

NOVAS FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS APLICADAS AO DESIGN E AOS PROCESSOS DE PRODUÇÃO EM JOALHERIA

New technological tools applied to the design and production processes in jewelry

Zibetti, Silvana¹; Me.; Universidade de Marília tabacapu@terra.com.br

Ferrari, Dalva O. A.²; Me.; Universidade de São Paulo dalva.aferrari@sp.senac.br

Resumo Este trabalho analisa as novas ferramentas tecnológicas aplicadas ao design e aos processos de produção no setor industrial de joalheria. Reflete acerca da idealização criativa das peças, da confecção dos protótipos e das modernas formas de representação computacional. Para melhor compreensão do processo produtivo de joias com formas mais complexas, adotamos como objeto de estudo as novas tecnologias e os *softwares* em 3D.

Palavras-chave: Design de Joias. Joalheria. Processo de Produção.

Abstract This paper examines the new technological tools applied to the design and production processes in manufacturing of jewelry. It reflects on the creative idealization of parts, manufacturing of prototypes, and modern computational representation. To better understand the manufacturing process of jewelry with more complex shapes, we adopted as an object of study new technologies and software into 3D.

Keywords: Jewellery Design. Jewellery. Production Process.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos tempos, o modo de trabalho relacionado ao desenvolvimento de produtos industriais sofreu grandes transformações. Portanto, este estudo analisa as relações entre os domínios da criação e execução de projetos do setor joalheiro, partindo da reflexão acerca do processo criativo, marcado pelo paradoxo entre o caos imaginativo e a necessidade de cálculos rigorosos e precisões técnicas na produção de produtos com formas mais complexas.

¹ Mestre em Comunicação: Mídia e Cultura – UNIMAR, 2010, professora do curso de Pós-Graduação em Moda, Comunicação e Cultura e Graduação em Tecnologia em Design de Moda da Uniletoledo; docente coordenadora da Área de Comunicação Social do Senac de São José do Rio Preto.

² Mestre em Arquitetura e Urbanismo: Design e Arquitetura – FAU/USP, 2011. docente coordenadora das áreas de Arquitetura e Urbanismo/Design e Moda do Senac de São José do Rio Preto.

O processo de desenvolvimento de joias envolve tanto a expressão de visão mundo subjetiva, como referências, condições estéticas, práticas e históricas. No final do século XX, a revolução tecnológica trouxe profundas mudanças nas formas de criação e maneiras de agregar valor aos produtos, tanto na pesquisa de novos materiais, como na modificação dos processos de aproveitamento de materiais tradicionais.

O desenvolvimento tecnológico favoreceu a ampliação no campo de visão das formas e dos conceitos, atualmente, marcados pela complexidade das formas inovadoras.

A verificação dos aspectos relacionados à criação, desde os tempos mais remotos até a atualidade, tornou este estudo relevante para o aperfeiçoamento das técnicas utilizadas no trabalho do designer de joias proporcionando novas maneiras de olhar formas e ferramentas, para tornar exequível à subjetividade deste profissional junto à indústria.

Para tanto, foram feitas pesquisas bibliográficas e visitas técnicas às indústrias de joias, visando compreender melhor os variados processos de criação, execução de projetos e os processos produtivos da indústria joalheira.

2. DESIGN DE JOIAS: UMA ABORDAGEM HISTÓRICA

As palavras *bijou* (joia) e *joyau* (gema) surgiram do termo *joie* (do francês *jouir*) que significa “gozar, desfrutar, aquilo que causa prazer” (CHEVALIER & GHEEBRANT, 2002); semântica e simbolicamente, liga-se à graça, ao divertimento e à brincadeira.

Há mais de sete mil anos, o ancestral do homem moderno utilizou conchas e sementes como adorno pessoal. No mundo antigo, já se faziam uso de várias técnicas de ourivesaria e, no processo de confecção, as palavras-chaves eram “simplicidade” e “refinamento”.

Nos primórdios, artesãos e ourives construía suas próprias ferramentas e criavam joias usando técnicas como “martelar” o ouro com pedras e, a partir de do metal, tornava a superfície plana, lisa e com espessura desejada. Com faca ou cinzel a chapa era cortada na forma escolhida e ornamentada com filigranas, granulação ou outras técnicas decorativas, como a simples perfuração.

Fios de ouro eram confeccionados cozendo e martelando fina fita do metal, até obtenção da espessura do fio desejado ou então torcendo e enrolando duas fitas estreitas. Desenhos decorativos eram impressos utilizando-se ferramentas feitas de madeira ou de osso. Até mesmo objetos maciços, como anéis ou broches, eram feitos somente com a utilização de martelos.

Mesmo com poucas e simples ferramentas, os ourives e artesãos da antiguidade foram capazes de produzir fantásticos exemplares de joias e objetos decorados com sofisticação, que resistem não só com o passar dos séculos, mas também servem como fonte de inspiração nos dias atuais.

A natureza nos oferece cerca de setenta metais puros, dentre os quais o ouro e a prata destacam-se como os metais mais utilizados na fabricação de joias. O ouro – metal precioso, de cor amarela, pesado e maleável – é, sem dúvida, o metal que mais fascinou a humanidade ao longo dos tempos.

No século XX, surgem os grandes designers que concebem personalidade, irreverência e estilo às peças criadas para a joalheria, estudando os costumes, as famosas vertentes de moda e verificando *in loco* como a sociedade está utilizando ou possivelmente irá empregar os artefatos.

No início do século XXI, o significado e o propósito da joia foram redefinidos para os joalheiros contemporâneos, regenerando e revalorizando antigas produções. Hoje, as técnicas de confecção estão mais apuradas e mais diversificadas.

No decorrer da história da joalheria, nos deparamos com diferentes estilos de joias, mas nunca tão diferenciadas como atualmente: percebidas como objetos de design. Na joalheria, o design é o elemento fundamental para agregar valor e criar identidade visual para a joia brasileira.

O Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos (IBGM)³ optou, estrategicamente, pela exportação de joias brasileira de design, atribuindo valores de qualidade e criatividade, deixando de competir apenas pelo preço dos produtos. O IBGM também promoveu a aproximação da joalheria com a moda e sua ininterrupta demanda por novidades, motivando criações mais sofisticadas, verdadeiros “objetos de design”.

No design de produtos para o setor joalheiro, assim como na indústria da moda vestuário, projeto e criatividade são fundamentais. Conceitualmente, o design

³ Entidade nacional, de direito privado, sem fins lucrativos, criada, em 1977, com o objetivo de representar toda a cadeia produtiva do Setor de Gemas e Joias.

surge quando a fabricação deixa de ser um processo realizado inteiramente pelo idealizador, dividindo-se em duas etapas: projetar e fabricar. E a criatividade torna-se, assim, uma das principais ferramentas para que as inovações aconteçam, sejam elas de produto ou de processo produtivo.

Empresas e indústrias, do século XXI, vivem a Era da Criatividade, caracterizadas pelo uso da tecnologia, pelo conhecimento, pelo design diferenciado, pela necessidade de reinventar-se, pela melhor inserção no mercado, pela execução de mudanças tanto na cultura quanto em produtos, tornando-se assim, verdadeiras fábricas de ideias.

Com os avanços das novas tecnologias, um dos principais objetivos dessas empresas é melhorar a maneira de como as ferramentas de CAD/CAM poderão ser utilizadas pelas indústrias, aperfeiçoando a produção e criação de novos produtos.

Coco Chanel costumava dizer “joias e bijuterias foram criadas para adornar e não para fazer você parecer rica”. A partir desta afirmação, que modifica a função inicial da joia de status e valor intrínseco, se pode pensar em um conceito mais amplo do que é uma joia e como o seu uso pode ser ampliado e difundido mais democraticamente. Este conceito amplia, principalmente, os materiais possíveis para a sua fabricação, e seu diálogo com as peças de vestuário, quando os materiais preciosos se misturam a materiais naturais.

Conclui-se, portanto, que, como arte milenar, a joalheria se mantém com o mesmo objetivo, ou seja, alterar o ser/estar do indivíduo no mundo, contribuindo para a expressão de sua personalidade, muito embora a tecnologia tenha causado alterações profundas em sua produção.

3. CRIAÇÃO E PROCESSO DE PRODUÇÃO EM JOALHERIA

A produção de joias pode ser: artesanal, estamparia, fundição de cera perdida, e, atualmente, utilizando *softwares* específicos para agilizar a produção e minimizar custos de desperdício de matéria-prima.

A **produção artesanal** é usada desde a antiguidade, resulta da habilidade técnica, exatidão e paciência do mestre de ourivesaria usando ferramentas manuais.

A **produção em estamparia** é indicada para a confecção de peças leves. Na prensa, coloca-se a fina lâmina de metal que será estampada pelo cunho,

ferramenta de aço (macho e fêmea) que produz a forma da estampa. A estamparia é indicada para a execução de joias leves e de baixo custo como brincos, broches, moedas, medalhas e até fechos.

A **produção fundição de cera perdida** ou **microfusão** é um dos processos mais antigos de produção de joias em série. Originalmente, foi desenvolvido para a produção de peças em cobre e, em seguida, adaptado para a produção em ouro. O processo complexo consiste em várias etapas: o modelo mestre é esculpido em prata ou em cera; o molde de borracha é feito a partir do modelo mestre em prata, vulcanizado e cortado com bisturi; o molde de borracha é usado para fazer várias cópias do modelo mestre em cera, pelo uso de injetora; os moldes em cera são montados em uma "árvore" em torno do alimentador central; a árvore é colocada num cilindro de metal e coberta por gesso; o cilindro é colocado sob vácuo para remover bolhas, em seguida é colocado no forno à temperatura de 750°C, removendo a cera; o metal é fundido em um cadinho e depois lançado no molde já sem cera; os modelos em ouro são cortados das árvores, montados e polidos.

A utilização de ferramentas digitais no processo de produção de joias teve início na década de 1990, quando surgiram as primeiras experiências rudimentares de **prototipagem rápida**⁴. Inicialmente, o desenho à mão livre pode ser complementado na transferência para o meio virtual usando *softwares* e banco de dados, nos quais são geradas informações precisas, dimensionamento e visualização tridimensional do objeto.

No CAD⁵, o processo é inicializado com a representação tridimensional da peça a ser produzida. O arquivo gerado é convertido no formato STL⁶ e, em seguida, inicializado no sistema CAM⁷ através de equipamentos de usinagem, processo no qual são construídos os protótipos através da superposição de camadas milimétricas

⁴ Prototipagem rápida ou Rapid Prototyping (RP), processo utilizado para fabricação de componentes físicos a partir das informações geométricas fornecidas pelo sistema CAD.

⁵ CAD (Computer Aided Design) ou desenho auxiliado por computador, nome genérico dos *softwares* utilizados para projetos e desenhos técnicos com capacidade de desenhar curvas e figuras em 2D (espaço) e desenhar curvas, superfícies e sólidos em 3D (objetos).

⁶ STL – denominação derivada da palavra *Stereolithography* (representação em malha triangular do objeto)

⁷ CAM (Computer Aided Manufacturing) ou manufatura ajudada por computador, nome dado a qualquer processo auxiliado por micro controlador ou por controlador numérico. O sistema CAM trabalha com base em modelos matemáticos provenientes do sistema CAD.

de matéria-prima para a obtenção da primeira versão física do objeto projetado.

Avanços notáveis estão surgindo a partir da utilização de *softwares* adaptados para as indústrias joalheiras. O CAD/CAM aparece para ser usado em fresadoras substituindo o modelo em metal ou cera, modelando matrizes em polímero plástico enviando direto para a fundição. Em particular, são os atalhos, *scripts* e construtores encontrados no *software* Rhinoceros⁸ 3D, no TechGems⁹, e no Flamingo¹⁰ para renderização (representação final artística).

Tradicionalmente, essas etapas começam pelo desenho manual, espécie de carimbo da marca do designer de produtos. É por meio destes desenhos livres que os designers expõem suas emoções e seus conhecimentos, atribuindo características próprias e particulares a seus trabalhos, fazendo com que em suas formas de representações sejam exibidas as suas emoções.

Na sequência, a ideia representada no desenho ou croqui é transferida através de dados para o computador e, como resultado dos desenhos projetados em 2D, tem-se o objeto representado em 3D. A partir dessa representação, é possível ter a visualização espacial de todo o objeto e identificação das possíveis falhas.

O processo de prototipagem rápida é usado na acelerada construção de protótipos precisos tridimensionais a partir do modelo sólido gerado pelo sistema CAD/CAM.

Na década de 1990, indústrias do setor joalheiro, com intuito de criar protótipos mais complexos e tridimensionais, começam a investir em novos equipamentos como fresadoras de alta velocidade, laminadores, prensas, sistemas de prototipagem rápida (RP), *softwares* baseados na tecnologia NURBS, programas de modelagem 3D como o Rhinoceros 3D, MAYA¹¹, Flamingo 3D¹², Jewel e 3D Max, Sistema de Eletrodeposição e de Fotogravura, Equipamentos de Fundição e *Rapid Tooling* (RT)¹³.

Pesquisas foram feitas em diversos *softwares* que poderiam ser adaptados ao desenho de joias e descobriu-se que somente os mais específicos como o

⁸ Rhinoceros (*software* proprietário de modelagem tridimensional baseado na tecnologia NURBS)

⁹ TechGems (*software* profissional de design de joias que permite criar modelos 3D)

¹⁰ Flamingo (ferramenta de renderização avançada, *software* integrado ao Rhinoceros)

¹¹ Maya é um programa de modelagem 3D, animação e efeitos especiais.

¹² Flamingo 3D: Plug-in do Rhinoceros.

¹³ *Rapid Tooling* (RT): Modelo padrão para criar o molde do protótipo.

Rhinoceros e o MAYA (desenvolvidos para modelar formas humanas), possuíam aplicativos específicos como biblioteca de gemas e modelagem de superfícies complexas (tutoriais). Através do uso dessas ferramentas é possível modelar peças, executar desenhos técnicos, gerar ilustrações realísticas (*renders*), visualizar detalhes em cores (impressos ou para enviar por e-mail), analisar volumes e massas e gerar arquivos para prototipagem.

Nos *softwares* Rhinoceros e MAYA, as ferramentas são flexíveis e intuitivas, permitem liberdade na criação de desenhos artísticos ou mais complexos, facilitam a precisão para repetir detalhes, simulam modelos com várias texturas, confeccionam moldes com alto grau de detalhamento, elaboram cálculo simulado de peso e medidas e executam as pré-cravações nos protótipos.

Conforme citamos anteriormente, as máquinas de produção de prototipagem rápida conseguem fazer formas com difícil acabamento à mão livre, muitas são feitas através da combinação de partes cortadas. A elaboração feita por computador consiste num processo preciso, no entanto, devido ao modo no qual os processos trabalham, as marcas deixadas pelas ferramentas tendem a produzir aparência rústica. Isso não representa problema para os protótipos, mas se superfícies limpas e lisas são desejadas, é necessário passar pelo processo de acabamento como o lixamento, corte de hastes e preenchimento de vazios.

Os protótipos desenvolvidos por prototipagem rápida têm sido adotados pela indústria joalheria, já que em função deles, os projetistas são capazes de criar peças com pequenas cavidades internas e geometria mais complexa. Podemos citar dois métodos utilizados na prototipagem rápida:

No **método aditivo** os protótipos são construídas através de sobreposições de camadas finas. Esse processo pode ser efetuado através da pulverização de cera derretida ou pela pulverização de cola sobre pó (impressora a jato de pó) ou ainda pela produção da reação química que endurece o líquido (estereolitografia).

Na pulverização com cola sobre o pó é utilizado tonel de pó e impressora com cabeçote de jato de tinta para pulverizar a cola em finas camadas. Após a pulverização, a cola endurece e a base desce, de modo que outra parte possa ser acrescentada.

No processo **estereolitografia**, o *laser* é utilizado para traçar a ação do protótipo sobre um líquido, onde área traçada endurece ao ser atingida pela luz.

Memorial das etapas básicas na utilização do CAD/CNC: a criação de modelo CAD da peça que será projetada; a conversão do arquivo CAD em formato STL, com saídas para todos os tipos de arquivos compatíveis com qualquer CAM, gerando modelos com dimensões exatas próprias para estereolitografia; o fatiamento do arquivo STL em camadas finas transversais; a construção física do modelo (camada por camada e empilhada); a limpeza e acabamento do protótipo.

No **método substrático** os equipamentos removem o material através de corte a laser ou da Usinagem CNC. Nas confecções guiadas por CNC são empregadas, sobretudo dois tipos de máquinas: fresadoras e cortadoras com fio de aquecimento.

Os materiais utilizados nas fresadoras são maciços como o compensado fino, poliestireno, PVC e acrílico fundido, além dos metais não ferrosos como o latão e o alumínio. Na cortadora com fio de aquecimento é utilizado qualquer tipo de isopor, em blocos ou em chapas.

Na usinagem via CNC para cortar o material é utilizada uma fresa que precisa atingir a maquete de todos os lados (cinco eixos diferentes). Para tanto, a fresa é instalada em um braço rotatório e a base de trabalho vira automaticamente para acessar a parte inferior. Para entender o processo é só imaginar o funcionamento de uma broca giratória. Inserindo e retirando a broca levemente e com vários movimentos, podemos fazer qualquer contorno.

Para fins de projeto, praticamente não existem indústrias de joias que não apliquem o uso de computadores munidos com esses equipamentos de saída e programas de desenho tipo CAD/CNC.

Embora a criação de RP esteja evoluindo para tornar o sistema completo de produção de protótipos, os cortadores a *laser* controlados por computador ainda possuem a função de produção dos componentes e podem ser usados no corte de peças em folhas ou chapas, na produção de kits de partes a serem conectadas ou na gravação de desenhos.

No processo de **fundição da matriz** o primeiro protótipo é fundido em metal (ouro ou prata) e, em seguida, faz-se o acabamento. Em termos gerais, essa fundição é muito importante para esse mercado onde as medidas são muito finas e os protótipos extremamente frágeis, impossibilitando o acabamento direto no mesmo.

De acordo com a Associação de Joalheiros e Relojoeiros do Noroeste Paulista (AJORESP)¹⁴, grandes e pequenas indústrias inovam em modelagem utilizando o software Rhinoceros baseado na tecnologia NURBS. O *software* é compatível com a maior parte dos sistemas de prototipagem rápida, possui módulos com funções específicas como o Flamingo para renderização e TechGems¹⁵ para ilustração de gemas e modelagem de joias.

O modelo criado pelo *software* permite a visualização de joias com o mesmo requinte da realidade fotográfica onde gemas, metais e texturas podem ser inclusive alterados em procedimentos de testes. O processo de construção de protótipos pelo sistema de RP, quando comparado com o processo convencional e com as fresadoras de alta velocidade, possui características vantajosas para a construção de peças com geometria mais complexa e/ou que dependam de padronização de furações em superfícies orgânicas de alta complexidade.

O acabamento superficial de alguns protótipos ainda apresenta dificuldades na reprodução devido às linhas resultantes do processo de fatiamento aparente. Este fator encontra-se em teste, pois objetiva-se o alto desempenho desta tecnologia.

Mesmo com o alto custo das fresadoras e das cortadoras, as indústrias de São José do Rio Preto levam vantagem na execução dos protótipos: alta precisão; inúmeras possibilidades de detalhamento em pequenas escalas; produção ilimitada de peças idênticas (forma e tamanho); economia de material; diminuição das despesas no trabalho de acabamento; economia de tempo em relação à confecção convencional; escassa formação de poeira no estúdio e incentivo da AJORESP na capacitação de funcionários e compra de novos equipamentos.

Segundo a AJORESP, a modelagem virtual de joias é de extrema necessidade para a modernização tecnológica do setor por possibilitar saltos de inovação na criação e execução de joias vencedoras em concursos nacionais e internacionais, criadas por designers que, em esforços isolados, utilizam tais recursos que incluem a Prototipagem rápida.

¹⁴ AJORESP – Associação de Joalheiros e Relojoeiros do Noroeste Paulista.

¹⁵ TechGems – biblioteca virtual de corte de precisão de gemas genuínas.

Em visitas a indústrias de joias, foi possível constatar que empresas inovam em modelagem utilizando o *software* Rhinoceros baseado na tecnologia NURBS¹⁶ com aplicativos específicos para o setor joalheiro.

O modelo virtual criado pelo *software* permite a visualização de futuras criações de joias com o mesmo requinte da realidade fotográfica de gemas e metais, podendo ser inclusive alterada em procedimentos de testes, valorizando cores, texturas, transparências e brilhos.

O **processo de adição de plástico** consiste na adição de camadas (plástico) que se comporta como cera, derretido à temperatura de 80°C, podendo passar diretamente pelo processo de fundição de cera perdida sem maiores problemas. A contrapartida é que os protótipos são muito frágeis e necessitam de extrema atenção no manuseio.

O **processo a laser** consiste na solidificação de fotopolímero líquido, ou seja, líquido fotossensível que fica contido em reservatório. Quando o feixe de *laser* toca o líquido, solidifica-se formando uma camada. A plataforma desce preparando o material para a solidificação de mais outra camada. O protótipo originado por esse processo é mais resistente.

As técnicas e ferramentas descritas acima são o que de mais novo existe na confecção de modelos 3D para as indústrias joalheiras.

4. CONCLUSÃO

O estudo das relações entre as novas tecnologias e os processos de produção de joias remete à viagem pela base do que significa e de como é feita a interferência do Homem na realidade que o cerca.

A joalheria está inserida na própria composição da individualidade, à medida que sua origem remonta à história da ornamentação, que está também no centro do processo civilizatório, já que os objetos de adorno projetam relações de reconhecimento, de poder, de organização social imprescindíveis na convivência social.

¹⁶ NURBS (*No Uniform Rational B-Spline*) programa de modelagem 3D.

Por outro lado, consideramos também o gênio criativo e a capacidade que grandes personalidades tiveram na tentativa de reinventar aquilo que a maioria já considerava pronto e acabado. Assim, nasceram novos padrões, novos modos de trabalho e novas formas, evoluídas em relação às anteriores e portadoras de soluções que trouxeram novos avanços, fazendo girar, portanto, a grande roda da evolução e uso de novas ferramentas tecnológicas.

Projetos de joias desenvolvidos por meio do uso de ferramentas mais modernas de criação também são concebidos através da experimentação de novos materiais e da idealização de formas complexas permitidas pelas novas tecnologias.

Na esfera da produtividade contemporânea, nos deparamos com a ideia de respeito ao meio ambiente, necessidade de reutilização de materiais e, também, com a complexidade da precisão à qual estão subordinados os projetos, atrelados a contratos multimilionários e empresas de grande representatividade.

Verificou-se que tais exigências não excluem a capacidade lúdica e a expressividade da criação. Pelo contrário, os grandes profissionais se utilizam dos novos recursos, incorporando-os aos seus processos criativos e permitindo-se, portanto, maior ousadia, obtendo como resultado obras surpreendentes, que desafiam os padrões tradicionais e possibilitam a materialização da capacidade de criação humana, que mais uma vez provou-se ilimitada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHEVALIER, Jean; GHEERBRANT, Alain. **Dicionário de símbolos**: mitos, sonhos, costumes, gestos, formas, figuras, cores, números. Rio de Janeiro: José Olympio, 2000.

DERDYK, E. **Designo. Desenho. Desígnio**. São Paulo: Senac São Paulo, 2007.

FERRARI, Dalva Olívia Azambuja. **Estudo comparativo entre o processo criativo na arquitetura e na joalheria com ênfase nas criações de Frank Gehry**. 2011. 90 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.