

Projeto de Produto Sustentável: reutilização de borracha de câmara de pneu aliado à tecnologia laser para o desenvolvimento de joias

Sustainable Product Design: reuse of rubber from inner tube combined with laser technology for jewelry development

Ana Paula Palhano, graduanda em Desenho Industrial, UFSM

ana.palhano@acad.ufsm.br

Mariana Kuhl Cidade, Prof^ª Dra., UFSM

mariana.cidade@ufsm.br

Resumo

Alguns materiais descartados são problemáticos para o meio ambiente, como câmaras de pneus de bicicleta. O designer, profissional capaz de desenvolver soluções criativas para diferentes problemas, pode remodelar esse contexto na união de seus conhecimentos, com tecnologias e a reutilização de materiais. Com isto, esse artigo tem como objetivo reutilizar as borrachas das câmaras utilizando o corte e gravação a laser CO₂ para o desenvolvimento de joias contemporâneas. Foram padronizadas configurações a laser de potência, velocidade e de proximidade de linhas, através de testes, para uma uniformidade. Com os resultados alcançados desta padronização, foram fabricados três braceletes.

Palavras-chave: Joalheria; Reutilização; Laser CO₂

Abstract

Some discarded materials are problematic for the environment, such as bicycle inner tubes. The designer, a professional capable of developing creative solutions to different problems, can change this context by combining his knowledge with technologies and the reuse of materials. This paper aims to reuse the rubbers from inner tubes by means of CO₂ laser cutting and engraving for the development of contemporary jewelry. Laser configurations of power, speed and line proximity were standardized, through tests, for uniformity. With the results achieved from this standardization, three bracelets were manufactured.

Keywords: Jewelry; Reuse; CO₂ laser

1. Introdução

Atualmente, muito se tem discutido a respeito do desenvolvimento sustentável e em tudo que ele representa. É notório que o estilo de vida e até mesmo o tipo de consumidor/cliente, em diversos lugares do mundo tem sido moldado de acordo com os princípios de menor impacto ao meio ambiente. Isso se deve ao fato de que as pessoas têm mais acesso à informação, e com isso, podem levar em conta diversos aspectos sobre determinada empresa ou produto, para escolher o que consumir. Nesse sentido, diversas empresas/indústrias vêm adaptando seu modo de trabalhar e se reinventando para atender a esse tipo de público, o que inclui mudanças em seus planos estratégicos a fim de obter vantagem competitiva (WALCHHUTTER; KALIL HANNA e SOUZA, 2019). A exemplo, tem-se grandes marcas como a Natura[®], Insecta Shoes[®], Revoada[®] e inúmeras outras, que possuem como foco o cuidado com o meio ambiente, seja reciclando e reutilizando materiais, reduzindo impactos em sua produção, ou pensando em um ciclo de vida de seus produtos.

Apesar dessas empresas ocuparem um espaço considerável e de atingirem um público numeroso, não se pode pensar no desenvolvimento sustentável sem considerar os investimentos do poder público nessa área. Isso se torna um problema a partir do momento em que não ocorra tal investimento, fazendo com que apenas empresas ou pesquisas científicas sejam responsáveis por mudar todo um sistema de compra e venda, que vem sendo construído desde o advento da Revolução Industrial. Com isso, além do investimento na causa, tornam-se necessárias cada vez mais pesquisas no ramo do design de produtos sustentáveis, que tendem a ser produtos que foram pensados para gerar o menor impacto ambiental possível. Produtos sustentáveis consideram especialmente o fator ecológico, ainda que não considere apenas este para serem projetados. Ao considerar o meio ambiente em um projeto, deve-se desenvolvê-lo levando em conta as estratégias do design para o ciclo de vida, descritas por Manzini e Vezzoli (2008), sendo uma delas a “extensão da vida dos materiais - projetar em função da valorização (reaplicação) dos materiais descartados”.

Dessa forma, esta pesquisa vem ao encontro de possíveis alternativas para a reutilização de um material considerado problemático: a borracha EPDM (monômeros de dieno, copolimerizados com etileno-propileno). Utilizada na fabricação de câmaras de pneus de bicicleta e veículos leves, esta é caracterizada atualmente por descartes inadequados em aterros sanitários ou demais locais inapropriados, sendo responsável pelo acúmulo de lixo, aumentando os índices de resíduos sólidos no Brasil (ABRELPE, 2019; RODRIGUES JORGE, FERREIRA e CLARO NETO, 2004; RECICLOTECA, 2020). Ademais, a borracha EPDM é considerada um material problemático devido a sua dificuldade em ser reciclada, necessitando de muitos recursos e não sendo de interesse comercial (FANG, ZANG e WANG, 2001). Isso tudo, atrelado ao não investimento em reciclagem e reutilização dos materiais problemáticos no mesmo nível que materiais de interesses comerciais, acaba por se tornar um problema público, além de representar um desafio para designers no país. De forma geral, o design é responsável por ressignificar produtos, materiais, técnicas de fabricação e até mesmo a cultura material de uma nação. Portanto, o papel do designer de produtos é justamente mudar a realidade de descaso com o meio ambiente e projetar produtos que reduzam o descarte incorreto, ampliando sua vida útil por meio da reciclagem e/ou reutilização, fato que contribui para a redução de retirada de recursos naturais e aumento da longevidade de aterros sanitários ou lixões. Especificamente na área da joalheria, por ter sido, até pouco tempo, de certa forma conservadora e fiel aos materiais e técnicas

tradicionais, é imprescindível o pensar ecológico e a ressignificação de valores, presentes na joalheria contemporânea. Paralelo a isso, o uso de técnicas de fabricação, como o corte a laser, vem sendo utilizadas em pesquisas cujo objetivo é a reciclagem ou reutilização de materiais problemáticos (CIDADE *et al.*, 2016; CAMARGO *et al.*, 2018), vindo ao encontro do que esta se propõe. Visando ressignificar materiais no contexto da joalheria contemporânea, utilizando-se do corte e gravação a laser e da reutilização da borracha EPDM, este artigo tem por objetivo contribuir com as pesquisas no ramo do design de produtos sustentáveis, cujos materiais são considerados problemáticos.

2. Produtos sustentáveis

Há na humanidade, segundo Silva (2017), uma tendência em se produzir apenas produtos petrolíferos e químicos sintéticos, dados os seus custos mínimos de produção. Por outro lado, Silva (2017) relata que existem alternativas crescentes de materiais reciclados ou recicláveis assim como equipamentos mais sustentáveis. Isso mostra o enorme potencial dessa nova forma de desenvolver produtos. Atualmente, o mercado de produtos sustentáveis está se intensificando, atraindo cada vez mais os consumidores conscientes e empresas a investirem neste ramo. Conforme Vezzoli e Manzini (2008), nos últimos 50 anos, a humanidade tem enfrentado um período de grandes mudanças ambientais que estão sendo encaradas, também, como de senso comum às pessoas. Existem inúmeros exemplos, nacionais e internacionais, tanto em termo de produtos, como até em alimentos com esta mesma pegada ecológica, livre de embalagens e de agrotóxicos. Dentre eles, podemos citar a rede americana *Whole Foods Market*[®] que conta com uma linha própria de produtos alimentícios orgânicos e de beleza com ingredientes naturais, introduzindo embalagens sustentáveis. Já na área de produtos, podemos citar algumas marcas (Figura 1), como as empresas Nimble[®] e Pela[®], com o desenvolvimento de *cases* recicláveis para aparelhos celulares (Figura 1 A, B e C), a Adidas[®] que, em parceria com a Parley[®], faz o recolhimento de garrafas PET dos oceanos e fabrica produtos diversos para o vestuário (Figura 1 D e E); e algumas empresas que reutilizam a borracha EPDM, como a Revoada[®] que desenvolve mochilas e bolsas com câmeras de pneu e tecidos de guarda-chuvas (Figura 1 F e G). No ramo da joalheria, diversas mudanças decorrem ao longo dos últimos anos no sentido de romper com amarras conservadoras. No entanto, tal mudança ocorre de forma a unir técnicas e materiais tradicionais a um novo pensamento, não apenas reinventando-se, mas introduzindo novas experiências. A diversidade formal e conceitual, bem como a afluência aos fluxos da moda e a substituição da relevância material pelo valor da tendência e do design, para Cidade *et al.* (2016), qualifica a joalheria contemporânea. De forma geral, ela representa a inclusão de materiais inusitados, como polímeros, cerâmicos, madeiras, couros, fibras, sementes, e diversos outros (CIDADE, 2016 *et al.*; CIDADE; PALOMBINI; KINDLEIN JÚNIOR, 2015). Neste sentido, materiais recicláveis e/ou reutilizados também estão sendo inseridos no ramo da joalheria (Figura 1 H, I e J). Mesmo sendo um objeto de dimensões restritas, as joias possuem um apelo emocional, cultural e simbólico para quem as utiliza, sendo sempre vendável e apreciado.

A borracha EPDM também foi introduzida no âmbito da joalheria e de produtos, por ser um material flexível, resistente ao desgaste e intempéries. Contudo, muitas vezes as peças são produzidas sem este foco da reutilização, e sim com materiais virgens vendidos no comércio. Além disso, encontramos produtos em borracha com a aplicação da tecnologia

laser, onde usualmente é adicionado somente a opção de corte das peças, sem a utilização da gravação.

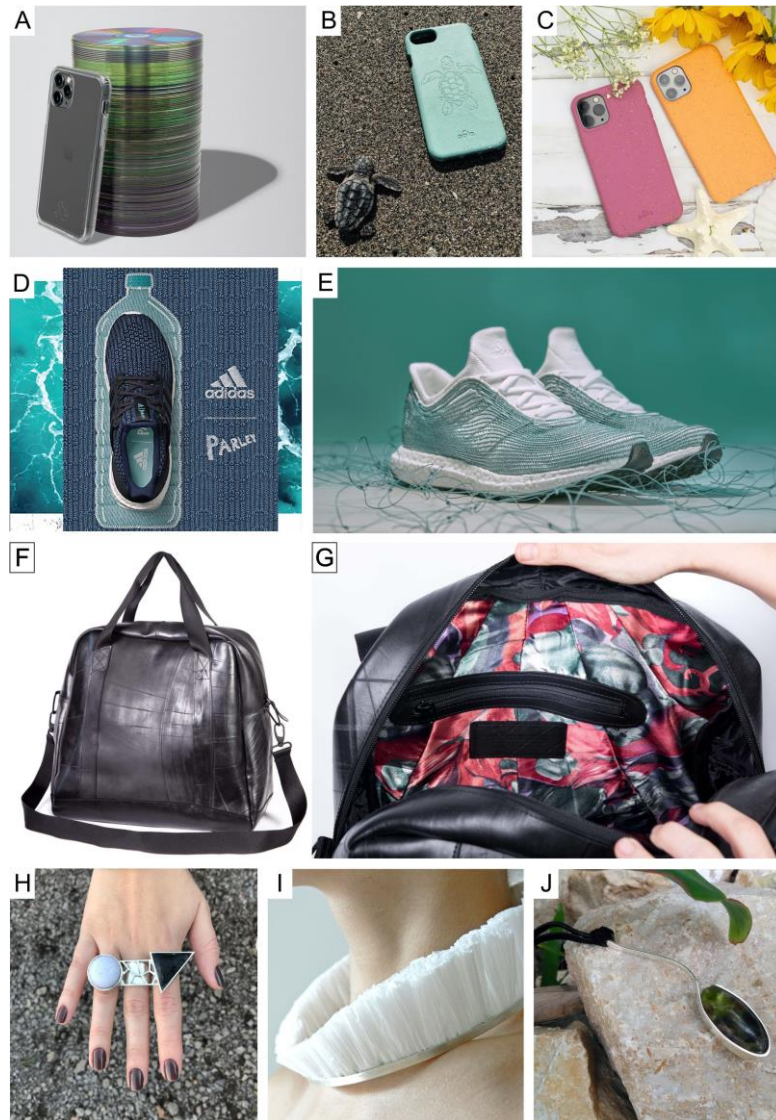


Figura 1: Produtos Sustentáveis, onde em (A) é apresentado um case que utiliza reciclagem de CDs da empresa Nimble®, (B) e (C) cases da Pela®, (D) e (E) tênis reciclados de garrafas PET, da empresa Adidas® e Parley®; (F) e (G) bolsa com reutilização de câmara de pneu e forro de guarda-chuva, da empresa Revoada®; (H) anel em prata com reciclagem de EPS; (I) colar em prata e reutilização de sacola plástica; e (J) pingente em prata com reciclagem de vidros. Fonte: Nimble (2021), Pela (2021), Adidas (2021); Revoada (2021); Moreno e Cidade (2019); Kalinska (2021); e Mostardeiro, Oderich e Cidade (2019).

3. Desenvolvimento do projeto

Para este artigo, foram recolhidas e selecionadas câmaras de pneus de bicicletas, que são caracterizadas na literatura como borracha EPDM. Para a reutilização e o desenvolvimento de peças joalheiras, foi adicionado a este material problemático ao meio ambiente uma

inovação tecnológica, o corte e gravação a laser. Para dar andamento ao projeto, foi utilizado de forma adaptável a metodologia de Löbach (2001), onde foram seguidas quatro etapas: fase de preparação, que é o conhecimento sobre o problema das câmaras de pneu de bicicleta, o entendimento do material e do processo a ser utilizado, e a definição dos objetivos; fase de geração, com os métodos propostos, os testes, processo criativo e desenvolvimento do projeto; e fase de realização e validação, que compõe a concepção do projeto final, através do equipamento laser. Com o desenvolvimento da fase de geração, todos os passos serão avaliados para prosseguimento e conclusão do projeto. Caso haja a necessidade, novas fases serão adicionadas ou retomadas.

A tecnologia laser CO₂ pode ser utilizada em produtos de duas formas, com equipamentos do tipo *Plotter*. O laser (*Light Amplified by Stimulated Emission Radiation*) é uma fonte de luz que emite uma radiação eletromagnética com alta precisão geométrica (BAGNATO, 2008). Cidade *et al.* (2018) e Bagnato (2008), enfatizam que essa luz é resultado da excitação gerada por elétrons em moléculas presentes na mistura dos gases CO₂, N₂ e He, gerando, então, fótons com elevados níveis de energia no comprimento de onda infravermelho. Ao atingir a superfície de determinada amostra, o raio de luz provoca inúmeras transformações no estado físico do material, tais como derretimento, vaporização e solidificação da área atingida (SCHAEFFER, 2012; CIDADE *et al.*, 2018). O tipo *plotter*, que será utilizado neste artigo, tem seu funcionamento como um canhão de laser posicionado no sentido paralelo à superfície, com movimentos nos eixos X e Y, percorrendo toda a extensão do material a ser cortado e/ou gravado (CIDADE *et al.*, 2016). Esse tipo de laser é recomendado com maior frequência para a obtenção de traços mais precisos e finos, já que seu funcionamento não gera ângulos de corte e gravação, justamente por seu canhão laser ter seu movimento paralelo e não orientado pela angulação de dois espelhos em eixos diferentes, como em outros tipos de laser, como o galvanométrico.

Os polímeros são classificados em três grupos com características diferenciadas, os termoplásticos, os termofixos e os elastômeros, os quais neste último encontra-se a borracha EPDM (ASHBY e JOHNSON, 2011; LEFTERI, 2014; LIMA, 2006; LESKO, 2004). A EPDM é um copolímero de dois monômeros, etileno-propileno (ASHBY e JOHNSON, 2011). Esse material possui elevada capacidade de estiramento, boa resistência à abrasão, a produtos químicos, intempéries e ao ozônio, além de possuir resiliência regular, baixo nível de absorção de água e permitir trabalhar com diferentes temperaturas, entre -50°C à 150°C (LIMA, 2006). O processamento e a reciclagem das borrachas EPDM, assemelha-se com os procedimentos utilizados nos termoplásticos e termofixos (LIMA, 2006), devido à existência de elastômeros de caráter termofixo (SBR, NBR, EPDM, IIR, CR) e de caráter termoplástico (TPU, SEBS, SBS). Entretanto, esse tipo de material pode ser relacionado a utilização de materiais como uma fonte de novas manipulações e tecnologias aplicáveis (LEFTERI, 2014). Neste artigo os resíduos das câmaras de pneus de bicicletas foram doados pela empresa Bella Motoshop[®], localizada na cidade de Santa Maria/RS. Já para o corte e gravação foi utilizado o equipamento laser CO₂ modelo EXLASX4 da marca Jinan XYZ Machinery LLC, localizado no Centro de Artes e Letras, da Universidade Federal de Santa Maria / UFSM, com potência máxima de 100W e velocidade variável.

Com os aspectos levantados nos tópicos anteriores deste artigo, foi visto que a grande maioria dos produtos desenvolvidos com a borracha EPDM aliados à tecnologia laser, eram cortados e não gravados. Com isto, delimitou-se que o processo criativo das peças joalheiras iria explorar estes aspectos, valorizando assim, tanto a tecnologia quanto o produto. Assim, inicialmente, foi preciso efetuar uma higienização dos resíduos e a retirada da válvula

metálica. Por se tratar de resíduos, a borracha apresenta algumas irregularidades. Por esta razão, as amostras foram selecionadas para a obtenção de uma uniformidade maior. Posteriormente, a borracha EPDM foi planejada e fixada em uma base de madeira, para o desenvolvimento de testes de padronização de velocidade de corte e gravação a laser. Estes testes irão definir qual a melhor velocidade para o corte e para a obtenção da gravação, sem a presença de danificações no desenho a ser inserido posteriormente. Para o desenvolvimento do projeto, todos os testes serão criados através da vetorização em *software* bidimensional e aplicado à tecnologia laser, no qual a partir dos resultados alcançados é que vai ser definido quantos testes vão ser necessários para alcançar a padronização ideal. Todos os testes executados neste artigo serão analisados à vista desarmada e através de uma lupa manual. Para parâmetros de potência, será introduzido inicialmente, a averiguação desenvolvida por Camargo *et al.* (2018), que utiliza em seus desenhos a padronização de 40W, como sendo a ideal e satisfatória. Com isto, o primeiro teste foi realizado com linhas espaçadas entre si, sendo a cada uma adotada uma configuração de velocidade diferente no equipamento laser, variando de 20 a 100 mm/s, com intervalo de 5 mm/s entre cada. Na Figura 2, é exemplificado um esquema, sendo este exportado em extensão de arquivo do tipo *.dxf* (*AutoCAD Interchange File*), para ser importado no *software* do equipamento laser.

P 40	
V	V
20	65
25	70
30	75
35	80
40	85
45	90
50	95
55	100
60	

Figura 2: Esquema do primeiro teste para configuração de velocidade no laser. Fonte: elaborado pelos autores.

Após a execução do teste 1, os resultados foram analisados e não foram satisfatórios, pois não obteve-se uma diferenciação entre as linhas das velocidades, sem a visualização do corte. Com isto, na Figura 3, é mostrado o resultado do teste, com a potencia de 40W e suas velocidades estipuladas (Figura 3 A).

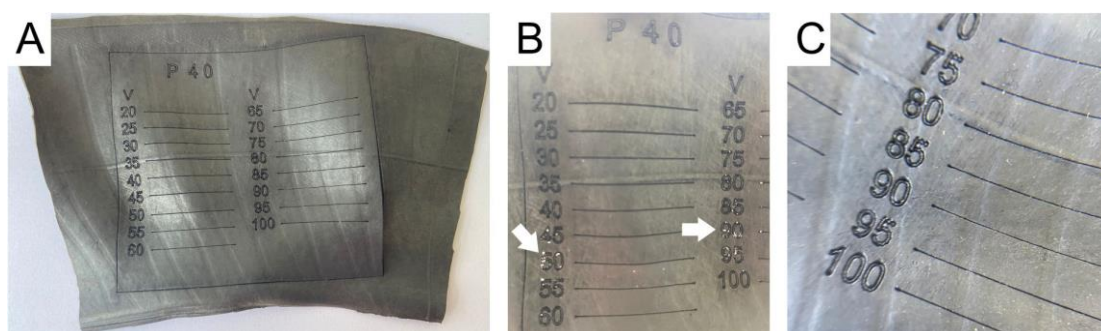


Figura 3: Resultado e análise do Teste 1, onde em (A) são apresentadas as padronizações para este, (B) análise contra a luz, e (C) visualização com lupa manual. Fonte: elaborado pelos autores.

Na Figura 3 B, a amostra é posicionada contra a luz, para a averiguação da existência de corte entre as linhas, na qual foram inseridos dois detalhes, flechas em branco, evidenciando o ponto onde o laser obteve uma maior concentração de calor, com partes irregulares de passagem de luz. Já na Figura 3 C, utilizou-se uma lupa manual para a análise da amostra, comprovando que não ocorreu o corte entre as velocidades estipuladas. Com os resultados insatisfatórios com a potência de 40 W, desenvolveu-se um novo teste. Neste teste 2, foi utilizado o mesmo esquema vetorizado da Figura 2, mas com as definições de potência de 60W e velocidades variando de 5 a 100 mm/s, com intervalo de 5 mm/s entre cada linha. A potência do laser foi aumentada para analisar se há uma diferenciação neste teste. Já as velocidades foram modificadas, se comparadas ao teste anterior, para uma averiguação da ação do laser com uma maior potência. Após a ação da tecnologia laser, os resultados (Figura 4) mostram que houve uma diferenciação entre as linhas com suas respectivas velocidades (Figura 4 A). Na Figura 4 B, são visualizadas através de uma lupa, as velocidades de 5 a 20 mm/s, onde nota-se que a velocidade de 5 e 10 mm/s cortaram e as demais gravaram.

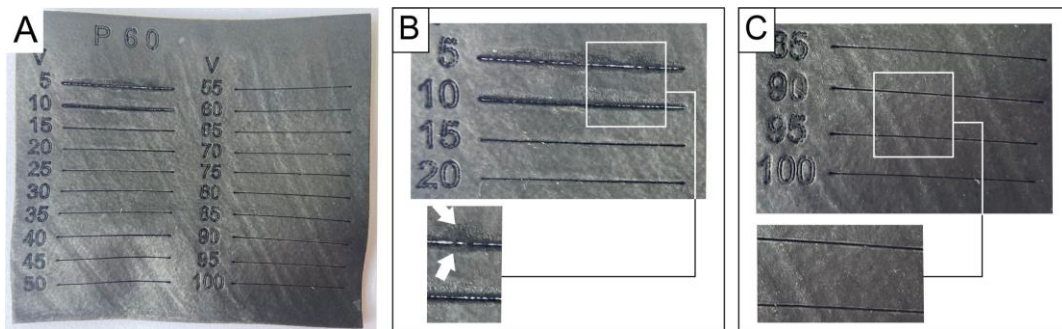


Figura 4: Resultado e análise do Teste 2, onde em (A) são apresentadas as padronizações para este, (B) análise das velocidades de corte e seus detalhes, flechas em branco, e (C) visualização das velocidades para a gravação. Fonte: elaborado pelos autores.

Entretanto, se analisarmos de forma ampliada (Figura 4 B detalhe com flechas em branco), nota-se a existência de uma região com maior queima de material na velocidade de 5 mm/s, apresentando uma linha de corte não uniforme. Já na velocidade de 10 mm/s, o traçado de corte está mais preciso, sem esta região de queima (Figura 4 B). Com esta potência de 60W, também pode-se delimitar a velocidade para a gravação das linhas, na qual os traçados de 90 e 95 mm/s, à vista desarmada, foram os satisfatórios (Figura 4 C). Visualiza-se na Figura 4 C, os detalhes destas linhas através de uma lupa, onde a linha de 90 mm/s apresenta uma espessura de gravação maior se comparada a de 95 mm/s. Com o término do teste 2, considera-se que a potência de 60W e velocidades de 10 mm/s para o corte, e a de 95 mm/s para a gravação, são ideais para a padronização final desta pesquisa.

Com os resultados da potência e das velocidades mais adequadas a serem inseridas no equipamento, para o corte e a gravação, será aplicado um terceiro teste (Figura 5). Este tem como objetivo aplicar a velocidade somente de gravação e não de corte, para justamente averiguar o comportamento no traçado de uma linha reta, com espaçamento entre linhas de 0.5, 1.0 e 1.5 mm, como o exemplificado na Figura 5 A. Este teste 3 será para observar a proximidade das linhas traçadas no laser, fazendo com que elas tenham uma textura sensível ao toque dos dedos, uma sensação táctil. Na Figura 5 B, visualizam-se as gravações a laser das linhas com proximidade, resultando em um traçado sem queimas e com uniformidade em todas as distâncias propostas.

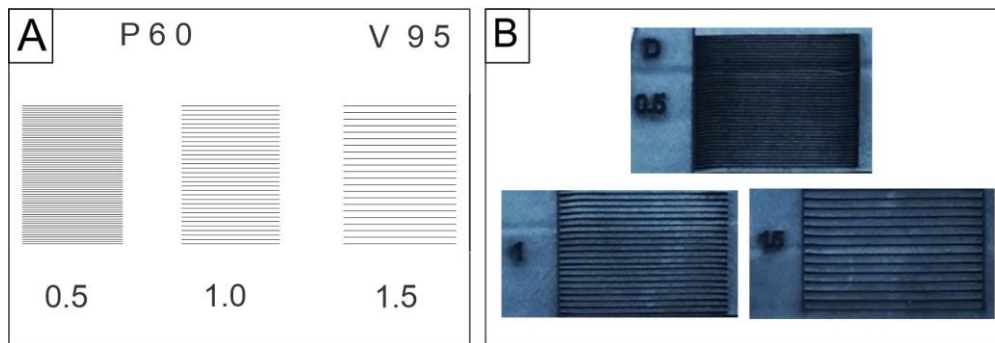


Figura 5: Teste 3 de configuração de proximidade de linhas, onde em (A) apresenta-se o desenho vetorial a ser gravado e em (B) os resultados após a ação do laser. Fonte: elaborado pelos autores.

Os resultados observados auxiliaram no design das joias, no qual será possível projetar conforme o que se observou, para não ocorrerem gravações com queimas ao material e uma não uniformidade nas peças a serem desenvolvidas. Com os testes realizados e seus respectivos resultados, partiu-se para o processo criativo das joias. Entretanto, foi definido antes do processo que as peças a serem criadas deveriam ser apenas braceletes, pois seriam mais viáveis de produzir, dadas as limitações das dimensões do material e da técnica. O processo criativo (Figura 6), por sua vez, foi realizado de forma breve, com desenhos à mão baseados em formas geométricas. Estas formas quando sobrepostas e unidas, formavam possíveis peças.

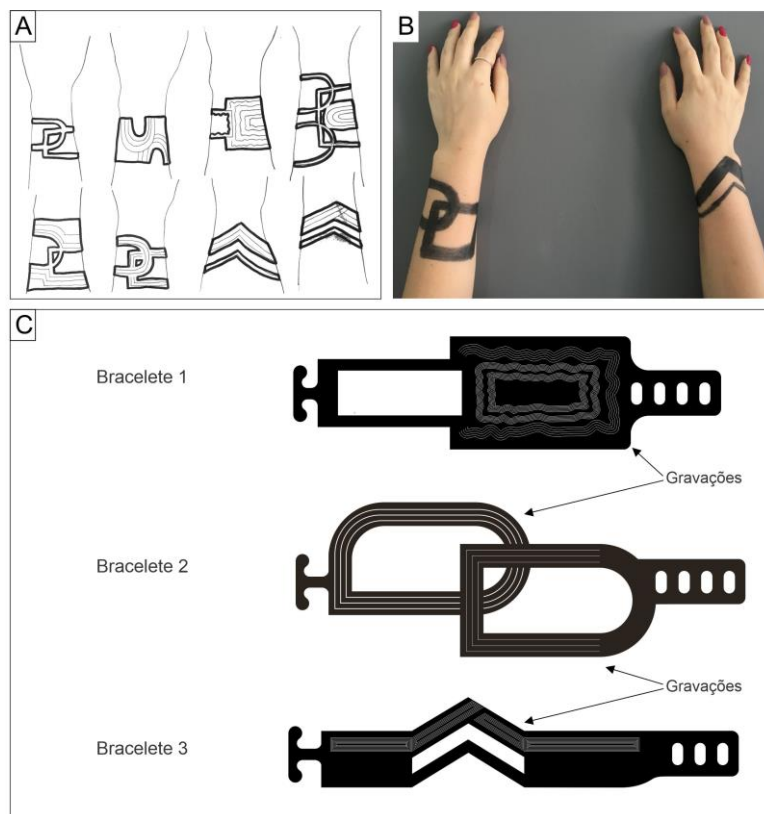


Figura 6: Processo criativo dos braceletes, onde em (A) é apresentado a geração de alternativas, (B) teste visual e (C) vetorização das peças delimitadas. Fonte: elaborado pelos autores.

Na Figura 6 A é exemplificado a geração de alternativas, com a junção destas formas geométricas já pensadas em braceletes, desenhadas em punhos. Após a geração de alternativas, algumas peças preliminares foram esquematizadas no próprio braço, através de marcadores. Esta parte serviu como uma espécie de teste visual, para solucionar alguns pontos do projeto, como seus fechamentos no punho/braço, espessuras e delimitações de dimensões (Figura 6 B). Após estas observações, foi definido que seriam fabricados três braceletes, com partes cortadas e outras gravadas a laser. Com isto, foram desenvolvidos os desenhos em *software* de vetorização bidimensional, ajustando as medidas e delimitando o que seria cortado, com a potência e velocidade definida no teste 2, e qual parte constituiria a gravação, com as delimitações também vistas no teste 2. Foi acrescido ainda, na parte de gravação, os resultados alcançados no teste 3, de proximidade de linhas e ainda, áreas com curvas e ondulações. Mesmo que o teste 3 tenha sido executado somente com linhas, na criação do desenho optou-se por estas ondulações para averiguar o comportamento do laser nestes formatos e proximidades. Com isto, na Figura 6 C, são mostrados os desenhos vetoriais planejados dos três braceletes, com seus cortes nas extremidades e suas gravações definidas por linhas brancas. Com os desenhos prontos, aplicou-se o laser no material com suas padronizações estudadas.

4. Resultados

Após as etapas de preparação, com o entendimento do material e do processo laser, de geração, com os testes para a padronização final da potência e das velocidades de corte e gravação, e da fase de realização e validação do desenvolvimento do projeto, pode-se visualizar os resultados alcançados. Os resíduos de borracha EPDM, juntamente com o laser, foram aplicados na coleção de braceletes com intuito de valorizar o material e conscientizar sobre uma possível reutilização do mesmo com a união de uma tecnologia. Na Figura 7, podemos visualizar o resultado desta união através de uma padronização adequada.

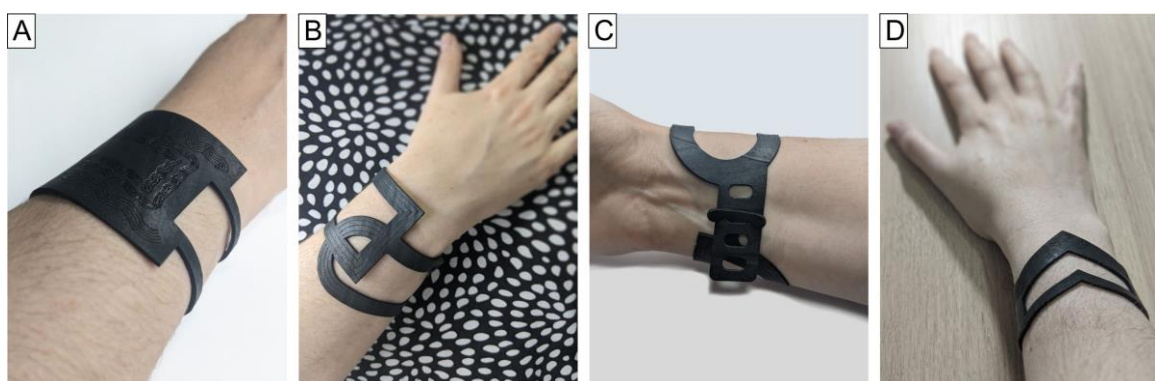


Figura 7: Apresentação das peças, onde em (A) visualiza-se o bracelete 1, (B) o bracelete 2, (C) o fechamento do bracelete 2, e em (D) o bracelete 3. Fonte: elaborado pelos autores.

Na Figura 7 A é apresentado o bracelete 1, com seus cortes e gravações delimitadas, explorando a proximidade das linhas, referentes ao teste 3. Nota-se, nesta peça, que a utilização de curvas e ondulações não obteve um nível satisfatório, com alguns pontos onde o laser não foi preciso. Isto pode ter ocorrido, devido à proximidade destes formatos e à alta

concentração de calor nestes pontos. Já na Figura 7 B, é ilustrado o bracelete 2, com suas áreas cortadas e as gravações com linhas com proximidade de 1,5 mm, e na Figura 7 C, são exemplificados o fechamento e o ajuste dado a peça. Com isto, o usuário poderá ajustar o bracelete como for de sua escolha, posicionando em qualquer parte do seu punho ou braço. Já na Figura 7 D, é apresentado o bracelete 3, também com suas áreas cortadas e gravadas.

5. Considerações finais

Este artigo teve como objetivo mostrar um estudo relacionado ao descarte de um material problemático para o meio ambiente, as borrachas de câmaras de pneu de bicicletas e veículos leves, mostrando o valor que esse resíduo pode proporcionar quando for reutilizado através da joalheria. A união do design, da sustentabilidade e da tecnologia vem contribuindo significativamente para a melhora do meio ambiente. No âmbito da joalheria contemporânea, a quebra de padrões tradicionais, aliando a inovação ao uso de materiais e processos de fabricação, é considerada um atributo marcante desse período, o que fortalece o desenvolvimento de projetos inusitados.

Os testes de padronização ideal de corte e gravação foram orientados a partir de dois fatores: potências e velocidades. Para a potência, foi utilizado primeiramente as delimitações de Camargo *et al* (2018), com 40W. Entretanto, com o uso frequente do equipamento laser através dos anos, ainda mais em um meio acadêmico, o canhão laser tende a se deteriorar, levando à necessidade de se realizar alterações tanto de potência como de velocidades nos projetos. Com estas observações, foi preciso modificar a potência laser para um resultado satisfatório, definindo-a para 60W. Com isso, para o corte, a partir dos testes, foi delimitado que, para uma maior uniformidade, a velocidade de 10 mm/s seria a ideal, e, para a gravação, a velocidade de 95 mm/s. As proximidades de 0,5, 1,0 e 1,5 mm das linhas tiveram uma precisão ideal, enquanto os formatos curvos e ondulados precisam de mais atenção, dependendo do distanciamento entre os mesmos. Outro fator importante, é a seleção das amostras, que possuem irregularidades na sua estrutura, podendo também ocasionar uniformidades nos resultados.

O enriquecimento da tecnologia laser vem tornando esse instrumento cada vez mais versátil e capaz de se adaptar a diferentes modos de projetos. Esses pontos são de grande valia para gerar reflexão sobre o papel do designer na sociedade. Com sua capacidade criativa e investigativa, esse tipo de profissional pode e deve auxiliar na diminuição do descarte inadequado de resíduos e o que fazer com eles. Com isso, esse artigo proporcionou uma possível valorização de câmaras de pneus de bicicleta, um resíduo urbano de um produto, contraditoriamente, cada vez mais incentivado para um modo de locomoção mais sustentável.

Agradecimentos

Ao CNPq pelo apoio financeiro através de bolsas de Iniciação Científica, Projeto Universal MCT/CNPq – 028/2018, intitulado: Do luxo ao lixo: desenvolvimento de subsídios para aplicação de resíduos sólidos urbanos na joalheria; e ao técnico do Labetri/UFSCM.

Referências

- ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 2020. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama_abrelpe_2019.pdf> Acesso em: 1 maio. 2020.
- ADIDAS. **Produtos Parley**, 2020. Disponível em: <<https://www.adidas.com.br/parley>>. Acesso em: 22 dez. 2020.
- ASHBY, M.; JOHNSON, K. **Materiais e Design – Arte e ciências da seleção de materiais no design de produto**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.
- BAGNATO, V. S. **Laser e suas aplicações em ciência e tecnologia**. São Paulo: Livraria Da Física, 2008.
- CAMARGO, K. R., *et al.* **Joalheria Contemporânea: aplicação de tecnologia laser CO2 em borracha EPDM**. In: 13º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, 2018, Joinville. Anais... Joinville: Univille Editora, 2019.
- CIDADE, M. K.; PALOMBINI, F. L.; KINDLEIN JÚNIOR, W. Biônica como processo criativo: microestrutura do bambu como metáfora gráfica no design de joias contemporâneas. **Educação Gráfica (Online)**, v. 19, n. 1, p. 91–103, 2015.
- CIDADE, M. K. *et al.* Método para determinação de parâmetros de gravação e corte a laser CO2 com aplicação na joalheria contemporânea. **Design & Tecnologia**, v. 6, n. 12, p. 54-64, 2016.
- CIDADE, M. K.; PALOMBINI, F. L.; DUARTE, L. C; PACIORNK, S. Investigation of the thermal microstructural effects of CO2 laser engraving on agate via X-ray microtomography. **Optics & Laser Technology**, v. 104, p. 56–64, ago. 2018.
- CINTRA, L. S. K.; CIDADE, M. K. Reutilização e Reciclagem: Desenvolvimento de Joia com Componentes Oriundos de Resíduos Eletroeletrônicos. **MIX Sustentável**, v. 6, n.3, p. 27-36, 2020. DOI: <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n3.27-36>.
- FANG, Y.; ZANG, M.; WANG, Y. “The status of recycling of waste rubber”. **Materials and Design**, v 22, p. 123-127, 2001.
- RODRIGUES JORGE, M. R. P.; FERREIRA, O. P.; CLARO NETO, S. **Aproveitamento da borracha de pneus inservíveis na produção de componentes para construção**. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável, 2004, Florianópolis. Anais..., 2004.
- KALINSKA, M. **Jewelry design: polymer and silver**. 2021. Disponível em: <<http://malgosiakalinska.com/jewellery.html>>. Acesso em: 05 janeiro. 2021.

LIMA, M. A. M. **Introdução aos materiais e processos para designers**. Ciência Moderna, 2006.

LEFTERI, C. **Materials for Design**. London: Laurence King Publishing Ltd, 2014.

LESKO, J. **Design industrial: guia de materiais e fabricação**. 2. ed. São Paulo: Blücher, 2012.

LÖBACH, B. **Design industrial**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

MELCHIORS, A.; PALHANO, A. P.; CIDADE, M. K. Estudo de Reciclabilidade e Reutilização de Cápsulas Poliméricas de Café. **MIX Sustentável**, v. 6, n. 4, p. 93-104, 2020. ISSN 24473073. DOI: <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n4.93-104>.

MORENO, S. N. S.; CIDADE, M. K. Sustentabilidade e joalheria: reciclagem de EPS para aplicação em joias. **MIX Sustentável**, v. 5, n. 4, p. 27-39, 2019. DOI: <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2019.v5.n4.27-39>.

NIMBLE. **Cases**, 2020. Disponível em: <http://www.gonimble.com/collections/phone-cases>. Acesso em: 22 dez. 2020.

PELA. **Cases**, 2020. Disponível em: <http://pelacase.com>. Acesso em: 22 dez. 2020.

RECICLOTECA. **Pneu e Entulho: produção, descarte e reciclagem**, 2020. Disponível em: <http://www.recicloteca.org.br/material-reciclavel/outros-pneu-e-entulho>. Acesso em: 25 nov. 2020.

REVOADA. **Produtos**, 2020. Disponível em: <http://www.revoada.com.br/produtos>. Acesso em: 25 nov. 2020.

SCHAEFFER, R. D. **Fundamentals of laser micromachining**. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press, 2012.

SILVA, T. A. F. **A borracha como matéria-prima reciclável, aplicada à arquitetura e design**. 2017. 152 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Lusíada de Lisboa, Lisboa, 2017.

WALCHHUTTER, S.; KALIL HANNA, E.; SOUZA, W. S. Inovação Verde: Produtos e processos como fator de vantagem competitiva. **Revista Observatório**, v. 5, n. 5, p. 797-820, 2019.