



II Simpósio Internacional

de Ourivesaria,
Joalheria e Design

Design de joias modulares: monte você mesmo.

Modular jewelry design: assemble yourself

VIERO, Ivi Pivetta; Mestra; Escola Superior de Artes e Design
ivipivettaviero@gmail.com

CIDADE, Mariana Kuhl; Prof^a Dra; Universidade Federal de Santa Maria
mariana.cidade@ufsm.br

Palavras chave: design de joias; modularidade; customização.

A possibilidade de customização confere a um objeto uma variedade de possibilidades e ao usuário uma variedade de escolhas. Uma peça de joalheria, que é normalmente estática, se planejada para ser um objeto modular, pode gerar um grande interesse, afinal, o usuário torna-se participante ativo na criação da peça. Este artigo tem como objetivo desenvolver uma joia utilizando conceitos como modularidade e versatilidade, expondo que é possível uma mesma peça transformar-se em várias, e que existe a possibilidade de o usuário participar da criação de sua joia. A pesquisa é constituída pela fundamentação teórica da joalheria e pelo aprofundamento do estudo sobre modularidade e produtos modulares, além de versáteis. É apresentado o processo projetual, a geração de alternativas e delimitações da peça, juntamente com as especificações de materiais e processos de fabricação. Como resultado, obteve-se um pingente modular e versátil, onde o usuário terá uma gama de módulos que podem ser trocados conforme a sua escolha, além de demonstrar a possibilidade que existe na joalheria contemporânea de anexar e explorar diversos campos a fim de criar peças modulares e versáteis.

Keywords: jewelry design; modularity; customization.

The possibility of customization gives an object a variety of possibilities and the user a variety of choices. A piece of jewelry, which is normally static, if planned to be a modular object, can generate great interest, after all, the user becomes an active participant in the creation of the piece. This article aims to develop a jewel with concepts such as modularity and versatility, exposing that it is possible for the same piece to become several, and that there is a possibility for the user to participate in the creation of their jewel. The research is verified by the theoretical foundation of jewelry and by the deepening of the study on modularity and modular products, in addition to versatility. The design process, the generation of alternatives and piece delimitations are presented, along with specifications of materials and manufacturing processes. As a result, a modular and versatile pendant is obtained, where the user will have a range of modules that can be exchanged according to their choice, in addition to demonstrating the possibility that exists in contemporary jewelry to attach and explore different fields in order to create pieces modular and versatile.

1 Introdução

A modularidade é uma característica procurada por várias empresas, principalmente pela possibilidade de fabricação de peças separadamente e pela possível personalização dos artefatos, cada vez mais individuais e customizáveis (MARTINS, 2002). Fixson (2003) defende que um produto modular tem várias possibilidades de reconfiguração e permite que o usuário o personalize ele mesmo. Outro fator que confere uma carga simbólica bastante significativa a um objeto é a possibilidade de customização do mesmo. Essa característica pode até aumentar a vida útil do artefato, pois as pessoas acabam por não querer se desfazer de algo em que elas tiveram participação na criação (VOLKERLING, 2021). Com isso, neste artigo buscou-se pesquisar sobre os temas de modularidade e customização atrelado à joalheria com o propósito de desenvolver uma peça joalheira com essas características. Uma joia modular

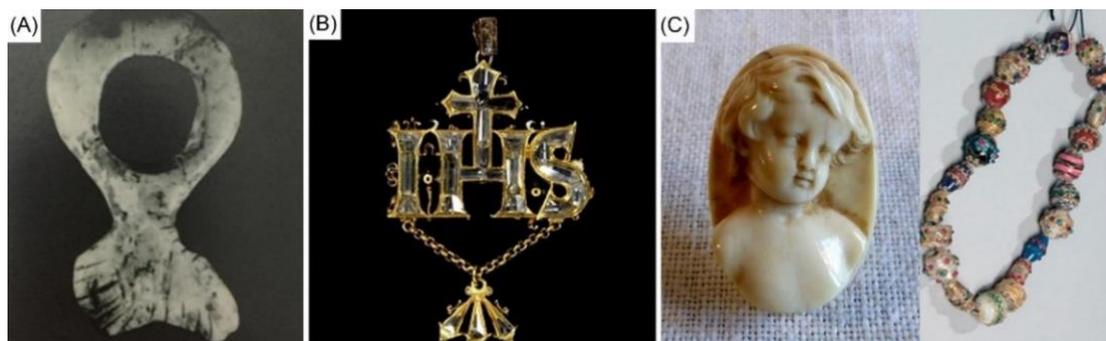
permite ao usuário a montagem da mesma, criando sua estrutura. Esse processo carrega um forte significado, pois uma joia "feita" pelo usuário é a maior expressão de quem ele é. Durante a realização de pesquisas para esse artigo, percebeu-se a falta de opções no mercado no que diz respeito às joias modulares, versáteis e customizáveis. Normalmente, o que se encontra hoje são peças prontas, e o cliente as escolhe com base se as mesmas o agradam ou não. Através desse pensamento, esse artigo tem como objetivo a pesquisa em temas como customização e modularidade, a fim de poder, além de criar um produto que seja uma peça joalheira interativa, demonstrar a possibilidade de a joalheria contemporânea explorar novos campos interdisciplinares para chegar a soluções versáteis e customizáveis para as peças, criando um atrativo para os usuários.

2 Joalheria e suas modificações através dos tempos

Segundo Gola (2008), as joias surgiram por volta de 35 mil a. C. (Figura 1). Deste período, temos registros de pingentes feitos usualmente de ossos, como é possível observar na Figura 1 A (GOLA, 2008). Desde o período do surgimento das primeiras joias, a arte da joalheria vem se modificando, em termos de materiais, processos, design e estética (CIDADE *et al.*, 2016).

No período renascentista, artistas eram patrocinados pela nobreza para produzir joias que aperfeiçoassem as técnicas de esmaltação e fundição (PEDROSA, 2017). Os motivos comuns esteticamente eram da mitologia, e as joias monografadas eram bastante usuais, como demonstra a Figura 1 B (GOLA, 2008). Segundo Gola (2008), no século XIX a Europa passou a diversificar na produção joalheira, utilizando materiais inusitados para aquela época, como peças esculpidas em marfim e o uso de contas de vidro, como na Figura 1 C (GOLA, 2008).

Figura 1 - Exemplos de peças de joalheria desde o seu surgimento até o século XIX: (A) pingente de 35 mil anos de idade; (B) exemplo de joia monografada renascentista e (C) broche feito de marfim e peça com contas de vidro.



Fonte: (A) GOLA (2008); (B) VICTORIA & ALBERT MUSEUM (2021); (C) FURNISHYOURCASTLE (2021) E (D) VICTORIA & ALBERT MUSEUM (2021).

Com a Revolução Industrial, o consumo de joias tornou-se acessível a uma maior parcela da população, em virtude da produção seriada das peças (GOLA, 2008). Segundo Gola (2008), alguns idealistas propuseram mudanças, a fim de resgatar os meios de fabricação artesanais da Idade Média, o que culminou com o surgimento de movimentos artísticos como o *Art Nouveau* e o *Art Decó* (Figura 2). O estilo estético do *Art Nouveau* foi fortemente influenciado pela interpretação da natureza, como notamos na Figura 2 A (GOLA, 2008). Durante a década de 1930, O estilo *Art Decó* e suas formas geométricas, como as do colar da Figura 2 B, estava em alta, e os materiais sintéticos foram agregados às joias (GOLA, 2008). Durante os anos 1950, foram utilizadas as gemas naturais orgânicas, a exemplo o coral, como na famosa joaninha da Cartier®, Figura 2 C (GOLA, 2008).

Figura 2 - Exemplos das modificações estéticas de joias do período da Revolução Industrial até 1950: (A) adorno em estilo *Art Nouveau* desenvolvido por Lalique; (B) exemplo de colar com estilo *Art Decó* e (C) abotoaduras em formato de joaninha da Cartier®.

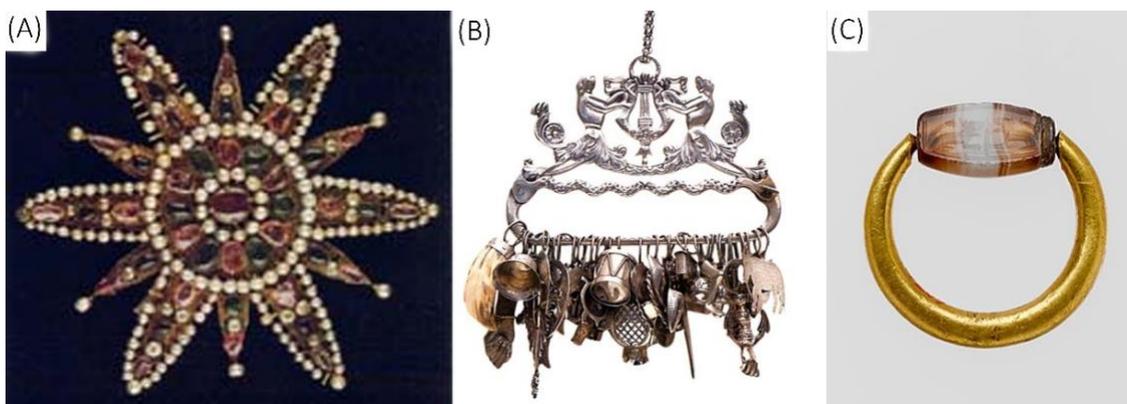


Fonte: (A) RIBEIRO (2013); (B) PFORZHEIM (2021) E (C) HISTORICAL DESIGN INC (2021).

Ao longo da história da joalheria, os materiais e técnicas utilizados impulsionaram as formas estéticas e o simbolismo empregado a cada joia. Mesmo no começo da história da joalheria, já existiam peças que utilizavam algum material ou técnica diferenciada, destacando-se das tradicionais. Dentro das funções práticas, estéticas e simbólicas que uma joia pode transmitir ao seu usuário, podemos destacar alguns adornos (Figura 3). O broche (Figura 3 A), segundo Pedrosa (2017), pode ter diversas formas, porém sempre contém um elemento de fixação, chamado de "alfinete de segurança" e por isso é uma joia que pode ser usada de diferentes maneiras, em variadas peças de roupa. Além de seu valor prático, a peça normalmente é atrelada a um valor simbólico, pois, estampado no peito, está aos olhos das pessoas.

Pode-se destacar também uma peça tipicamente brasileira: o balangandã, como o da Figura 3 B. De acordo com Ferreira (2011), os balangandãs surgiram no Brasil durante o período colonial. O autor cita que além de todo o simbolismo, este adorno apresentava uma grande função prática, em decorrência da versatilidade, pois seu uso estava de acordo com a parte do corpo que se pretendia "proteger" e adornar. Uma penca usada como brinco protegia a cabeça do usuário; uma utilizada na cintura, protegia a área fértil da mulher (FERREIRA, 2011). Machado (1975) explica que cada pingente da penca continha um significado simbólico diferente, e, segundo Silva (2006), os elementos pendentes eram escolhidos pela própria pessoa, o que tornava a peça altamente customizável e individual.

Figura 3 - Exemplos de joias versáteis com funções simbólicas, práticas e estéticas: (A) broche em formato de roseta, muito utilizado pelos francos; (B) penca de balangandã e (C) anel girável.



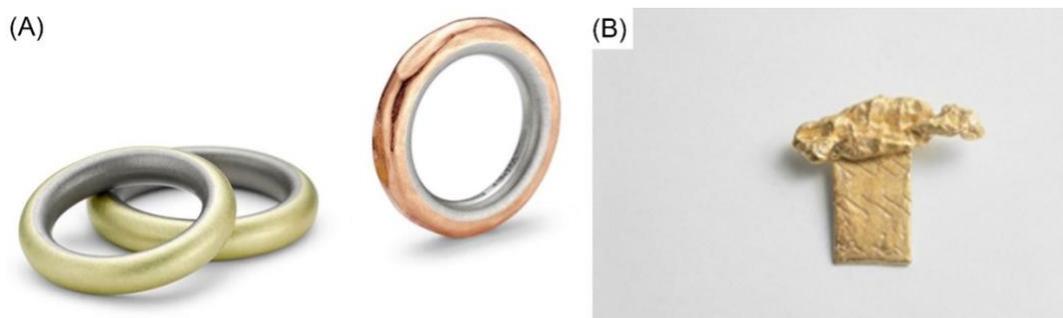
Fonte: (A) JOIABR (2021); (B) INFOJOIA (2021) E (C) THE METROPOLITAN MUSEUM OF ART (2021).

Outro grande exemplo de peças com as funções de praticidade, versatilidade, interatividade e estética são os chamados "anéis giráveis". Essas peças podiam mostrar duas imagens, a exemplo na Figura 3 C (SPIER, 2021). Um lado do anel era estampado com uma figura, e o lado oposto mostrava outra, fazendo com que o usuário pudesse escolher qual das imagens mostrar em determinada ocasião. É possível dizer que a interatividade do usuário com um produto é um grande atrativo, pois artefatos interativos fazem com que o usuário se sinta necessário, podendo dessa interação resultar um grande valor simbólico.

A joalheria contemporânea surgiu com o trabalho e criações regionais, e em 1950 emergiu como movimento internacional, banalizando a produção seriada da Revolução Industrial (GOLA, 2008). Neste período, aconteceu a exploração de materiais inusitados na joalheria, como polímeros e vidros (GOLA, 2008). Na atualidade, a joalheria contemporânea desenvolve-se juntamente com a evolução e as mudanças na sociedade, tendo apoio de novas tecnologias (CIDADE *et al.*, 2016). Segundo Cidade *et al.* (2016) uma grande característica da joalheria contemporânea é a utilização de inusitados materiais e tecnologias. Segundo os autores, o designer tem papel de utilizar a tecnologia disponível de modo eficiente, sem esquecer o processo criativo, pois a joia tem, além do apelo estético, o funcional.

Atualmente, existem muitas peças de joalheria que necessitam da interação, nas quais a pessoa é participante ativa do produto (Figura 4). Videla (2010) cita o exemplo da empresa Niessing®, criadora do “Anel Performance” (Figura 4 A), no qual o usuário cria, através de marcações superficiais decorrentes do uso (como arranhões e riscos), uma peça única e individual. Campos (2011), expõe o projeto “Chew Your Own Brooch”, de Ted Noten. Este projeto trata de uma goma de mascar a qual o comprador mastigava e enviava de volta ao artista que, ao receber a goma, executava um molde e a fundição da peça em prata (CAMPOS, 2011). Após a fabricação, o artista enviava a peça para o comprador, criando uma joia verdadeiramente única e com a interação direta do usuário, como notamos na Figura 4 B.

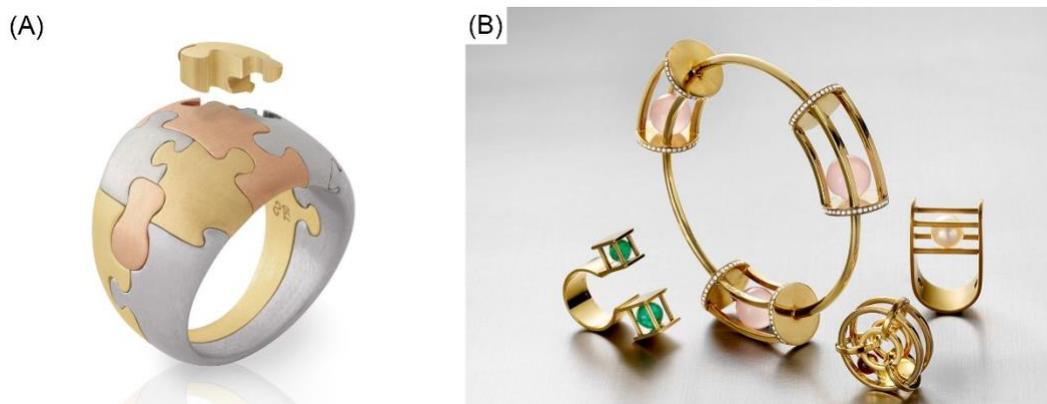
Figura 4 - Exemplos contemporâneos de joalheria interativa: (A) anel Performance, da Niessing® e (B) “Chew Your Own Brooch” de Ted Noten.



Fonte: (A) NIESSING (2021) E (B) TED NOTEN (2021).

Dentre outras joias interativas e simbólicas que é possível citar (Figura 5), as do designer brasileiro Antônio Bernardo®, por exemplo o “Anel Puzzle” (Figura 5 A). Essa peça é bastante interativa, pois o usuário pode brincar em sua montagem e desmontagem. Na Figura 5 B, são exemplificadas as joias da coleção “Movimento Perpétuo” de Yael Sonia, as quais, para funcionarem corretamente, precisam da interação do usuário, pois as gemas presas em “jaulas” de ouro movem-se de acordo com o movimento do corpo do usuário.

Figura 5 - Exemplos de joias interativas: (A) anel Puzzle de Antônio Bernardo® e (B) joias da coleção “Movimento Perpétuo” de Yael Sonia.



Fonte: (A) BERNARDO (2021) E (B) SONIA (2021).

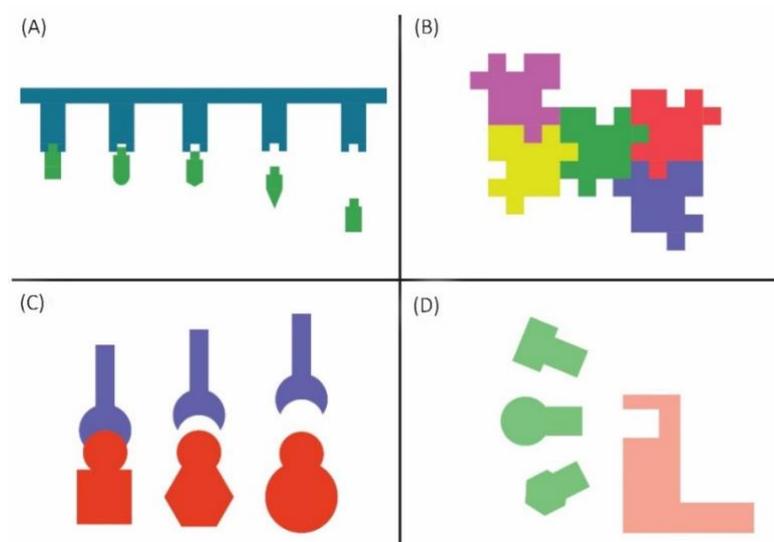
A joalheria pode desempenhar uma vasta gama de funções, principalmente estéticas e simbólicas. A interatividade das peças joalheiras possibilita ao usuário a movimentação destas, pela possibilidade de abri-las, fechá-las, sacudi-las e mastigá-las, agregando valor às mesmas. Esse valor, pode ser potencializado quando o usuário tem a participação ativa nas peças, como, por exemplo, em sua montagem.

3 Módulo e modularidade: produtos modulares

De acordo com Arnheiter & Harren (2006), a modularidade surgiu na indústria de computadores por volta de 1960, porém, logo essas vantagens foram reconhecidas e aplicadas em outras áreas. Graziadio (2004) define modularidade como a divisão de um produto ou processo em módulos/componentes. Miller & Elgard (1998) definem um módulo como um elemento essencial independente em relação ao produto que compõe, porém, tem relação a um sistema maior, que permite a composição de produtos por combinações, muitas vezes customizáveis. De acordo com Graziadio (2004), um sistema modular é composto por várias partes, chamadas de módulos, que são projetados separadamente, mas funcionam em conjunto, de forma integrada. Para Martins (2002), esses módulos ligados entre si definem uma estrutura, onde cada módulo representa uma unidade funcional que, conjuntamente com as restantes, contribui para o funcionamento da estrutura maior.

Para Fixson (2003), a modularidade permite a utilização de um produto com várias possibilidades de reconfiguração, muitas vezes permitindo que o usuário personalize o produto ele mesmo, ou seja, o artefato torna-se altamente customizável. Martins (2002) cita que a concepção modular permite a produção de diferentes produtos através da combinação de diferentes módulos, ou seja, temos mais de um produto em um. Martins (2002) defende que dentro do conceito de produtos modulares, pode-se dividir a estrutura desses em diferentes tipos. Por ser mais pertinente a este trabalho, foram analisados quatro tipos, exemplificados na Figura 6. O primeiro tipo é chamado de "bus", no qual há uma estrutura onde pode-se ligar vários tipos de módulos pela mesma interface (Figura 6 A), um exemplo disso são os sistemas de iluminação em série, como as luzes de natal (MARTINS, 2002). O segundo tipo de estrutura modular é definido como "section" e caracteriza-se por todos os módulos possuírem o mesmo formato, não existindo uma estrutura à parte onde os mesmos se ligarão (Figura 6 B). O terceiro tipo de estrutura modular é por partilha de componentes, no qual o mesmo módulo é utilizado em mais de um produto (Figura 6 C), como exemplificado pelo módulo "clip" dos carrinhos "Bebê Conforto", que permitem que o assento seja utilizado em diferentes tipos de chassi (MARTINS, 2002). O quarto tipo de estrutura é por troca de componente, onde o mesmo produto pode ser personalizado com diferentes módulos que podem ser trocados, como exemplifica a Figura 6 D (MARTINS, 2002).

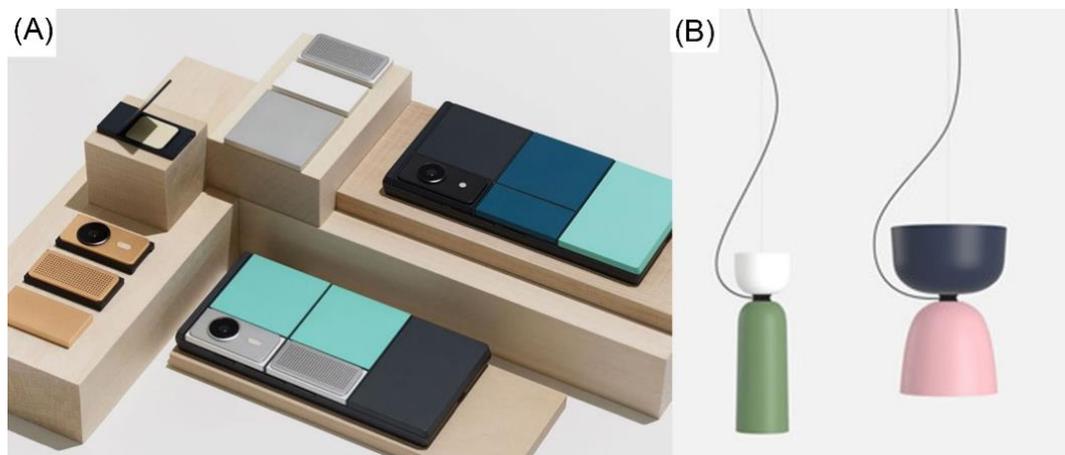
Figura 6 - Tipos de modularidade: (A) estrutura do tipo "bus"; (B) estrutura do tipo "section"; (C) estrutura por partilha de componentes e (D) estrutura por troca de componentes.



Fonte: AUTORES (2021).

Existem variados exemplos de produtos na atualidade que se utilizam da modularidade (Figura 7), o Smartphone do Google® (Figura 7 A), o chamado "Projeto Ara" é um deles. Segundo Tucker (2021), o usuário poderia trocar peças do *hardware*, podendo sempre atualizá-lo, e as peças do aparelho eram facilmente encaixadas e desencaixadas da base do telefone pelo próprio usuário. Um produto modular com forte função estética é a "*Alphabeta Lamp*" (Figura 7 B) do designer Luca Nichetto para a marca Hem. Howarth (2021) diz que a lâmpada é composta por duas partes que podem ser trocadas e customizadas de acordo com o gosto do comprador, caracterizando uma modularidade do tipo "*section*".

Figura 7 - Exemplos de produtos modulares: (A) Projeto Ara, do Google® e (B) *Alphabeta Lamp*, de Luca Nichetto.



Fonte: (A) MINI-DICAS (2021) E (B) DEZEEN (2021).

Dentro do campo da joalheria, encontra-se algumas peças que utilizam da modularidade para seu funcionamento (Figura 8). Derringer (2021) cita os chamados "*Clamp Rings*" (Figura 8 A), do designer Lu-Wei Chen, que consiste em anéis com duas partes diferentes, chamadas "Parte A" e "Parte B", as quais podem ser montadas e desmontadas utilizando um parafuso. As partes variam em textura, cor e material, fazendo com que o usuário possa personalizar a joia. Uma artista conhecida por suas joias modulares é Yael Friedman. Em sua coleção "*Puzzle*" encontram-se peças em formatos diversos que são quebra-cabeças, normalmente utilizando uma modularidade do tipo "*section*". Além disso, encontram-se outros acessórios montáveis e desmontáveis construídos em unidades, como podemos observar na Figura 8 B (YAYO-DESIGN, 2017).

Figura 8 - Joias modulares: (A) "*Clamp Rings*" de Lu-Wei Chen e (B) joias modulares montáveis de Yael Friedman.



Fonte: (A) THECARROTBOX (2021) E (B) YAYO-DESIGN (2021).

Na Figura 9 estão outros exemplos de joias modulares. O artista Paul Derrez criou um anel que utiliza o princípio da modularidade por troca de componente, o chamado "*Exchange Ring*" (Figura 9 A). O mesmo consiste em uma peça de prata onde o usuário pode encaixar peças de acrílico sobressalentes, personalizando a cor do anel. É possível também encontrar uma peça de joalheria comumente utilizada atualmente, as pulseiras de berloque (Figura 9 B). O princípio dessas peças é que o usuário possa personalizá-las trocando e adicionando os chamados "*charms*" de acordo com seu gosto.

Figura 9 - Exemplos de joias modulares: (A) "*Exchange Ring*" de Paul Derrez e (B) pulseira de berloques da Pandora®.



Fonte: (A) GALLERYFUNAKI (2021) E (B) PANDORA® (2021).

A modularidade está muito presente em produtos atuais, pela vantagem que traz na fabricação dos componentes separadamente, mas também pela possível customização do artefato. A possibilidade de o usuário poder montar sua própria peça é um grande atrativo. Com isto, produtos que sejam além de modulares, bastante customizáveis, poderão vir a ter um valor simbólico maior para o usuário, que participa ativamente da concepção final da peça.

4 Desenvolvimento da peça

Após o aprofundamento sobre joalheria e modularidade parte-se para o desenvolvimento da joia, onde seguiu-se a metodologia de Löbach (2001) de forma adaptável.

4.1 Processo projetual

Para guiar o processo criativo e de geração de alternativas, foram utilizados três painéis de referência, dois com as temáticas de modularidade do tipo "*section*", "*bus*" e troca de componentes, e um com o tema visual da coleção (Figura 10). Segundo Löbach (2001), gerar ideias é produzir diversas alternativas possíveis para a possibilidade de encontrar uma solução adequada para o problema em questão. Para o autor, o designer deve produzir esboços e modelos das alternativas que parecem mais promissoras.

Figura 10 – Painéis gerados.



Fonte: AUTORES (2021).

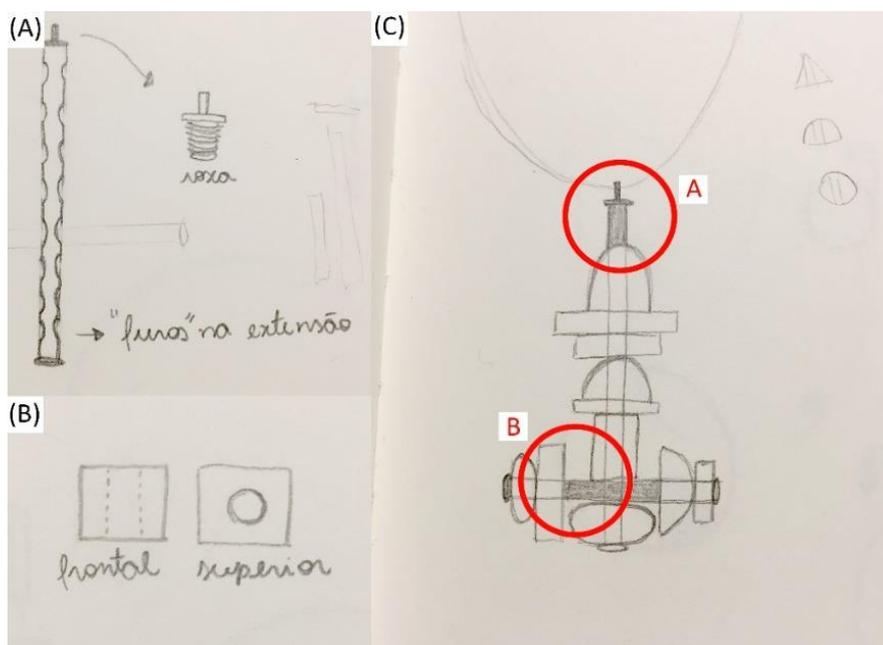
Após a construção dos painéis o estilo da coleção foi definido. A partir da análise dos painéis, foi reafirmado que a peça deveria ser customizável e interativa, e de certa forma divertida (por sua montagem), abrangente para usuários de várias faixas etárias, sem gênero predominante definido e versáteis.

4.2 Processo criativo e delimitações

Para esta joia foram geradas várias alternativas, com o apoio dos painéis temáticos. Enquanto as alternativas foram criadas, se pensaram maneiras de encaixe para os módulos, como a possível utilização de imãs ou junções rosqueadas. Para isso, foi delimitado que a joia a ser criada seria um pingente.

A alternativa escolhida (Figura 11) como a mais pertinente dentro das características desejadas foi a que permite o maior número de combinações possíveis entre os módulos. Além disso, o formato escolhido permite a utilização de um material diferenciado para a composição dos módulos, como por exemplo a resina, seguindo a proposta visual do painel de estilo visual. A peça será idealmente composta por um tubo principal (Figura 11 A), que tem em sua parte superior uma argola por onde irá passar um cordão ou uma corrente. A parte inferior desse tubo contém um sistema de rosca macho-fêmea, com a parte da rosca macho, onde módulos especiais com a rosca fêmea serão encaixados, funcionando como barreira para os vários módulos “normais”. Esses módulos “normais” serão constituídos de peças em formatos diversos com um furo central (Figura 11 B). O tubo principal contém furos em sua extensão (Figura 11 C, detalhe A), por onde atravessarão tubos auxiliares (Figura 11 C, detalhe B). A peça então será toda modular e o usuário poderá até mesmo configurar o seu formato, adicionando os tubos auxiliares na altura que desejar no tubo principal.

Figura 11 – Configurações da alternativa escolhida: (A) tubo principal; (B) peça com furo central para passagem do tubo e (C) representação da peça montada.

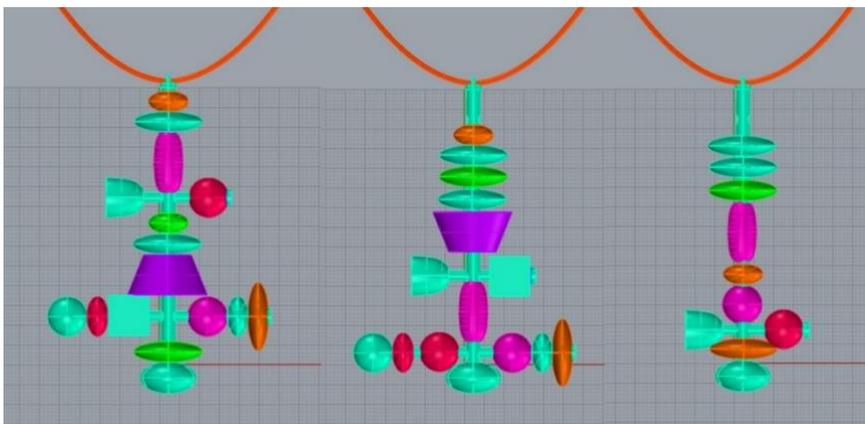


Fonte: AUTORES (2021).

Para a materialização e melhor visualização da solução escolhida, foi criado um *mock-ups* virtual no *software Rhinoceros®*, com a finalidade de obter a melhor percepção volumétrica e estética das peças, através da alteração das posições dos módulos na modelagem, verificando as várias possibilidades de montagem e observando a forma como um todo (Figura 12). Com a modelagem, foi definido que o tubo principal deverá ter 70 mm de comprimento e 3,6 mm de diâmetro aproximadamente, enquanto os módulos irão variar de tamanho dentro de matrizes,

seguindo uma proporção de mais ou menos 10 mm por 10 mm, 15 mm por 15 mm ou 5 mm por 5 mm, todos em formas geométricas diversas e harmônicas entre si.

Figura 12 – Algumas alternativas de montagem da peça, no software *Rhinceros*®.



Fonte: AUTORES (2021).

Uma das modelagens virtuais foi renderizada (Figura 13), com a adição de cores e texturas para simular a peça real produzida. Isso permitiu ter uma ideia de como a peça se pareceria depois de realmente fabricada.

Figura 13 – Peça renderizada.



Fonte: AUTORES (2021).

4.3 Especificações de materiais e processos de fabricação

Após a concepção do modelo virtual e as delimitações e decisões tomadas para este artigo, parte-se para a fabricação da peça joalheira. Para este trabalho será fabricado um pingente modular, através de métodos de joalheria tradicional de bancada e a fundição por cera perdida. Optou-se por utilizar a prata (Ag 950), como material base, e a resina epóxi como material suplementar.

4.3.1 Material metálico

A prata é um metal nobre não-ferroso, de brilho e capacidade de reflexão intensos (LIMA, 2006). Em sua composição pura (Ag 999,9) é um metal quase branco e muito maleável (MCGRATH, 2014; KLIAUGA & FERRANTE, 2009). De acordo com Lima (2006) o ponto de

fusão da prata é em torno de 962°C e sua densidade é de 7g/cm³. Segundo Kliauga & Ferrante (2009) a prata é estável em água e ar puros. Para ser utilizada na joalheria é feita uma liga, adicionando-se 5% de cobre, para tornar a prata 950 (MCGRATH, 2014). A superfície da prata pode ser facilmente polida, tornando-a muito atrativa na joalheria (KLIAUGA & FERRANTE, 2009).

4.3.2 Material complementar

A resina epóxi é um termofixo, que, de acordo com Bitencourt & Pandolfelli (2013) são substâncias orgânicas de peso molecular baixo, que misturadas com catalisadores, passam por reações (cura) dando origem a polímeros. Por serem termofixos, se expostas a altas temperaturas não podem ser remoldadas, e iniciam um processo de degradação (BITENCOURT & PANDOLFELLI 2013). Reis (2013) defende que a cura desse tipo de resina pode ser feita em temperatura ambiente, pois se trata de uma reação exotérmica leve. Uma das vantagens da resina epóxi é que ela não libera substâncias voláteis em sua cura, o que significa que não são emitidos gases tóxicos e nem prejudiciais (KERSTING, 2004). A resina aplicada à uma peça de joalheria permite uma vasta gama de colorações, quando a ela são adicionados pigmentos. Além disso, uma peça feita de resina epóxi é extremamente leve, podendo ser esse um fator agradável ao uso.

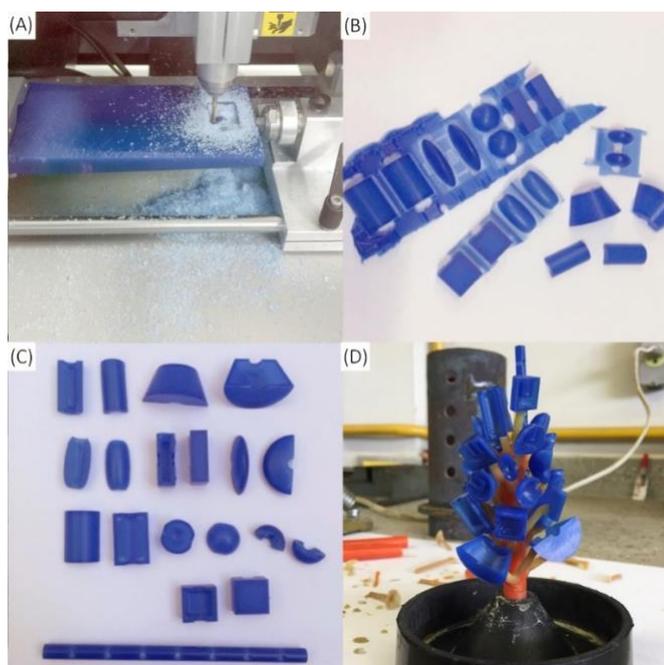
4.3.3 Processo de fabricação das partes em metal

No processo de fabricação industrial da parte metálica da peça, será utilizado o método de usinagem CNC e fundição por cera perdida. Após a fundição, o acabamento será dado às peças em bancada, através de ferramentas específicas de joalheria, e equipamentos mecanizados.

a) Usinagem CNC

O processo de fundição por cera perdida (Figura 14), inicia-se com a produção dos modelos. A usinagem CNC (comando numérico computadorizado) é o processo que permite a criação desses modelos em cera, através da materialização do que foi criado anteriormente nos *softwares* virtuais de modelagem tridimensional. Este processo é subtrativo, pois utiliza-se uma fresa para remover o material e assim criar o volume da peça (KLIAUGA & FERRANTE, 2009).

Figura 14 - Partes do processo de usinagem CNC e montagem da árvore de cera: (A) equipamento em funcionamento; (B) peças sendo removidas da chapa de cera; (C) peças limpas para montagem da árvore e (D) árvore montada.



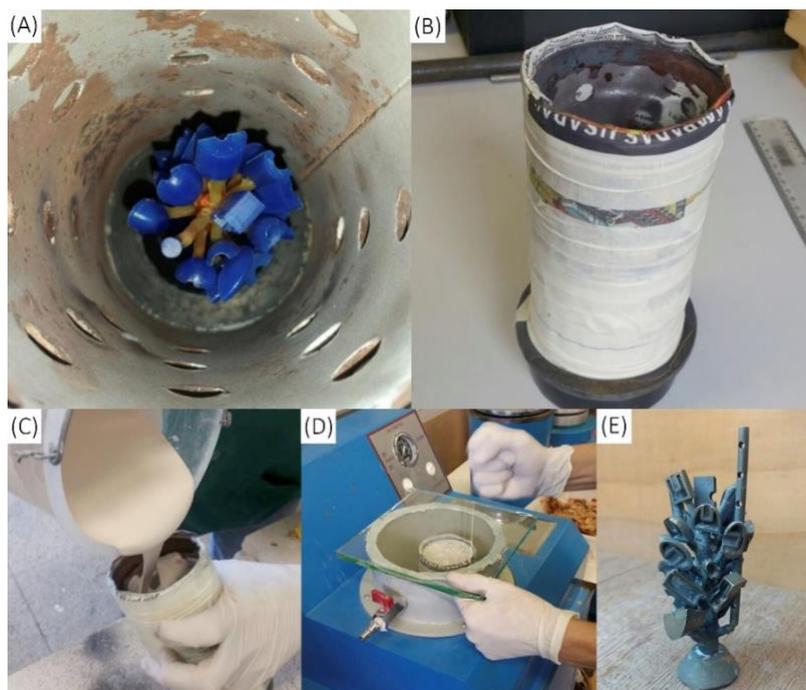
Fonte: AUTORES (2021).

A cera utilizada na usinagem encontra-se no mercado em diferentes formas e tamanhos. O equipamento lê o arquivo da modelagem virtual e a fresa retira as partes necessárias na cera para criar o volume como foi delimitado no *software* (Figura 14 A). Após o término do processo de usinagem, é necessário retirar as peças de cera do equipamento e remover todas as rebarbas dos suportes de modelagem (Figura 14 B). O acabamento à mão na peça de cera, com limas e fresas pontiagudas, para remover excessos, é necessário em alguns casos, para que seja economizado esforço no acabamento da peça em prata (Figura 14 C). Posteriormente à usinagem das peças, monta-se uma árvore de cera (Figura 14 D), na qual será vertido o revestimento cerâmico para a produção do molde. Kliauga & Ferrante (2009) citam que para a montagem da árvore, é necessária uma base de borracha vulcanizada que contém um furo no meio, onde será introduzido o bastão de cera central da árvore. Os autores apontam ainda a necessidade do cuidado na montagem dos cabos de alimentação, que devem ser inclinados com um ângulo de 60 graus e posicionados em volta do bastão em forma de espiral, para que todas as peças sejam alimentadas pelo metal de forma correta.

b) Fundição por cera perdida (microfusão)

Após a montagem da árvore de cera, parte-se para a fundição das peças em prata (Figura 15). Esse processo se resume na réplica em metal do modelo produzido em cera. Primeiramente, a árvore de cera é colocada dentro de um cilindro de aço carbono ou inoxidável (Figura 15 A), que é então revestido com jornal e fita adesiva, a fim de tapar os buracos em sua superfície (Figura 15 B).

Figura 15 - Fases da fundição por cera perdida: (A) cilindro com árvore posicionada em seu interior; (B) cilindro revestido de jornal e fita adesiva; (C) revestimento cerâmico sendo vertido; (D) cilindro na máquina a vácuo para remoção de bolhas e (E) árvore com as peças em prata 950.



Fonte: AUTORES (2021).

Uma massa de revestimento cerâmico, capaz de reproduzir a superfície dos modelos com exatidão, é vertida dentro do cilindro (Figura 15 C). Para a remoção de bolhas de ar que possam ter ficado na massa, a estrutura do cilindro é colocada em uma máquina a vácuo (Figura 15 D). O revestimento com a árvore em seu interior é então aquecido no forno com o bocal posicionado para baixo para que a cera seja fundida e volatilizada, deixando no interior do molde as partes vazias das peças, onde posteriormente será vertido o metal líquido. O metal é vertido para o interior do molde em negativo, formando a peça de metal em positivo (Figura 11 E). O molde cerâmico é então dissolvido em água para a remoção da peça.

c) Acabamento e polimento

Com a fundição realizada, as peças em metal são retiradas da árvore (Figura 16). Para isso, utiliza-se um arco de serra e serras de joalheria, cortando os cabos de alimentação do metal. Após as peças são aquecidas e colocadas em ácido sulfúrico, para uma limpeza prévia. Normalmente, quando a peça sai da fundição, apresenta algumas irregularidades, que devem ser removidas com o auxílio de diversas limas, antes do acabamento final. Santos (2013) expõe que limar consiste em desbastar ou raspar com limas, que apresentam diferentes abrasividades e superfícies, específicas para cada necessidade. As peças foram limadas com limas de diferentes granulometrias (Figura 16 A) e depois lixadas, colocando-se lixas no motor de suspensão, em ordem da mais granulosa para a menos (Figura 16 B). Após estes processos, as peças foram polidas em uma politriz, com o auxílio de pastas abrasivas de polimento em uma escova e depois em um disco de feltro para proporcionar o brilho (Figura 16 C).

Figura 16 - Acabamentos das peças em metal: (A) módulos sendo limados; (B) motor de suspensão sendo utilizado para lixar as peças e (C) peças sendo polidas na politriz.

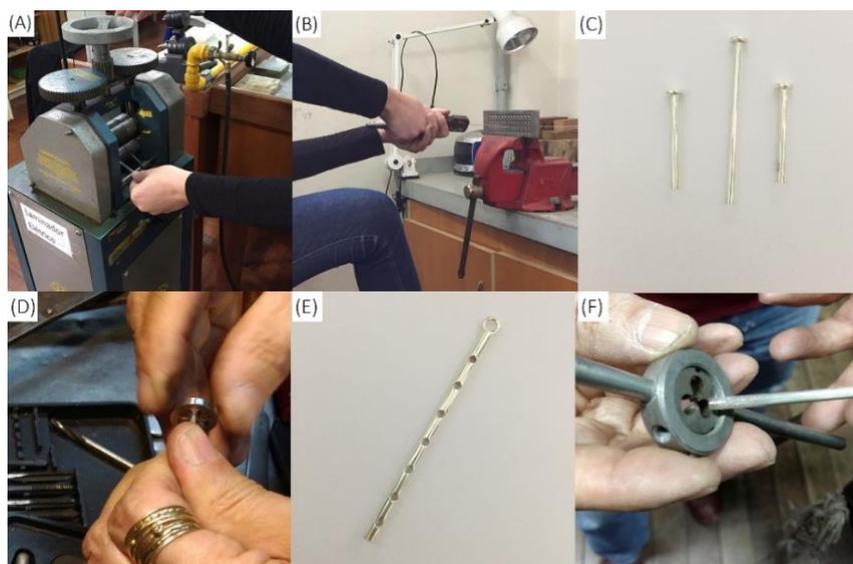


Fonte: AUTORES (2021).

d) Processo de fabricação artesanal

Para a fabricação dos tubos do pingente, o processo joalheiro utilizado foi o artesanal (Figura 17). A prata foi fundida e vertida em uma lingoteira no formato para fios. A seguir o lingote foi laminado (Figura 17 A) até atingir uma espessura de fio quadrado próximo ao tamanho final desejado.

Figura 17 - Processo de fabricação: (A) lingote sendo laminado; (B) fio sendo puxado na feira; (C) tubos auxiliares prontos para receber a rosca; (D) execução sistema de roscas fêmea; (E) tubo principal pronto para receber a rosca e (F) rosca macho executada no tubo principal.



Fonte: AUTORES (2021).

Para dar o formato circular ao lingote, o mesmo foi puxado em uma fieira com o auxílio de um alicate (Figura 17 B). Foram puxados três tubos auxiliares, com aproximadamente 2,4 mm de diâmetro (Figura 17 C). Posterior ao término da produção dos tubos auxiliares, um equipamento manual foi utilizado para criar o sistema de rosca macho nas extremidades dos mesmos (Figura 17 D). Para a execução do tubo principal, foi puxado na fieira, um fio com espessura de 3,6 mm (Figura 17 E). O mesmo sistema foi utilizado para fazer a rosca macho na extremidade do tubo (Figura 17 F). Além disso, nos módulos de fechamento, que servem de “tampas”, foram produzidos manualmente sistemas de rosca fêmea.

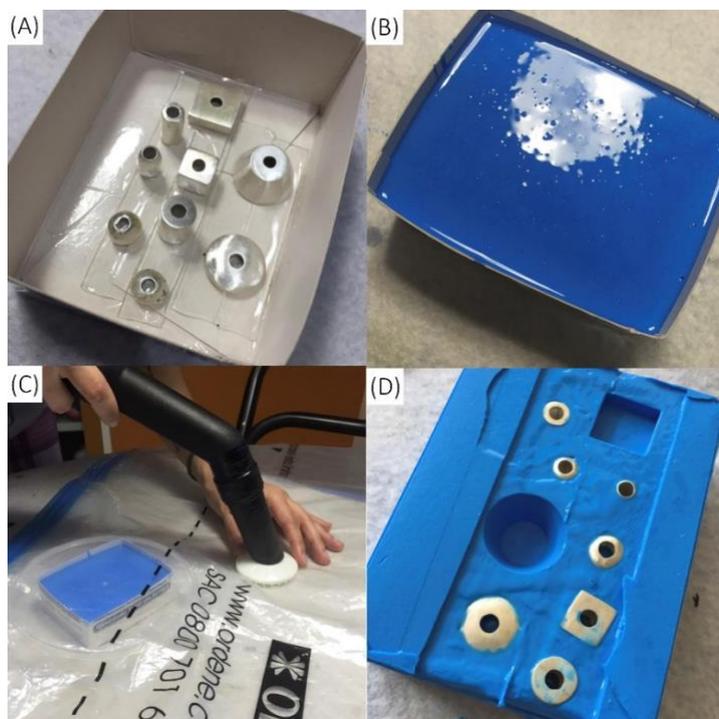
4.3.4 Processo de fabricação das partes em resina

Para a fabricação dos módulos em resina, é necessária a produção de moldes, que servirão para verter o material polimérico, a fim de que o mesmo adquira os formatos desejados. Após a fabricação de 13 módulos em prata, os mesmos serviram de modelos para a fabricação destes moldes. Todas as etapas do desenvolvimento desses módulos serão apresentadas abaixo:

a) Criação dos moldes para a resina

Para a fabricação dos moldes optou-se pela utilização de silicone como material. O silicone é flexível e permite que os moldes sejam feitos com uma extremidade aberta, não necessitando de um molde do tipo que abre e fecha, facilitando o processo (Figura 18). As peças de prata foram posicionadas no fundo de uma caixa de papelão, utilizando uma fita adesiva dupla face para fixá-las no lugar, e uma fita adesiva para cobrir as perfurações da superfície das peças, para que o silicone não penetrasse nesses orifícios, como mostra a Figura 18 A. O silicone foi misturado ao catalisador, e a mistura foi despejada na estrutura (Figura 18 B). Para evitar a formação de bolhas no silicone, foi criada uma câmara de baixa pressão, na qual a caixa de papelão com os módulos e o silicone foi introduzida dentro de um saco, e com o auxílio de um aspirador de pó, foi retirado todo o ar existente dentro do saco, como demonstra a Figura 18 C. Esperou-se 24 horas para a cura total do silicone, após, as peças de prata foram liberadas do molde finalizado (Figura 18 D). A estrutura final do molde apresentou um bom acabamento, sem bolhas e sem falhas que pudessem ser reproduzidas na superfície dos módulos de resina posteriormente.

Figura 18 - Fabricação do molde de silicone: (A) posicionamento dos módulos na caixa de papelão; (B) caixa com o silicone vertido; (C) câmara de baixa pressão e (D) remoção da caixa de papelão e modelos em prata sendo liberados do molde.

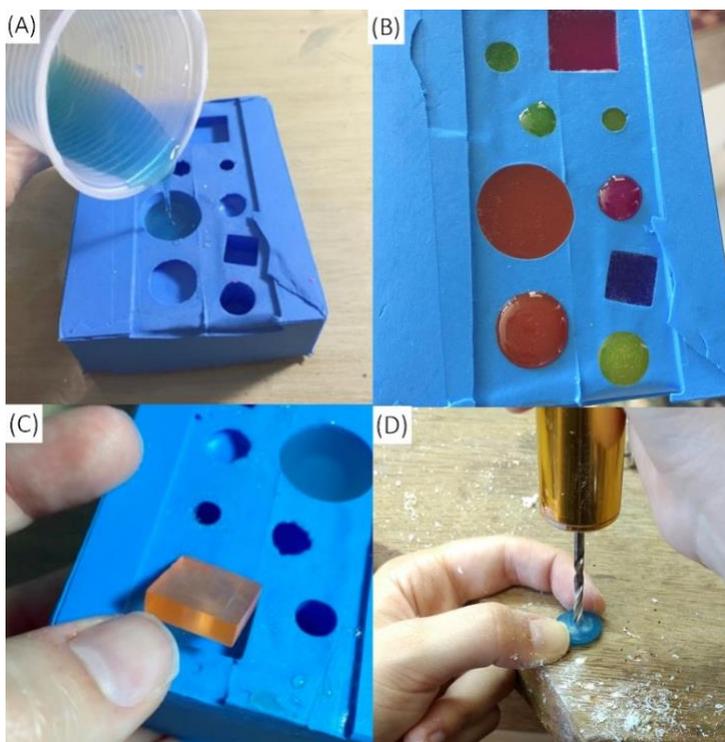


Fonte: AUTORES (2021).

b) Fabricação dos módulos em resina

Com o molde de silicone pronto, a resina epóxi foi misturada ao catalisador e foi adicionada cor à mistura (Figura 19). Para isso, utilizou-se um pigmento líquido translúcido para tecido. A resina com pigmento foi despejada em cada parte negativa do molde, para criar os módulos (Figura 19 A). Esperou-se 12 horas para a cura da resina (Figura 19 B) e então os módulos foram retirados do molde (Figura 19 C). Para a criação dos furos dos módulos, por onde os tubos auxiliares e principal passarão, foi utilizada uma broca no motor de suspensão, exemplificado na Figura 19 D.

Figura 19 - Produção das peças em resina: (A) resina sendo despejada dentro do molde; (B) resina sendo curada; (C) módulos em resina sendo retirados do molde e (D) módulos em resina sendo perfurados.



Fonte: AUTORES (2021).

Depois de todos os processos descritos acima, todos os módulos de resina e os de prata, além dos tubos principal e auxiliares, foram terminados. Após o término, foram realizados testes de manuseio, a fim de perceber se todos os módulos, tanto os vinte e quatro de resina, quanto os treze de prata, encaixavam nos tubos sem muita folga. Também foi testado se o sistema de rosca macho-fêmea estava funcionando de maneira apropriada.

5 Resultados

A joia produzida (Figura 20) possui diversas características de modularidade e customização. O usuário é participante ativo da mesma, pois para o funcionamento da joia, é necessário que a pessoa a monte e desmonte, alterando os módulos conforme seu gosto, sua personalidade, seu humor ou as roupas que estiver usando em um dia específico. Isso faz da peça uma joia versátil e interativa, com grande valor simbólico.

A versatilidade da peça é notável por suas diferentes possibilidades de uso, em decorrência das inúmeras maneiras de arranjo dos módulos e dos tubos auxiliares. A peça final produzida conta com um total de três tubos auxiliares, dois de 30 mm de comprimento e um de 50 mm de comprimento, além de 13 módulos de prata, dos quais quatro são de fechamento com rosca, e diversos módulos de resina.

Figura 20 - Diferentes possibilidades de arranjo das peças no pingente.

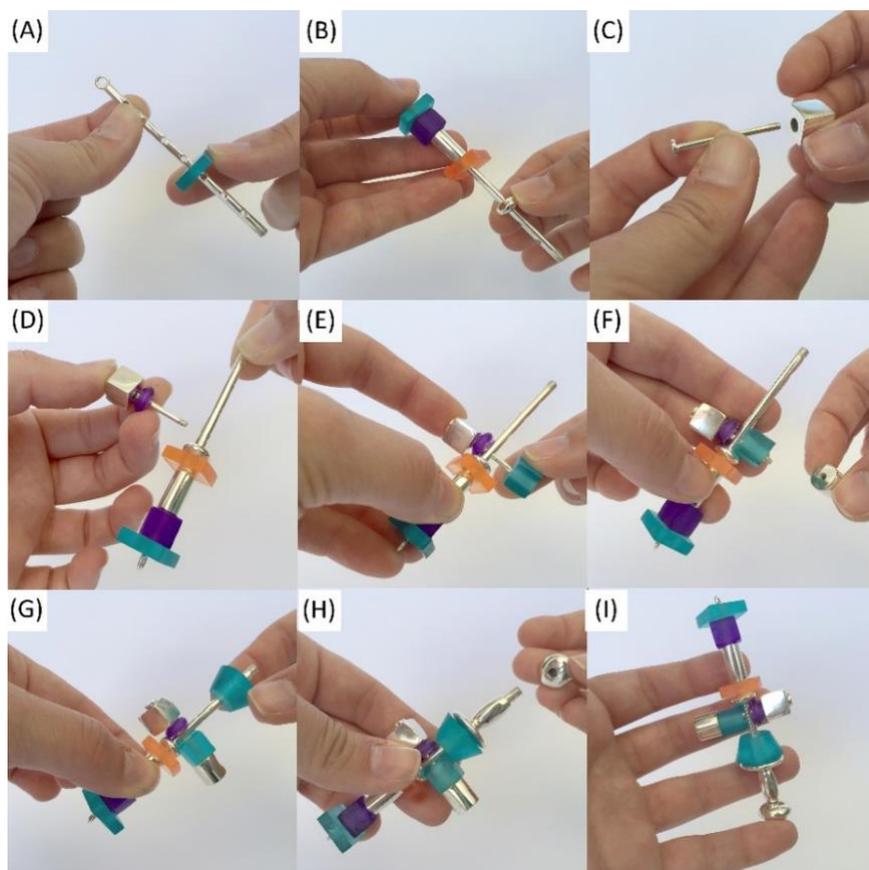


Fonte: AUTORES (2021).

O uso da mesma é confortável e descomplicado, como nota-se na Figura 21. O usuário deve começar a montagem pelo tubo principal, adicionando módulos ao mesmo até a altura desejada (Figura 21 A e B). Depois, se desejar, deve adicionar módulos aos tubos auxiliares (Figura 21 C) e encaixar os mesmos nos orifícios do tubo principal (Figura 21 D). Após, deve-se continuar a adicionar módulos aos tubos auxiliares (Figura 21 E) e então fechá-los com o módulo com rosca (Figura 21 F). Em seguida, o usuário deve então, continuar a preencher o tubo principal com as peças (Figura 21 G) e fechá-lo com a peça final com rosca (Figura 21 H), finalizando assim a montagem do pingente (Figura 21 I).

Os formatos dos módulos facilitam o uso e a customização da peça, além de não indicarem um gênero preferencial e nem uma idade para o público-alvo. A versatilidade da peça permite que a mesma possa ser utilizada em diversas ocasiões e com diversas vestimentas diferentes.

Figura 21 - Passo a passo de como montar o pingente: (A) começo da montagem; (B) peças sendo adicionadas ao tubo principal; (C) começo da montagem do tubo auxiliar; (D) tubo auxiliar sendo encaixado ao principal; (E) peças sendo adicionadas ao tubo auxiliar; (F) fechamento do tubo auxiliar; (G) peças sendo adicionadas ao tubo principal; (H) fechamento do tubo principal e (I) pingente montado.



Fonte: AUTORES (2021).

6. Considerações Finais

Pode-se dizer que os objetivos foram alcançados, pois, através de pesquisas no campo da joalheria e nos demais campos explorados no artigo, chegou-se a uma solução adequada para uma joia modular, customizável e versátil. Também foi possível notar como a pesquisa e procura por novos conceitos e a interdisciplinaridade podem trazer mudanças positivas para a área da joalheria contemporânea, e o designer tem o papel de realizar projetos, transformando esses novos conceitos em produtos. O artigo demonstra como atrelar conceitos de módulo e modularidade pode resultar em boas oportunidades para a joalheria dos dias atuais. A possibilidade de customização da peça permite ao usuário uma variedade de escolhas no mesmo produto. Além disso, a participação do mesmo na montagem confere um grande valor simbólico à peça. O conceito de modularidade adiciona um valor notável às peças de design, justamente pela possibilidade de o usuário poder participar da montagem e pelas variações de opções de um mesmo produto, podendo até mesmo aumentar sua vida útil.

No decorrer da pesquisa da fundamentação teórica, foi de extrema importância a compreensão dos conceitos de joias versáteis e de modularidade, para se chegar a um conceito estético e formal adequado. De fato, a modularidade traz vantagem pela possível customização do artefato. A possibilidade de o usuário poder montar sua própria joia, ao seu gosto e de acordo com sua representação pessoal, é um grande atrativo, pois, segundo Volkerling (2021), essa interação artefato-usuário vem tornando-se um estilo de vida para algumas pessoas. Produtos modulares e customizáveis conferem grande valor simbólico para o usuário, que participa ativamente da concepção final da peça.

A utilização de um material diferenciado na joia, como a resina, possibilitou uma

combinação harmônica com o metal escolhido. A translucidez e cor da resina tornou o produto ainda mais customizável, sendo possível para o usuário escolher uma paleta de cores de módulos que combinem com as vestimentas do dia-a-dia. A utilização da prata ficou adequada em contraste com a resina, em função de seu brilho e polimento.

Referências

- Arnheiter E. D. & Harren. H. (2006). *Quality management in a modular world*. Lally School of Management and Technology, Rensselaer Polytechnic Institute, Hartford, Connecticut, v. 18 n. 1.
- Bitencourt, C.S; Pandolfelli, V.C. (2013). Resinas termofixas e a produção de refratários contendo carbono: base teórica e insights para futuros desenvolvimentos. *Cerâmica*, v. 59 no. 349.
- Campos, A. P. (2011). Pensando a joalheria contemporânea com Deleuze e Guattari. *Revista Trama Interdisciplinar*, v. 2, n. 2.
- Cidade, M. K. et al. (2016). Método para determinação de parâmetros de gravação e corte a laser CO2 com aplicação na joalheria contemporânea. *Design e Tecnologia*, v. 6, n. 12, p. 54-64.
- Derringer, J. (2021). *Industrial clamp jewelry collection by drilling lab*. Disponível em: <<http://design-milk.com/drilling-lab-clamp-collection/>>. Acesso em: 20 fev.
- Ferreira, A.G. (2011). Poder, simbolismo, religiosidade e misticismo: um estudo da joia balangandã. *Revista Tucunduba*, n. 2.
- Fixson, S. (2003). *The multiple faces of modularity – an analysis of a product concept for assembled hardware products*. Technical Report, University of Michigan, Michigan.
- Gola, E. (2008). *A joia: história e design*. São Paulo: Senac.
- Howarth, D. (2021). *Luca Nichetto designs modular Alphabeta Pendant Lamp for Hem*. 2015. Disponível em: <<https://www.dezeen.com/2015/09/08/luca-nichetto-modular-alphabeta-pendant-lamps-hem-london-design-festival-2015/>>. Acesso em 20 fev. 2021.
- Graziadio, T. (2004). *Estudos comparativos entre fornecedores de computadores automotivos de placas convencionais e modulares*. Tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Kersting, D.F. (2004). *Avaliação de resinas epóxi para fabricação de materiais compósitos pelo processo de poltrusão*. Dissertação apresentada para a obtenção do título de mestre em Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia.
- Kliauga A. M.; Ferrante, M. (2009). *Metalurgia básica para ourives e designers: do metal à joia*. São Paulo: Editora Blücher.
- Lima, M. A. M. (2006). *Introdução aos materiais e processos para designers*. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda.
- Machado, P. A. C. (1973). *Ourivesaria baiana*. Rio de Janeiro: Edições Gernasa.
- Martins, J.C. (2002). *Introdução ao design do produto modular: considerações funcionais, estéticas e de produção*. Tese apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto. Porto.
- McGrath, J. (2014). *Metalsmithing for jewelry makers*. New York: Thames & Hudson.
- Miller, T.; Elgard, P. (1998). *Defining modules, modularity and modularization*. Proceedings of the 13th IPS Research Seminar, Fuglsoe 1998, Aalborg University.
- Pedrosa, J. (2017). *A história do broche*. Disponível em: <<http://www.joiabr.com.br/artigos/broche1.html>>. Acesso em: 12 abr. 2017.
- Pedrosa, J. (2017). *A história da joalheria*. Disponível em: <<http://www.joiabr.com.br/artigos/hist.html>>. Acesso em: 22 mar. 2017.

Santos, R. (2014). *Jóias: fundamentos, processos e técnicas*. São Paulo: Senac.

Silva, S. T. (2006). Penca de balangandãs. *Cadernos do MAV*, v. 3, n. 3.

Spier, J. (2021). *Ancient rings: style, meaning, and history*. Disponível em: < https://reichert-verlag.de/media/pdf/9783954900480_sample.pdf >. Acesso em: 20 fev. 2021.

Tucker, E. (2021). *Google to start shipping modular smartphone Project Ara*. Disponível em: < <https://www.dezeen.com/2016/05/26/google-project-ara-modular-smartphone-shipping-developers-consumers-product-design-technology-news/> >. Acesso em: 19 fev. 2021.

Videla, A. N. B. (2010). *A solda a laser para criação e produção de jóias*. In: 9º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design.

Volkerling, F. (2021). *Tendência mundial, cultura do Faça Você Mesmo revoluciona hábitos de consumo e ganha novos adeptos*. Disponível em: < <https://www.nsctotal.com.br/noticias/tendencia-mundial-cultura-do-faca-voce-mesmo-revoluciona-habitos-de-consumo-e-ganha-novos> >. Acesso em: 20 fev. 2021.