

Área: Sustentabilidade | Tema: Resíduos e Reciclagem

**TECNOLOGIA LASER APLICADA AO DESENVOLVIMENTO DE JOIAS COM REUTILIZAÇÃO DE  
ACRÍLICO E MADEIRA**

**LASER TECHNOLOGY APPLIED ON THE DEVELOPMENT OF JEWELS WITH REUTILIZATION OF  
ACRYLIC AND WOOD**

Ayrton Stumpf Candido Viana e Mariana Kuhl Cidade

**RESUMO**

Com o aumento das indústrias, os impactos ambientais causados pelo homem são cada vez mais percebidos no meio ambiente. O não reaproveitamento de materiais que vão para o descarte, produz cada vez mais um grande volume de lixo que poderia estar sendo utilizado de forma mais inteligente, gerando novos produtos e impactando positivamente em questões ecológicas e econômicas. Dentro deste contexto, encontram-se o acrílico e a madeira, que cada vez mais ocupam grande número na produção industrial e produzem uma grande quantidade de sobras que não são devidamente reutilizadas. Analisando este contexto, cabe ao designer, utilizando da tecnologia a seu favor, poder atuar como agente transformador através da reutilização e da reciclagem. Com base nesta premissa, esse trabalho tem como objetivo repensar como pode-se por meio de seu reuso e utilização de corte e gravação a laser, valorizar os resíduos de acrílico e da madeira provenientes da indústria, desenvolvendo joias contemporâneas como produto final. Como metodologia, serão explorados parâmetros que tragam o maior destaque estético do acrílico e da madeira, contribuindo com pesquisas desenvolvidas acerca deste material.

**Palavras-Chave:** reutilização de materiais, sustentabilidade, acrílico, madeira, design de joias.

**ABSTRACT**

With the consistent increase in industrialization, the environmental impact caused by man is growing day by day. This fact, together with a lack on recycling, produces a growing volume of discard that goes directly to trash but which could be reutilized in a clever way; by generating other products that could help ecologically and economically. Within this context, we can find the disposal of wood and acrylic plastic that are profusely discarded on industrial production as large amounts of leftovers, not properly reutilized. Thereafter, as it is possible for the designer to act as an agent of transformation through reuse and recycling, this project has the objective of rethinking how one can reuse these materials. Through laser engraving, wood and plastic industrial leftovers are turned into brand new products, contemporary jewelry. None the less, aspects that brought the aesthetic value of these materials were explored in this methodology, which can contribute to further research regarding wood and acrylic plastic.

**Keywords:** materials reutilization, sustainability, acrylic, wood, jewel design

**Eixo Temático: Sustentabilidade / Tracks: Resíduo e Reciclagem**

**TECNOLOGIA LASER APLICADA AO DESENVOLVIMENTO DE JOIAS COM  
REUTILIZAÇÃO DE ACRÍLICO E MADEIRA**

**LASER TECHNOLOGY APPLIED ON THE DEVELOPMENT OF JEWELS WITH  
REUILIZATION OF ACRYLIC AND WOOD**

Ayrton Viana e Mariana Kuhl Cidade

**RESUMO**

Com o aumento das indústrias, os impactos ambientais causados pelo homem são cada vez mais percebidos no meio ambiente. O não reaproveitamento de materiais que vão para o descarte, produz cada vez mais um grande volume de lixo que poderia estar sendo utilizado de forma mais inteligente, gerando novos produtos e impactando positivamente em questões ecológicas e econômicas. Dentro deste contexto, encontram-se o acrílico e a madeira, que cada vez mais ocupam grande número na produção industrial e produzem uma grande quantidade de sobras que não são devidamente reutilizadas. Analisando este contexto, cabe ao designer, utilizando da tecnologia a seu favor, poder atuar como agente transformador através da reutilização e da reciclagem. Com base nesta premissa, esse trabalho tem como objetivo repensar como pode-se por meio de seu reuso e utilização de corte e gravação a laser, valorizar os resíduos de acrílico e da madeira provenientes da indústria, desenvolvendo joias contemporâneas como produto final. Como metodologia, serão explorados parâmetros que tragam o maior destaque estético do acrílico e da madeira, contribuindo com pesquisas desenvolvidas acerca deste material.

**Palavras-chave:** reutilização de materiais, sustentabilidade, acrílico, madeira, design de joias.

**ABSTRACT**

With the consistent increase in industrialization, the environmental impact caused by man is growing day by day. This fact, together with a lack on recycling, produces a growing volume of discard that goes directly to trash but which could be reutilized in a clever way; by generating other products that could help ecologically and economically. Within this context, we can find the disposal of wood and acrylic plastic that are profusely discarded on industrial production as large amounts of leftovers, not properly reutilized. Thereafter, as it is possible for the designer to act as an agent of transformation through reuse and recycling, this project has the objective of rethinking how one can reuse these materials. Through laser engraving, wood and plastic industrial leftovers are turned into brand new products, contemporary jewelry. None the less, aspects that brought the aesthetic value of these materials were explored in this methodology, which can contribute to further research regarding wood and acrylic plastic.

**Keywords:** materials reutilization, sustainability, acrylic, wood, jewel design.

## 1 INTRODUÇÃO

Desde o início dos tempos, as joias trazem consigo valores históricos, culturais, sociais e de poder. As peças são carregadas de diversos significados e ajudam a contar a evolução histórica do homem dentro de cada civilização (GOLA, 2013). A ornamentação pessoal surge ainda na pré-história, apresentando diversas peças de diferentes origens e graus de complexidade. Os adornos eram feitos com presas, pedras, conchas, ossos e outros elementos encontrados na natureza e que possuíam alto valor simbólico atrelado (GOLA, 2013; PEDROSA 2018). Mostrando, assim, que o homem cria suas peças conforme a tecnologia, os materiais disponíveis e os aspectos culturais que estão em seu ambiente (CIDADE, 2012; GOLA, 2013; SANTOS, 2013).

A joalheria contemporânea, como vista nos dias atuais, surge a partir dos anos de 1950-1970 graças a mudanças de perspectiva sobre a produção e simbolismo das joias, algo que acompanhava as transformações sociais e históricas no mundo (CIDADE, 2012; GOLA, 2013). Nesta época, houve uma ruptura de visão sobre a joalheria tradicional, que valorizava apenas materiais considerados nobres na construção das joias (GOLA, 2013). Durante estas décadas, novos designers buscaram materiais não convencionais para a criação de suas peças, como resinas e polímeros. Este período histórico foi impulsionado pela efervescência cultural e de novas prioridades que surgiam com o pós-guerra, onde havia uma aversão aos valores morais e estéticos dos anos passados e que agora focava em questionar a importância dos aspectos ambientais e ecológicos do planeta (CIDADE, 2012; GOLA, 2013).

É inegável que dentro deste contexto o papel do designer se transforma, fazendo-o refletir sobre assuntos que antes não entravam com grande relevância dentro do meio criativo. O impacto ambiental dentro da indústria e do mercado é um dos principais pontos de debate, como na publicação de *Nosso Futuro em Comum* em 1987 pela Comissão Mundial Sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (WALKER, 2006). Esta publicação é conhecida por cunhar o termo desenvolvimento sustentável, que visa o entendimento das necessidades atuais da sociedade de forma a gerar soluções que não comprometam gerações futuras (WALKER, 2006). Para isso, a compreensão da importância do desenvolvimento sustentável deve passar por 3 pilares: gestão ambiental, equidade social/justiça e economia sustentável (WALKER, 2006). Sendo assim, projetar novos produtos com a intenção de reciclar e reutilizar, surge como uma nova solução para o mundo contemporâneo.

Diminuindo o consumo de matéria-prima, em alguns casos de origem escassa ou concentrada em alguns países, haverá um impacto na economia e em aspectos políticos/sociais que se estendem até em termos de segurança nacional (ASHBY, 2016). Um grande exemplo está na extração de petróleo, que dá origem à polímeros, e as diversas lutas políticas em torno de países de menor poder governamental que sofrem com estes ataques (ASHBY, 2016). Para que a reciclagem e reuso sejam possíveis, necessita-se de um alto grau de consciência por parte do consumidor e de unidades específicas que trabalham nesse meio, como os Centros de Triagem e Reciclagem de lixo seco. Se os materiais se encontram em uma faixa de interesse do mercado, sua venda é mais fácil de ocorrer, fazendo com que haja mais procura por estes (PALOMBINI; CIDADE; DE JACQUES, 2017). O método de fabricação também é um ponto central, pois no caso de polímeros, o processo pode elevar muito o valor final do produto. A reciclabilidade é diretamente ligada a quantidade de resíduos vendidos, pois isso interfere no aumento da renda dos trabalhadores dos Centros de Triagem e Reciclagem (PALOMBINI; CIDADE; DE JACQUES, 2017).

As unidades de reciclagem classificam os materiais de acordo com o grau de reciclabilidade, garantindo a correta utilização de sua matéria-prima (SAPORTA; PELTIER, 2009). Além disso, é importante salientar que há o processo de coleta, separação, limpeza e outros fatores que influenciam nos aspectos econômicos e ambientais. Um grande exemplo de

reciclabilidade são as garrafas retornáveis, que mesmo necessitando de transporte e tratamento adequados para reutilização, não passam por novas transformações químicas ou de estrutura física para ser reinseridas no mercado (SAPORTA; PELTIER, 2009).

Os impactos ambientais que existem atualmente mostram com clareza que apenas o processo de reutilização e reciclagem dos materiais não serão soluções salvadoras senão forem considerados todos os aspectos que envolvem a concepção de um produto, passando desde a produção, distribuição, utilização, pré-produção e descarte (VEZZOLI; MANZINI, 2008). Em termos de ecoeficiência, é muito mais vantajoso pensar o processo completo de produção de um produto do que ter de remediar as consequências e impactos ambientais ao final da cadeia de uso (VEZZOLI; MANZINI, 2008).

Uma boa forma de pensar os impactos ambientais está na técnica criada durante a década de 1990, avaliando as consequências por meio de inputs e outputs (VEZZOLI; MANZINI, 2008). Quando se fala de inputs, trata-se de recursos extraídos para criação de produtos, podendo causar a exaustão de matéria-prima, criando um problema social e econômico pela falta do material para gerações futuras, além da alteração de ecossistemas, derrubada de árvores, etc (VEZZOLI; MANZINI, 2008). Já no aspecto do output, está todo o impacto causado pelo processo de transformação da matéria-prima, como a emissão de gases a atmosfera, impactando no aquecimento global (VEZZOLI; MANZINI, 2008).

Além de todos estes aspectos, a concepção de produtos industriais demanda grande gasto de energia para fabricação (ASHBY, 2016). Dados de 2014 mostram que a grande produção de energia que vemos no mundo, provém cerca de 86% de combustíveis fósseis, 7% de energia nuclear e 7% de fontes renováveis como: água, vento, ondas, biomassa, solar e fotovoltaicas (ASHBY, 2016). Dentre toda a energia produzida, a concentração de uso está em 3 grandes setores: edifícios (aquecimento, arrefecimento, iluminação), transporte e indústria (ASHBY, 2016) A geração de materiais é uma grande parte do setor industrial, consumindo cerca de 21% da energia global (ASHBY, 2016).

Dentro deste meio, este artigo tratará de um recorte voltado a dois materiais específicos: o acrílico (PMMA) e a madeira. Há 50 anos atrás, o acrílico tinha uma baixa produção e impacto ambiental, graças à pouca utilização na indústria, devido a limitações tecnológicas em sua produção. Já hoje em dia, este cenário é totalmente diferente, apresentando um crescimento constante do volume gerado, alcançando números de toneladas por ano, mesmo sendo um material de peso reduzido (ASHBY, 2016). Se comparado com o volume por ano, está na mesma faixa de produção do que os metais, materiais mais utilizados na construção civil (ASHBY, 2016). Já a madeira supera a medida de toneladas por ano dos metais, por possuir um peso cerca de 10 vezes mais leve, seu volume é imensamente maior dentro da indústria (ASHBY, 2016).

Os polímeros compreendem um vasto grupo de produtos encontrados na indústria e uma detalhada forma de explicar o processo de construção de cada um é complexo. Porém, algo em comum os conecta, a numerosa cadeia produtiva com fases intermediárias para sua concepção. São processos que demandam diversas etapas, transformando composições químicas até se chegar ao material desejado, produzindo grande impacto ambiental ao longo do processo, com a emissão de gases e de toxinas (HAMERTON; EMSLEY; AZAPAGIC, 2003).

Neste artigo o foco será apenas no setor de descarte, onde se aplicam processos de reciclagem ou reuso de materiais para diminuir o impacto ambiental. Quando se fala de reuso, é possível que um produto possa ser dividido em partes reutilizado de forma independente ou até mesmo ser re-manufaturado para ser utilizado como novo (VEZZOLI; MANZINI, 2008). Já sobre reciclagem, há dois ciclos: ciclo aberto e ciclo fechado. O ciclo aberto trata de materiais que são direcionadas a sistemas de produção de diferem do original. Já o ciclo fechado trata de materiais que retornam a mesma cadeia de produção do qual surgiram, podendo ser recombinados com outros materiais ainda não utilizados (VEZZOLI; MANZINI, 2008).

Independente da facilidade de reciclagem ou reutilização destes materiais no meio industrial, este artigo busca mostrar uma nova solução, por meio da joalheria. Assim, além de reutilizar os materiais a partir do descarte, ainda visa a sua valorização do ponto de vista simbólico e comercial quando transforma algo que é considerado sobra em uma peça de joalheria.

## 2 JOALHERIA E CONTEMPORANEIDADE

A joalheria é conectada com a história da civilização, desde a pré-história, onde os povos utilizavam elementos da natureza a seu alcance para enfeitar seu corpo com adornos feitos de conchas, madeiras, dentes de animais, entre outros (GOLA, 2013; PEDROSA 2018). Além disso, essas joias rudimentares possuíam valor político e social, atrelado fortemente a representações culturais (CIDADE, 2012; GOLA, 2013; SANTOS, 2013).

Adornos são peças geralmente utilizadas no corpo, com valor estético e simbólico, podendo ser de caráter religioso, status, classe social, grupo, etc (GOLA, 2013; PEDROSA 2018). Um grande exemplo disso são os amuletos, utilizados por povos como no Egito Antigo, simbolizando proteção entre outras abordagens por quem o usa (GOLA, 2013). É comum ver joias conectadas a valores místicos e exotéricos, sendo símbolos centrais de conhecimento ou de aspectos negativos como bruxaria, ao longo da história (GOLA, 2013).

As joias conforme o passar do tempo se desenvolvem em paralelo com o crescimento tecnológico e descobrimento de novas formas de se obter e explorar matérias primas (CIDADE, 2012; GOLA, 2013; SANTOS, 2013). Com novas máquinas e ferramentas, como o advento do laser, utilizado na soldagem, gravação e corte, as peças ganham cada vez mais facilidades em sua produção (CIDADE, 2012).

Como citado anteriormente, o processo de criação de uma joia pode vir de diversas formas, de acordo com o intuito e objetivo do artista. O processo inicial geralmente surge com a escolha da matéria prima, os equipamentos utilizados e ferramentas necessárias. A partir disso, começa o processo de criação, conceituação e definição dos desenhos, até a peça final, modelada geralmente em programas dedicados para geração 3D. O processo de fabricação pode ser feito por meio de ourivesaria (modelo em metal), modelagem (modelo em cera) ou prototipagem (modelo em resina). Em caso de peças desenvolvidas em série, é criado um molde em metal ou resina, já em peças únicas, o processo de ourivesaria/acabamento é estabelecido. Assim as peças são finalizadas e exportadas para o consumidor finais, por meio da etapa de distribuição (SANTOS, 2013).

Muitas vezes o artista trabalha pensando apenas nessa cadeia de criação, levando em conta sua participação apenas até o momento de distribuição, sem pensar em fases posteriores, como descarte, reciclagem ou reutilização futuras, algo que começou a ser modificado nas décadas de 50 até 70. Está época foi vital para trazer novas visões de mundo que acabaram impactando automaticamente na forma de se pensar e fazer joalheria. Com o crescimento do movimento da psicodelia, de movimentos artísticos como a OP Art, novas estéticas são exploradas por artistas como o francês Paco Rabane, que introduz abordagens de “antimoda” em suas peças. Paco Rabane tem em uma de suas contribuições mais famosas a concepção de joias de polímero luminoso, criadas para dialogar com a personalidade das mulheres. Além disso ele experimentou diversos outros materiais que fugiam da abordagem clássica da joalheria, como: madeira, papel e até mesmo PVC (GOLA, 2013; SANTOS, 2013).

Muitos designers atualmente seguem a mesma linha de pensamento de Paco Rabane, partindo para criação de produtos e novas soluções que visam o olhar da reciclagem e da reutilização. A combinação com novas tecnologias, abre espaço para transformação de materiais e produtos finais em novas matérias-primas, criando inovações e repensando a

indústria e sua cadeia produtiva. A figura 1 exemplifica alguns modelos de joias produzidas com materiais descartados como elemento principal.

Figura 1 – Joalheria e contemporânea e sustentabilidade: (A) brinco de acrílico preto com detalhe em laminado de madeira de Raquel Borba; (B) brinco de acrílico em camadas de José Desjardins; (C) pingente de resina Epoxy e madeira da empresa Etsy.



Fonte: Tanlup (2018), Desjardins e Etsy (2018)

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS APLICADOS

A escolha dos materiais objetos de estudo deste trabalho - o acrílico e a madeira - foram realizados com base em pesquisas teóricas, entrevistas e conversas com profissionais na área (Figura 2).

Figura 2 – Industrias visitadas para coleta dos materiais reutilizados: (A e B) Empresa onde foram retiradas as sobras de madeira; (C e D) Depósito da empresa de acrílicos.



Fonte: Autores (2018)

Por meio de visita à fábrica Sul Acrílicos, que produz e distribui acrílico em Santa Maria-RS e região central do estado, pode-se perceber os processos de fabricação e de descarte do material, que em sua grande maioria é descartado por meio de retalhos e sobras das “folhas” projetadas para clientes finais. O mesmo processo de visita ocorreu na madeireira JP Madeiras também localizada em Santa Maria-RS. Sobre a madeira, as sobras muitas vezes são transformadas em serragem ou são utilizadas como lenha. Dentro da gama das madeiras, existem diversos tipos que circulam dentro da indústria, onde aquelas possuem maior venda e utilização no mercado em larga escala – segundo os próprios trabalhadores da madeireira - são: angelim manteiga, angelim ferro, cedrinho, cedro mará, pinus e eucalipto. Os dois últimos possuem grande relevância dentro da indústria, pois são materiais de bom custo-benefício, baixo tempo de crescimento em comparação a outras madeiras quando plantadas, e ainda servem de matéria prima para outros materiais muito utilizados que são o MDF (Medium Density Fiberboard) e o MDP (Medium Density Particleboard).

O acrílico ou polimetil-metacrilato (PMMA) é um material que foi descoberto durante 1930 na Inglaterra por Rowland Hill e John Crawford na Indústria Imperial Química que deu ao material o nome e marca registrada de Perspex (BRITANNICA, 2018). O acrílico é um material termoplástico rígido, transparente e incolor em sua forma básica, mas que pode ser encontrado com diversas cores de acordo com a necessidade (BRITANNICA, 2018). Sua fórmula química é  $(C_5H_8O_2)_n$  com temperatura de fusão  $130^\circ C$  ( $266^\circ F$ ), temperatura típica do molde de injeção  $79-107^\circ C$  ( $175-225^\circ F$ ), temperatura de deflexão térmica  $95^\circ C$  ( $203^\circ F$ ) em  $0.46$  MPa (66 PSI) e força flexural  $90$  MPa (13000 PSI) (CREATIVE MECHANISMS, 2018). Em 1930 já havia a comercialização do acrílico, conhecido como Perspex e Plexiglas, sendo o segundo construído com PMMA entre duas camadas de vidro, onde o polímero se separou criando uma folha transparente que foi registrada com este nome (BRITANNICA, 2018). A DuPont é considerada a primeira grande fábrica a lançar uma marca, chamada Orlon, que produzia acrílico em escalas comerciais de alto alcance (BRITANNICA, 2018).

Para a criação do acrílico, o processo de fabricação advém do metacrilato de metilo que é polimerizado a granel ou com métodos de suspensão utilizando iniciadores de radicais livres (BRITANNICA, 2018). Por meio da repetição de polímero, sua estrutura é:  $(C_5O_2H_8)_n$ . A presença dos grupos metílicos pendentes ( $CH_3$ ) evita que as cadeias poliméricas se compactuem intimamente de uma forma cristalina e rodem livremente em torno das ligações carbono-carbono e como resultado, o PMMA se torna um plástico transparente e rígido (BRITANNICA, 2018).

Sendo assim, o acrílico é visto como um substituto ideal para o vidro, por possuir maior resistência, bom comportamento perante a radiação ultravioleta e ao clima, segurança e possui peso menor que a metade em relação ao peso do vidro (ASSOCIATED PLASTICS, 2018).. Além disso o acrílico possui 93% de transparência após a fabricação, sendo o material com maior índice que conhecemos (BRITANNICA, 2018; ASSOCIATED PLASTICS, 2018).

Entre as aplicações de maior sucesso estão os sinais luminosos para publicidade. O PMMA também é usado em cercados de piscinas, coberturas de aeronaves, painéis de instrumentos e tetos luminosos. Para estas aplicações, o polímero é vendido na forma de chapas que são usinadas ou termoformadas, mas também é moldado por injeção em faróis, lanternas e coberturas de iluminação conhecemos (BRITANNICA, 2018; ASSOCIATED PLASTICS, 2018).

Atualmente o acrílico é obtido principalmente a partir do propileno, composto refinado a partir das frações mais leves do petróleo bruto (CREATIVE MECHANISMS, 2018). Propileno e benzeno reagem juntos para formar cumeno ou isopropilbenzeno; o cumeno é oxidado em hidroperóxido de cumeno, tratado com ácido para criar acetona; a acetona é transformada em um processo de três etapas para metacrilato de metila ( $CH_2 = C [CH_3] CO_2CH_3$ ), um líquido inflamável (BRITANNICA, 2018; CREATIVE MECHANISMS, 2018).

O metacrilato de metilo, em forma líquida é suspenso na forma de gotículas finas em água, e é polimerizado (suas moléculas são unidas em grande número) sob a influência de iniciadores de radicais livres para formar PMMA sólido (BRITANNICA, 2018; CREATIVE MECHANISMS, 2018).

Já a madeira é utilizada pelo homem desde o início dos tempos, já que provem de um ambiente natural e possui uma grande versatilidade de aplicação e de tipos ao redor do mundo. Dentre os tipos de madeira, aquelas que mais se destacam são as chamadas madeira de lei, sendo utilizadas para construções civis, por exemplo, devido a sua grande resistência a humidade e interpéries (ASHBY, 2016). Outros tipos de madeira, consideradas inferiores, são utilizadas em maior escala dentro da indústria, como o eucalipto, que vem para substituir as madeiras de lei devido a seu menor valor de mercado e maior facilidade de obtenção (VENTUROLI, 2018). Segundo Ashby (2016), mesmo a madeira possuindo um peso muito menor (em média 10 vezes) do que os metais utilizados largamente nos setores de construção civil, o volume produzido de peças de madeira para diversos usos na indústria, entre elas a moveleira, é equivalente, o que gera uma grande quantidade de sobras que são descartadas, gerando uma perda massiva de uma potencial matéria prima valiosa. Além disso, existe o aspecto de sustentabilidade atrelado ao início do ciclo de vida do material, onde Ashby (2016) exemplifica por meio dos impactos ambientais, como massiva plantação de alguns tipos de árvores prejudicam o ambiente onde estão inseridas, pois empobrecem o solo, gerando a escassez máxima do potencial natural deste local. Sendo assim, utilizar do eucalipto como matéria prima para o desenvolvimento da joia surge como uma forma de solucionar o descarte deste material, reutilizando-o e gerando um novo ciclo de vida para o mesmo (Figura 3).

Figura 3 – Materiais separados e filtrados para posteriormente serem testados



Fonte: Autores (2018)

Para a produção dos componentes de conexão da peça, foi utilizado a prata como material complementar, devido a sua viabilidade econômica e qualidade do material. Com a utilização da prata complementar a madeira e o acrílico, há uma caracterização de um peça final de joia contemporânea.

A prata (Ag) é um dos metais nobres mais utilizados na joalheria devido a sua manuseabilidade, versatilidade, brilho, reflexão, entre outros aspectos (SANTOS, 2013). As propriedades físicas da prata são aperfeiçoadas quando este metal é combinado com outros,

principalmente o cobre, gerando ligas mais resistentes e que ainda preservam as características principais da prata (SANTOS, 2013). Para a confecção da jóia, foi escolhida a utilização da prata britânica (prata 950), formada por 95,8% de prata 950 na composição final (KLIAUGA; FERRANTE, 2009).

### 3.1 TECNOLOGIA LASER

A tecnologia laser (light Amplified by Stimulated Emission Radiation) é caracterizada por ser uma forma rápida e precisa de corte e gravação em peças de joalheria. Desde seu advento em 1960, o laser é altamente utilizado dentro da indústria, funcionando com uma fonte de luz, eletromagnética, que forma milhões de pontos gerando a forma do objeto a ser cortado, gravado ou soldado (CAMARGO; CIDADE, 2017; CIDADE, 2012).

O laser permite que o usuário controle a energia aplicada, além da velocidade, sendo encontrado em 3 tipos: gasoso, sólido e líquido. Quando falamos de joias, os mais utilizados são o gasoso e o sólido (CIDADE, 2012).

A tecnologia laser CO<sub>2</sub> pode ser vista em duas formas quando aplicados: plotter e galvanométrico (CIDADE, 2012; THOMPSON, 2011; HECHT; TERESI, 1998;). O tipo plotter, é um equipamento de óptica móvel que trabalha paralelamente a superfície aplicada, por meio do deslocamento do canhão do feixe de luz (CAMARGO; CIDADE, 2017; CIDADE, 2012). Este tipo é mais utilizado em projetos com grandes dimensões, pois tem alto grau de controle ao percorrer a extensão sem perder o foco da peça (CIDADE, 2012).

O tipo galvanométrico é muito importante pois possui alta precisão e rapidez. Ele funciona por meio da movimentação de dois espelhos, com eixos independentes, direcionando o feixe de radiação a uma lente que focaliza na superfície do material (CIDADE, 2012). Neste tipo, é importante analisar a lente a ser utilizada e a distância dela sobre a superfície que será aplicada (CAMARGO; CIDADE, 2017; SANTOS, 2013; CIDADE, 2012).

Para o corte e gravação das peças de acrílico e madeira, foi utilizado o laser do tipo plotter, modelo EXLAS-X4 da marca Jinan XYZ Machinery LLC, localizado no Centro de Artes e Letras, na Universidade Federal de Santa Maria com potência fixa de 40W, sendo a potência juntamente com a velocidade os dois parâmetros principais na correta utilização do laser (CIDADE, 2012).

Quanto maior a potência do feixe de luz aplicado pelo laser sobre a superfície, mais profundo será o corte. Já a velocidade é responsável pelo tempo de aplicação, pois quanto menor a velocidade maior será o corte e quanto maior a velocidade mais haverá uma tendência de gravação sob o material (CIDADE, 2012; CIDADE et al., 2016).

### 3.2 DESENVOLVIMENTO DOS TESTES

Para o desenvolvimento dos testes foram estabelecidos alguns parâmetros importantes para regular e auxiliar no registro do processo de fabricação. O primeiro deles foi a potência fixa de 40W, permitindo apenas que a velocidade seja variável de acordo com a necessidade de corte ou gravação, além da análise de quais medidas de velocidade melhor se encaixam sobre o acrílico e a madeira. O desenho escolhido para a fabricação da joia foi desenvolvido partindo de um painel de referências que tratam da estética afro futurista.

Buscou-se por meio deste desenho, juntamente com os materiais escolhidos para a fabricação, uma conexão com a estética e o simbolismo atrelado ao acrílico e a madeira na concepção da joia. Sendo assim, definiu-se o desenvolvido de uma joia complementar, criando

uma espécie de brinco que pode ser utilizado apenas ao ser encaixado em um alargador já existente na orelha do usuário (Figura 4).

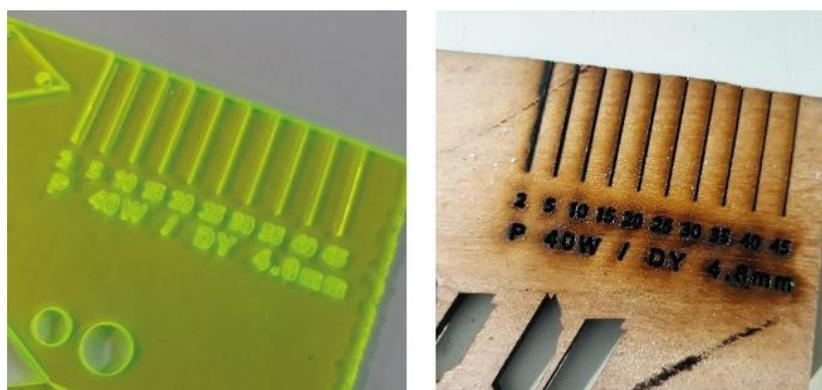
Figura 4 – Estética Afro futurista: (A) painel de referências; (B) Desenho escolhido para confecção da joia, com vista frontal e lateral



Fonte: Autores (2018)

Com o desenho definido e os parâmetros estabelecidos, partiu-se para os testes de corte e gravação das peças componentes da joia final. Como auxílio de um gabarito, visto na figura 4 abaixo, pode-se perceber quais eram as melhores medidas de velocidade aplicadas sobre o acrílico e o eucalipto. O gabarito traz uma escala que exemplifica o crescimento da velocidade através de número múltiplos de 5, criando um padrão de medida mais coeso. Sendo assim, foi definido uma escala total de 5mm/seg até 95mm/seg na peça de madeira e de 5mm/seg até 45mm/seg nas peças de acrílico (Figura 5).

Figura 5 – Exemplos dos gabaritos com padrões para corte e gravação do acrílico e da madeira



Fonte: Autores (2018)

A partir deste padrão, pode-se perceber que velocidades inferiores a 10mm/seg, produziam queimas indesejadas na peça de madeira durante o processo de corte, enquanto que velocidades acima de 85mm/seg produziam padrões mais desejados a gravação, gerando linhas mais superficiais e com queima reduzida, trazendo maior acabamento. A peça de eucalipto possui cerca de 7,5mm de espessura, necessitando assim de velocidades menores de corte para

que o feixe de luz possa atravessar todo o material, dando mais tempo ao processo de corte da peça desejada.

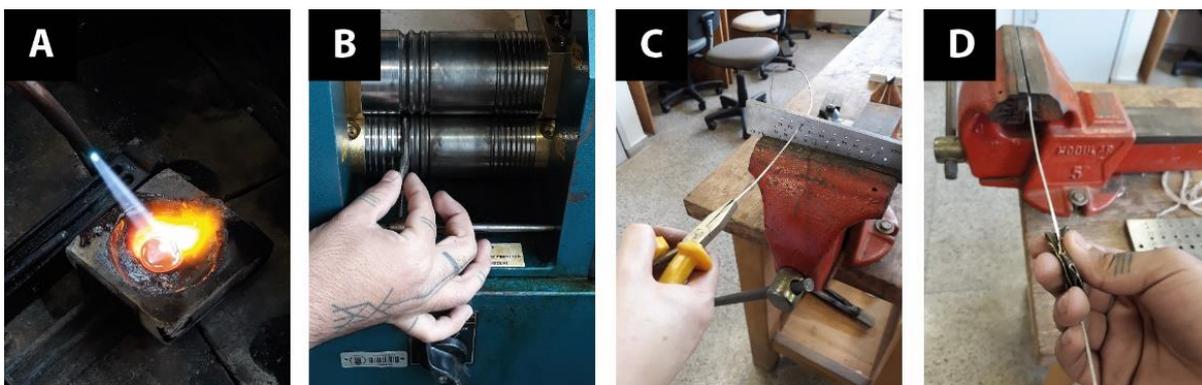
Para o corte das peças de acrílico, foram definidos padrões semelhantes a madeira, porém aqui as lâminas possuíam menor espessura, sendo uma variável importante no processo de análise das velocidades de corte. Com cerca de 3mm de espessura, pode-se utilizar velocidades maiores no processo de corte de material, já que o feixe de luz do laser não precisa cortar de forma tão profunda quanto a peça de madeira anterior. Desta forma, foram as velocidades acima de 30 mm/seg que apresentaram resultados mais satisfatórios no corte do acrílico.

#### 4 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DA JOIA

A partir dos testes desenvolvidos no corte e na gravação das peças de madeira e de acrílico, foi definido que a joia complementar precisava de argolas de conexão construídas com fios de prata, além de um gancho para o encaixe no orifício do alargador do usuário.

Para o processo de fabricação da argola e do gancho, uma liga metálica de prata (Ag 950) foi fundida com o uso de um maçarico de Oxiacetileno (Figura 6 A), sendo na sequência, colocado sob uma lingoteira. Após resfriar, o lingote fundido passou pelo processo de laminação em 4 estágios, alongando-o, deixando com uma forma mais próxima ao fio desejado (Figura 6 B). Na sequência, a chapa de metal foi passada pela fieira, buscando cada vez mais o seu afinamento e redução na espessura (Figura 6 C). Para finalizar o processo de construção do fio, ouve um processo de lixamento com lixas de diversas granulometrias, dando melhor acabamento e chegando a espessura desejada de 1,4 mm, adequada para passar pelos furos no acrílico (Figura 6 D).

Figura 6 – Processos: (A) Fundição e criação do lingote; (B) Laminação em 4 estágios; (C) Passagens pela Fieira (D) Processo de lixamento com diversas granulções



Fonte: Autores (2018)

Com o processo de construção do fio finalizado, foi utilizado um arco de serra para recorte do formato desejado para a argola e o gancho de conexão. Utilizando de lixas, foi novamente passado por um processo de acabamento e polimento, finalizando a fabricação das peças de prata e partindo para a montagem com as peças de acrílico em conexão com as peças provenientes de cortes no eucalipto.

Figura 7 – Finalização e encaixe: (A) Peças de acrílico já cortadas esperando a montagem; (B) Utilização do arco de serra; (C) Construção da argola e do gancho (D) Primeiro estágio de montagem da joia



Fonte: Autores (2018)

Com as peças de acrílico e de madeira já recortadas e gravadas, a última etapa passou pelo processo de encaixe e colagem dos componentes da joia. A cola utilizada foi a TEK BOND 793, um adesivo multiuso utilizado amplamente nos setores moveleiros e industriais. Esta cola pode ser utilizada em temperaturas que variam de  $-55^{\circ}\text{C}$  até  $80^{\circ}\text{C}$  e possui cerca de 20 segundos de tempo de inicialização de cura da colagem, levando 24h para cura total (TEK BOND, 2018).

Com a base pronta, as peças de madeira foram coladas ao acrílico em 3 faces diferentes, aumentando as áreas de contato e garantido maior durabilidade e segurança a estrutura da joia. Após a colagem da madeira, as outras peças de acrílico foram encaixadas e também coladas, tomando cuidado para que a cola não reagisse quimicamente de forma a deixar o acrílico com o aspecto visual degradado.

Figura 8 – Montagem e uso: (A) Montagem final da joia; (B) Teste de usabilidade; (C) Detalhes da joia finalizada



Fonte: Autores (2018)

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Após a efetuação dos testes, pode-se perceber que os melhores parâmetros para o corte da madeira foram de 40W de potência com 15mm/seg de velocidade de corte. Já para gravação da mesma, foi utilizado o valor fixo de 40W de potência, mas com 95mm/seg de velocidade, diminuindo assim a queima do material e deixando os detalhes desejados com acabamento mais fino. Já os parâmetros utilizados para o corte das peças de acrílico, foram de 40W de potência com 40mm/seg de velocidade, deixando basicamente nenhum resquício visível de queima no processo de corte do material. Lembrando que, a espessura da madeira de 7,5mm em comparação com 3mm das peças de acrílico influencia diretamente na definição destes valores. Os outros parâmetros testados apresentaram resultados insatisfatórios, mostrando uma queima excessiva do material, por exemplo, descaracterizando o desenho inicial para a joia projetada.

Com a utilização destes métodos de exploração da madeira e do acrílico, aliado a prata como material complementar, pode-se perceber que é possível manipulá-los e reutilizá-los, trazendo novos valores a sobras destes materiais. Utilizando processos tradicionais de joalheria, aliado a soluções diferentes, como a utilização do laser, é possível desenvolver joias que tenham alto valor estético, durabilidade e que ainda ajudem a preservação do meio ambiente, por meio de novas soluções criativas.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os testes realizados com a madeira e o acrílico vindos do descarte de grandes indústrias de Santa Maria-RS, foram importantes para demonstrar que é possível a produção de joias valorosas com a reutilização de materiais sem transformações químicas ou processos de alto dano ambiental. A reutilização destes materiais, promove soluções que auxiliam de forma direta o meio ambiente pois trazem resíduos considerados como sobras sem utilidade a um novo formato de vida útil. A partir da construção de joias com materiais inusitados, há uma renovação do ciclo de vida, criando uma nova cadeia produtiva a algo que já era visto como descartado, reduzindo o lixo produzido pelas indústrias e gerando novos objetos de consumo de valor econômico.

Sendo assim, nota-se que o designer possui papel central na construção de novas soluções criativas, gerando produtos que visam a redução do impacto ambiental e o reaproveitamento de materiais, mostrando que é viável que novas formas de se pensar a vida útil dos objetos de forma mais sustentável e que preserve o meio ambiente.

Por meio desta pesquisa, foi possível unir as soluções utilizadas nos métodos de fabricação tradicional de joalheria de encontro a aplicação sobre materiais inusitados como o acrílico e a madeira. Como sugestão para trabalhos futuros, com relação a projetos de pesquisa com temáticas semelhantes a este artigo, indica-se a realização de mais testes a fim de reduzir ainda mais a utilização de produtos intermediários como a cola para união das peças, buscando talvez soluções por meio apenas de encaixes, reduzindo assim a utilização de produtos químicos danosos ao meio ambiente.

## **AGRADECIMENTOS**

A madeireira JP Madeiras e a indústria de acrílicos Sul Acrílicos, ambas localizadas na cidade de Santa Maria/RS.

## REFERÊNCIAS

- ASHBY, Michael F. **Materials and Sustainable Development**. Cambridge: Elsevier, 2016.
- ASSOCIATED PLASTICS. **What is Acrylic?** Disponível em: <<https://goo.gl/QBgMi1>>. Acesso em: 15 mai. 2018.
- BRITANNICA. **Acrylic Polymers**. Disponível em: <<https://goo.gl/xNVeJ9>>. Acesso em: 15 mai. 2018.
- CAMARGO, K. R.; CIDADE, M. K. **Tecnologia Laser Aplicada ao Desenvolvimento de Joias com Reutilização da Borracha EPDM**. In: 6º Fórum Internacional Ecoinnovar. **Anais...** Santa Maria: 2017.
- CIDADE, Mariana Kuhl. **Caracterização e padronização do processo de gravação a laser em ágata aplicado ao design de joias**. Dissertação de mestrado, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Design, UFRGS, Porto Alegre-RS, 2012.
- CIDADE, Mariana Kuhl; PALOMBINI, Felipe Luis; LIMA, Natasha Fonseca Fernandes; DUARTE, Lauren da Cunha. **Método para determinação de parâmetros de gravação e corte a laser CO2 com aplicação na joalheria contemporânea**. Design e Tecnologia, Porto Alegre, v. 6, n. 12, p. 54-64, 2016.
- CREATIVE MECHANISMS. **Everything You Need To Know About Acrylic (PMMA)**. Disponível em: <<https://goo.gl/QgoR59>>. Acesso em: 15 mai. 2018.
- GOLA, Eliana. **A joia: história e design**. São Paulo: Senac São Paulo, 2013.
- HAMERTON, Ian; EMSLEY, Alan; AZAPAGIC, Adisa. **Polymers, The Enviroment and Sustainable Development**. Guildford: Wiley, 2003.
- HECHT, Jeff; TERESI, Dick. **Laser: light of a million uses**. New York: Dover Publications, 1998.
- KLIAUGA, Andréa Madeira; FERRANTE, Maurizio. **Metalurgia básica para ourives e designers: do metal à joia**. São Paulo: Blücher, 2009.
- MANZINI, Ezio; VEZZOLI, Carlo. **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis**. 1. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.
- PALOMBINI, F. L.; CIDADE, M.K.; DE JACQUES, J. J. How Susteintable is organic packaging? A design method for recyclability assessment via a social perspective: A case study of Porto Alegre city (Brazil). **Journal of Cleaner Production**, v.142, p. 2593-2605, jan. 2017.
- SANTOS, Rita. **Joias - Fundamentos, Processos e Técnicas**. São Paulo: Senac, 2013.
- SAPORTA, Henri; PELTIER, Fabrice. **Design Sustentável: Caminhos Virtuoso**s. São Paulo: Senac São Paulo, 2009.
- TEKBOND. **Produtos**. Disponível em: <<http://www.tekbond.com.br/produtos/>>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- THOMPSON, Rob. **The manufacturing guides: prototyping and low-volume production**. London: Thames & Hudson, 2011.
- VENTUROLI. **O Eucalipto**. Disponível em: <<https://goo.gl/cgoYN2>>. Acesso em: 28 jun. 2018.
- WALKER, Stuart. **Sustainable by Design: Explorations in Theory and Practice**. London: EarthScan, 2006.