I. 2005 "A parametric feature-based CAD system for reproducing traditional pierced jewellery". In: Computer-Aided Design, Volume 37, Issue 4, 1 April 2005, Pages 431-449
- Teixeira, M. B. S. 2002, "Os Objetos Intermediários da Concepção na Construção Coletiva da Identidade do Produto de Joalheria". 127p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia, UFMG, Belo Horizonte.
- Tinham, B. 2004 "Jewel in the crown technology plus craft". In: Manufacturing Computer Solutions. 10 (4), pp. 16-18.