

EXPERIÊNCIAS COM PROCESSOS DE RECICLAGEM DE POLÍMEROS PARA A JOALHERIA

EXPERIENCES WITH MISCELLANEOUS POLYMER RECYCLING AND CREATION OF JEWELRY

IVI PIVETTA VIERO | Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Brasil

MARIANA KUHL CIDADE, Dra. | Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Brasil

RESUMO

O crescimento acelerado da população na sociedade contemporânea traz cada vez mais produção de bens e, conseqüentemente, descarte. Os polímeros são materiais baratos, e, por isso, extremamente utilizados diariamente, mas, muitas vezes, seu descarte não é feito de maneira correta, ocasionando danos ao meio ambiente. O designer, como gerador de ideias e novos produtos, participa de todas as etapas de concepção de um artefato, desde a geração até o destino final do ciclo de vida. Este artigo tem como objetivo apresentar uma possibilidade de reciclagem de resíduos poliméricos de descarte doméstico na produção de peças de joalheria contemporânea. O projeto apresenta uma breve revisão literária sobre joalheria e polímeros, a coleta desse material e testes de reciclagem. Como resultado, obteve-se uma técnica de reciclagem de polímeros para a joalheria contemporânea, no desenvolvimento de um pingente.

PALAVRAS-CHAVE: Joalheria; Polímeros; Descarte; Sustentabilidade.

ABSTRACT

The accelerated population growth in contemporary society brings more and more production of goods and, consequently, disposal. Polymers are inexpensive materials, and, therefore, extremely used daily, but, many times, their disposal is not done correctly, causing damage to the environment. The designer, as a generator of ideas and new products, participates in all stages of designing an artifact, from generation to the final destination of the life cycle. This article aims to present a possibility of recycling polymeric waste for domestic disposal in the production of contemporary jewelry pieces. The project presents a brief literary review on jewelry and polymers, the collection of this material and recycling tests. As a result, a polymer recycling technique was obtained for contemporary jewelry, in the development of a pendant.

KEYWORDS: Jewelry; Polymers; Disposal; Sustainability.



1. INTRODUÇÃO

De acordo com Furtado *et al* (1994), a civilização contemporânea pode ser considerada insustentável, e isso, devido a quatro principais fatores: crescimento populacional acelerado, extração exagerada de recursos naturais, sistemas produtivos poluentes e de baixa eficácia energética, e sistema de valores que impulsiona um consumo sem consciência.

Desenvolvimento sustentável é aquele que sana as necessidades da geração atual, sem comprometer a geração futura. E a geração futura será muito mais populosa que a atual. Atualmente, a população mundial é de em média 7,8 bilhões de pessoas (WORLDMETER, 2021) e deverá atingir a marca de 8,9 bilhões em 2050 (TEIXEIRA, 2007). Quanto maior o número de pessoas, maior a produção de bens, e maior o descarte e a geração de lixo, especialmente dos materiais poliméricos.

O polímero, material que surgiu em meados de 1920, revolucionou o mundo. Desde essa época até os dias atuais, sua aplicabilidade aumentou drasticamente, e atualmente o material está presente diariamente na vida das pessoas. Um dos maiores problemas com a questão da produção, consumo e descarte do polímero é que o mesmo é um material extremamente barato, e, ao mesmo tempo, extremamente durável, ou seja, é altamente consumido e descartado, e leva centenas de anos para se decompor.

Muitas cidades brasileiras possuem Associações e/ou Centros de Triagem e separação de resíduos sólidos urbanos (PALOMBINI; CIDADE; DE JACQUES, 2017) porém, seja por falta de informação ou desinteresse por parte da população, ou porque a demanda é maior que a capacidade desses centros, muito lixo é incorretamente descartado e vai parar no meio ambiente. Mesmo com esses Centros de Triagem, no Brasil, a quantidade de lixo coletada por dia é de em média 230 mil toneladas, das quais 160 mil são destinadas a aterros controlados e quase 50 mil são despejadas nos “lixões” a céu aberto, sem nenhum tipo de tratamento (ABRELPE, 2017; IPEA, 2012; TEIXEIRA, 2007).

A reciclagem é um processo de transformação dos resíduos coletados que envolve a alteração de suas propriedades (BRASIL, 2010). Esta acontece por meio de transformação mecânica, que consiste em submeter os materiais a processos físicos, moldando-os de uma forma diferente da original (FORLIN; FARIA, 2002). Esse

método é especialmente eficiente para polímeros termoplásticos, pois preserva as características físicas, químicas e mecânicas do material pós reciclagem.

Nos últimos anos, cresceu o número de designers e artesãos que tem utilizado materiais não convencionais para a fabricação de peças de joalheria contemporâneas (CIDADE *et al*, 2016). Esse processo, além de recuperar materiais por meio da reutilização ou da reciclagem, aliviando o meio ambiente, permite uma variedade imensa de soluções formais e estéticas. Este artigo apresenta uma proposta de experiência na reciclagem de polímeros diversos, aplicando-os na joalheria contemporânea. Primeiramente será apresentado um breve panorama sobre joalheria e polímeros, seguido de testes experimentais e do desenvolvimento de um projeto joalheiro.

2. JOALHERIA

Para o entendimento completo de uma palavra, é necessário entender o objeto a que a esta se refere contemporaneamente, pois, palavras podem adquirir diferentes significados em épocas distintas (FAGGIANI, 2006). Definir o que é joalheria nos tempos atuais não é uma tarefa fácil, afinal, a definição varia de autor para autor. Até o século XIX essa definição era mais direta, pois, nessa época, a joalheria estava fortemente ligada ao valor monetário do material (MERCALDI; MOURA, 2017).

Tempos depois, o final da Segunda Grande Guerra levou a um esgotamento de materiais como os metais nobres dos quais eram feitas as joias (GOLA, 2008). Esse fato fez com que, segundo Goulart *et al* (2014) o valor das peças de joalheria passasse a estar muito mais relacionado ao desenho e estética das mesmas do que aos materiais das quais eram compostas. Para o *Merriam Webster Dictionary* (2021), joias são peças ornamentais, fabricadas com materiais que podem ou não ser nobres, e projetadas para serem usadas como adorno pessoal.

Para Moura (2011), joias dizem respeito a objetos que resultam de trabalhos planejados e detalhados, produzidos com metais e que permitem diversos tipos de acabamentos. Porém, a autora também afirma que na joalheria contemporânea os objetos são trabalhados como arte, e que materiais nobres podem conviver com materiais não nobres (MOURA, 2011). Goulart *et al* (2014), Cidade *et al*, (2016) e Cidade; Palombini; Kindlein Júnior (2015), reiteram essa afirmação, salientando que o século XX mudou a definição do que é joalheria,

e, atualmente, utilizam-se materiais diversos para composição das joias, como couro, cerâmica, cobre e até mesmo polímeros, como exemplifica o colar de Mana Bernardes® na Figura 01.

Mercaldi e Moura (2017), afirmam que a joalheria contemporânea é composta de objetos desenvolvidos explorando-se a potencialidade de expressão e criação, o que envolve o pensar, a escolha de materiais e as temáticas abordadas nas peças. No cenário da joalheria aliado à sustentabilidade, o designer pode ser um agente transformador.

Löbach (2001) acredita que o designer deve ser produtor de novas ideias e de novas soluções para produtos existentes, pois deve recolher informações e transformá-las em conhecimento para solucionar os problemas que lhe são apresentados. O design tem o poder de criar alternativas para usos de materiais, e de unir tecnologia e sustentabilidade para desenvolver produtos ecologicamente menos prejudiciais (MANZINI, 2008).

Atualmente, a sociedade consome bens de maneira linear, ou seja, extrai, transforma, consome e descarta (GOLÇALVES; BARROSO, 2019). Esse tipo de economia linear é responsável, em parte, por gerar uma enorme quantidade de descarte que vai para o meio ambiente. Em contrapartida a isso, há” a economia circular”, que propõe o equilíbrio entre a produção, o consumo, a sociedade e o meio ambiente. No modelo ideal de economia circular, “todos os materiais são devolvidos ao ciclo produtivo através da reutilização, redução e reciclagem” (GOLÇALVES; BARROSO, 2019).



Figura 01 - Colar Sereia, em ouro, pérola e PET.
Fonte: Bernardes (2021).

O design tem o poder de criar alternativas para usos de materiais, e de unir tecnologia e sustentabilidade para desenvolver produtos ecologicamente menos prejudiciais (MANZINI, 2008). Atualmente, a sociedade consome bens de maneira linear, ou seja, extrai, transforma, consome e descarta (GOLÇALVES; BARROSO, 2019).

Esse tipo de economia linear é responsável, em parte, por gerar uma enorme quantidade de descarte que vai para o meio ambiente. Em contrapartida a isso, há” a economia circular”, que propõe o equilíbrio entre a produção, o consumo, a sociedade e o meio ambiente. No modelo ideal de economia circular, “todos os materiais são devolvidos ao ciclo produtivo através da reutilização, redução e reciclagem” (GOLÇALVES; BARROSO, 2019).

Alguns designers trabalham na construção de seus produtos pensando na economia circular (Figura 02), utilizando-se de materiais de descarte para criar novos objetos, como o caso da joalheira portuguesa Sara Leme®, que criou em 2020 uma coleção de joias feitas a partir de peças de descarte de *smartphones* (Figura 02 A).



Figura 02 - Peças com material de descarte: (A) anel Selfie e (B) anel com reaproveitamento de prata e vidro.
Fonte: Leme (2021); Cadore (2015).

Já no Brasil, Eduarda Cadore®, desenvolve suas peças com prata reciclada de radiografias, e utiliza vidros de descarte para serem lapidados (Figura 02 B). A cada ano, designers de joias contemporâneos estão produzindo peças que geram discussões e lançam tendências, podendo estimular uma nova forma de pensar e consumir.

3. POLÍMEROS

De acordo com Ashby e Johnson (2011), os polímeros termoplásticos são tipos de polímeros que amolecem quando aquecidos e endurecem quando resfriados. Segundo os autores, a maior parte desses materiais pode ser reciclada. Os polímeros termofixos não amolecem quando aquecidos, mas sim se degradam, ou seja, uma vez conformados, não podem ser moldados novamente (ASHBY; JOHNSON, 2011).

Polímeros passaram a ser altamente utilizados em meados dos anos 50 devido às grandes possibilidades que proporcionam: fácil processamento, durabilidade, baixo custo (ASHBY; JOHNSON, 2011). Devido ao baixo custo, esses materiais foram utilizados de maneira desenfreada, gerando resíduos indesejados e fama de poluentes aos mesmos.

Atualmente, em seu dia a dia, os seres humanos se deparam com polímeros constantemente, como sacolas de supermercado, embalagens de shampoo, garrafas de refrigerante, potes de sorvete, chinelos, carcaça da televisão, prendedores de roupa, entre outros. Segundo Vasconcelos (2021), estima-se que desde a invenção dos polímeros, já foram fabricadas 8,9 bilhões de toneladas desse material, das quais, 6,3 bilhões já foram descartadas, ou seja, viraram lixo.

Esse tipo de material leva anos para se decompor, uma garrafa de PET, por exemplo, pode levar até 400 anos para se degradar. De acordo com o portal Ambiente Brasil (2021), das 300 milhões de toneladas de polímeros produzidas anualmente no mundo, somente 14% é coletada para reciclagem. Conforme a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010), a disposição final adequada dos resíduos sólidos, inclui a reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações permitidas pelos órgãos competentes. Entretanto, em muitas cidades brasileiras, o recolhimento e descarte adequado dos resíduos sólidos urbanos, ainda se encontra precário. A exemplo, na cidade de Santa Maria, na região central do estado do Rio Grande do Sul, desde 2008, os resíduos eram descartados em um aterro sanitário (MATGE, 2018), sem a

devida triagem. No ano de 2012, o gerenciamento passou a ser do centro de tratamento de resíduo sólido, empresa privada da Companhia Riograndense de Valorização de Resíduos (CRVR), que opera fazendo a separação dos materiais (MATGE, 2018). A Prefeitura Municipal de Santa Maria (PMSM), relata que por mês, são descartadas 5,8 mil toneladas de lixo na cidade, sendo que esse cenário fica mais agravado pelo descarte inapropriado (MATGE, 2018).

Cada polímero possui uma composição diferente, por isso, a primeira etapa para a reciclagem é a separação adequada desse material. Os tipos mais comuns de polímeros encontrados diariamente pela população são: tereftalato de polietileno (PET ou PETE), utilizado normalmente em frascos de alimentos ou cosméticos; polietileno de alta densidade (PEAD), material utilizado para embalagens de detergentes e óleos; policloreto de vinila (PVC), utilizado principalmente para produzir tubulações e perfis para janelas; polietileno de baixa densidade (PEBD), material das sacarias plásticas; polipropileno (PP), muito encontrado para fabricar cordas e cerdas; poliestireno (PS), encontrado em potes de alimentos como iogurte e sorvete (MAISPOLÍMEROS, 2021). Cada um desses materiais possui um respectivo símbolo, para ajudar em sua classificação e separação. No Brasil, é comum que esse símbolo se encontre no verso ou na parte inferior de embalagens.

4. MÉTODOS DO PROJETO

Levando em consideração as questões apresentadas acima sobre os problemas com descarte do polímero, o presente artigo se propõe a apresentar um uso alternativo para esse material através da joalheria, atrelando polímeros a metais, nesse caso a prata 950. Para desenvolver esse projeto foi utilizada uma adaptação da metodologia proposta por Löbach (2001). O processo se deu em quatro etapas, em ordem: preparação, geração, avaliação e realização.

A primeira fase foi a de pesquisa sobre o problema e sobre os materiais. A segunda fase foi o processo projetual em si, no qual pensou-se em alternativas, encaixes, soldas, formatos, etc. Na fase de avaliação as alternativas foram analisadas e selecionou-se a mais pertinente, levando em consideração todo o contexto. A fase de realização se deu com o processo de produção da peça em si.

4.1 Coleta e separação dos polímeros

Os polímeros utilizados para o desenvolvimento desse trabalho foram coletados em ambientes

domésticos. A coleta desse material estendeu-se no intervalo de um mês, período no qual procurou-se estar atento a embalagens e outros artefatos poliméricos de diferentes cores, visto que o projeto leva em conta a não utilização de corantes e a preservação da cor original dos polímeros. Foram coletados polímeros de todas as categorias para a realização de testes.

Posterior à coleta dos polímeros, os mesmos foram separados nas categorias corretas, utilizando para isso os símbolos contidos nas embalagens, indicando cada material. Foram selecionados polímeros dos tipos PET, PEAD, PEBD e PP para a realização de testes. Como o objetivo deste artigo era justamente utilizar a reciclagem de forma artesanal, para uma experimentação, delimitou-se que para os testes com os polímeros, seriam desenvolvidos dois métodos, um através de um forno elétrico, em ambiente fechado, e o outro através de calor localizado, com um ferro de passar roupas.

Para todos os testes efetuados, será realizada uma análise dos resultados encontrados, com o intuito de dar seguimento aos mesmos. As temperaturas para os testes, referentes a cada polímero, foram retiradas da literatura (LIMA, 2006; ASHBY; JOHNSON, 2011).

4.2 Teste de reciclagem utilizando forno elétrico

O primeiro teste consistiu em cortar cada tipo de polímero em pequenos pedaços de no máximo 2 milímetros. Para servir de molde e já testar a reação do polímero a um metal, foram usadas arruelas diversas com no máximo 2,5 milímetros de altura de parede. Cada cor de polímero foi separada em uma arruela diferente, e cada polímero foi levado ao forno elétrico separadamente (PET separado de PEAD etc.) em uma forma recoberta com alumínio. A temperatura e tempo dentro do forno foi diferente para cada polímero, durante constante observação. Para esse teste foi utilizado um forno elétrico caseiro da marca Oster®.

4.2.1 PET

O polietileno tereftalato, também conhecido por sua sigla, PET (Figura 03) foi colocado no forno durante 30 minutos a uma temperatura de 180°C (Figura 03 A).

Durante esse período, o material não sofreu nenhuma alteração. Com isso, aumentou-se a temperatura para 210°C e deixou-se as amostras no forno por mais 40 minutos.



Figura 03 - Teste de forno com PET: (A) antes de aquecer e (B) depois do derretimento.
Fonte: Autores (2021).

Após esse tempo, o material derreteu. Esperou-se arrefecer com a porta do forno ainda fechada e retiraram-se as amostras para análise dos resultados (Figura 03 B). Os resultados do teste com PET revelaram comportamentos levemente distintos entre as amostras. Algumas amostras mantiveram a cor, mas a grande maioria apresentou algum dano térmico. Segundo Ashby, Shercliff e Cebon (2012), danos térmicos a polímeros que sofrem derretimento, podem ser causados por oxidação ou degradação. Não houve retração significativa de tamanho do material após arrefecimento.

4.2.2 PEAD

O polietileno de alta densidade, conhecido por sua sigla PEAD (Figura 04) foi levado ao forno a 130 °C por 30 minutos (Figura 04 A). Decorrido esse tempo, uma das amostras, de cor vermelha, derreteu completamente, enquanto as outras permaneceram intactas. Aumentou-se a temperatura gradativamente durante uma hora, desde os 150°C até os 230°C (temperatura máxima do forno). Esperou-se até as amostras esfriarem com o forno fechado, depois, retirou-se para análise (Figura 04 B). O teste mostrou que o polímero PEAD não obteve bom resultado no forno. Apenas a amostra de cor vermelha derreteu satisfatoriamente, porém, sua contração depois de fria foi bastante grande. As demais amostras acabaram por degradar-se.

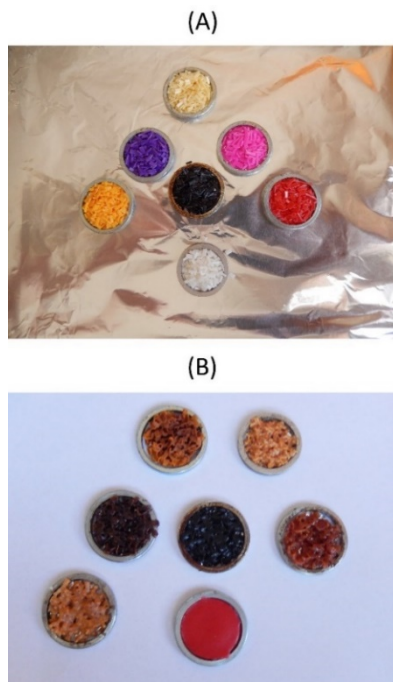


Figura 04 - Teste de forno com PEAD: (A) antes de aquecer e (B) depois do derretimento.
Fonte: Autores (2021).

4.2.3 PEBD

O polietileno de baixa densidade, conhecido como PEBD, foi o polímero mais difícil de conseguir dentre os coletados. Foi levado ao forno (Figura 05) durante 30 minutos a 180 °C (Figura 05 A). O derretimento aconteceu de maneira muito rápida. Depois disso, deixou-se esfriar e os resultados foram analisados (Figura 05 B). Os resultados do teste mostraram que o PEBD derrete de maneira muito rápida (o segundo mais rápido dentre os polímeros testados), porém a cor do material se degrada significativamente no forno, mais do que qualquer outro polímero testado, o que o desclassifica para a utilização nesse método de reciclagem.

4.2.4 PP

Já no teste do polipropileno, conhecido como PP (Figura 06), o material foi levado ao forno durante 10 minutos a 180 °C (Figura 06 A). Depois desse tempo, todas as amostras apresentaram derretimento, fazendo com que esse seja o material que derreteu mais rápido no forno se comparado com os demais. Esperou-se que as amostras esfriassem e foram feitas as análises (Figura 06 B). O teste revelou que o PP derrete de maneira satisfatória no forno, a cor é muito pouco ou nada alterada, e o índice de contração de tamanho depois do resfriamento é baixo.



Figura 05 - Teste de forno com PEBD: (A) antes de aquecer e (B) depois do derretimento.
Fonte: Autores (2021).

Os testes de forno demonstraram que alguns tipos de polímeros não obtiveram muito sucesso durante esse processo de reciclagem, principalmente por causa da mudança na coloração dos mesmos após o derretimento e pela aparência final que algumas amostras adquiriram. O polímero que obteve o melhor comportamento geral no teste de forno foi o polipropileno (PP).

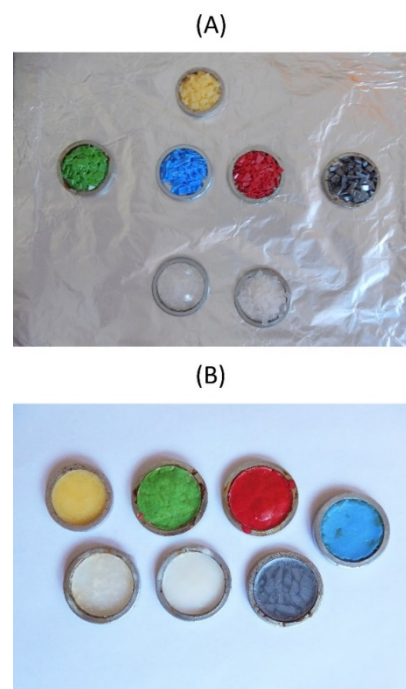


Figura 06 - Teste de forno com PP: (A) antes de aquecer e (B) depois do derretimento.
Fonte: Autores (2021).

4.3 TESTE DE RECICLAGEM UTILIZANDO FERRO DE PASSAR ROUPAS

O segundo teste (Figura 07) consistiu em cortar, da mesma maneira que para o teste no forno, cada tipo de polímero em pequenos pedaços de no máximo 2 milímetros. Foram utilizadas duas arruelas de tamanhos diferentes para servir de molde para cada tipo de polímero, uma com a parede mais baixa (cerca de 0,8 milímetros) e outra com a parede mais alta (cerca de 2 milímetros). Isso porque foi previsto que a temperatura do ferro poderia não alcançar os polímeros que estivessem na base da amostra, se a parede fosse muito alta.

Cada material polimérico cortado foi separado em uma arruela diferente. As arruelas com as amostras foram, então, posicionadas sobre um pedaço de papel manteiga (Figura 07 A) e, posteriormente, recobertas com outra porção de papel (Figura 07 B), formando um sanduíche: papel manteiga - polímero - papel manteiga.

Um ferro de passar roupas, nesse caso da marca Britania®, foi utilizado para “prensar” as amostras no meio do “sanduíche” de papel manteiga (Figura 07 C). Todos os testes foram realizados com o ferro na posição para passar “linho”, que configura a maior temperatura que o mesmo atinge, aproximadamente 200 °C (Figura 07 D), por tempo suficiente a permitir o derretimento total do polímero, o que variou em média de 4 a 10 minutos para cada amostra. Para este teste foram utilizados os mesmos polímeros do teste com o forno: polietileno tereftalato (PET), polietileno de alta densidade (PEAD), polietileno de baixa densidade (PEBD) e polipropileno (PP), provenientes das mesmas embalagens que foram utilizadas no teste anterior.

4.3.1 PET

O polietileno tereftalato (PET) foi alocado em uma arruela e submetido ao calor do ferro de passar roupas durante 6 minutos (Figura 08).

O material não reagiu bem ao teste com o ferro de passar roupas (Figura 08 A), degradando-se com facilidade. Os recortes de polímero da amostra não se derreteram por completo, e o material não aderiu ao formato do molde (Figura 08 B). Isso fez com que fosse observado que esse foi o único polímero dos testados, até o momento, que não pode ser reciclado pelo método de calor localizado com o ferro. Em contrapartida, funcionou relativamente bem no teste com forno elétrico.

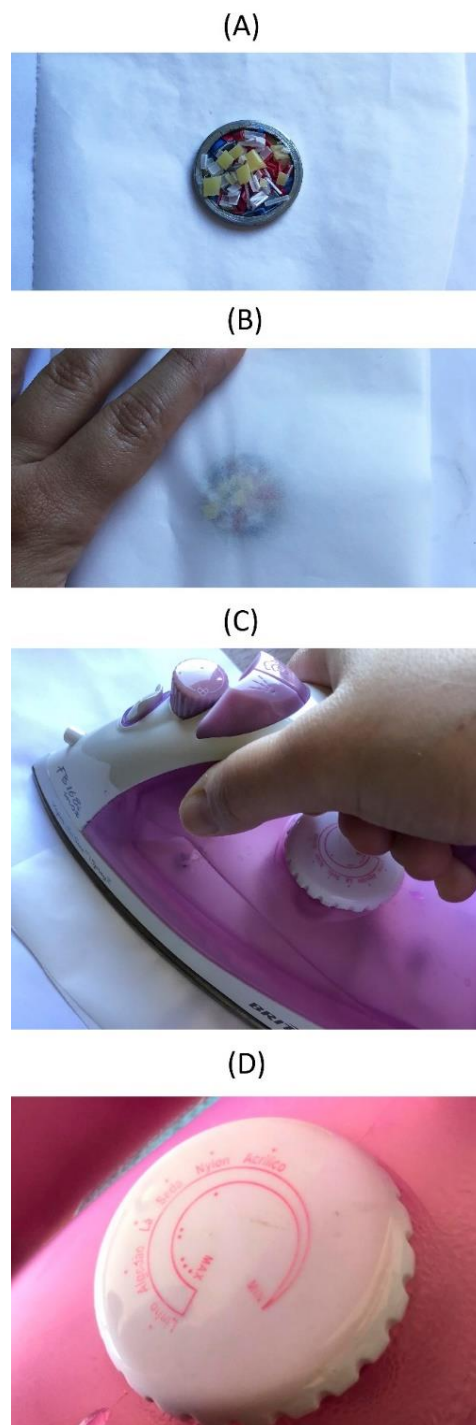


Figura 07 - Processo do teste com ferro de passar roupas: (A) polímero cortado dentro da arruela; (B) papel manteiga cobrindo polímero e arruela; (C) ferro de passar roupas sendo utilizado para prensar o material e (D) temperatura do ferro utilizada nos testes.

Fonte: Autores (2021).

4.3.2 PEAD

Já o polietileno de alta densidade (PEAD) picado (Figura 09) foi alocado em arruelas de tamanhos de parede diferentes (1 mm e 2,5 mm, respectivamente) e submetido ao calor do ferro de passar durante 4 minutos (Figura 09 A).

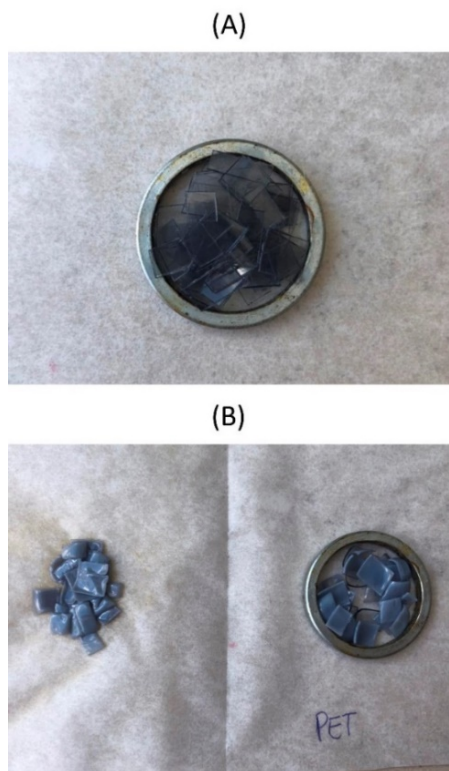


Figura 08 - Teste com ferro de passar roupas com o PET: (A) antes do derretimento e (B) depois do derretimento. Fonte: Autores (2021).

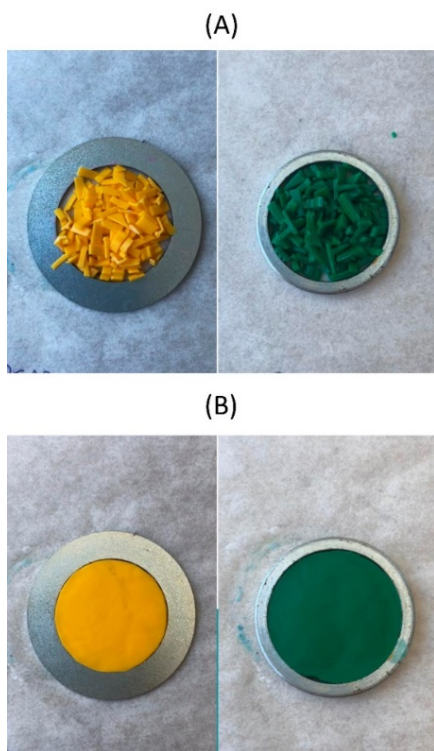


Figura 09 - Teste de ferro de passar roupas com PEAD: (A) antes do derretimento e (B) depois do derretimento. Fonte: Autores (2021).

O material reagiu bem ao teste com o ferro de passar roupas. Os recortes de polímero da amostra se derreteram por completo criando uma superfície lisa e uniforme, sem mostrar nenhum tipo de degradação do material. Além disso, as cores originais do polímero foram completamente preservadas (Figura 09 B). A retração de tamanho do material depois de a amostra resfriada foi pouco significativa.

4.3.3 PEBD

O polietileno de baixa densidade (PEBD) (Figura 10) picado foi também alocado em arruelas de tamanhos de parede diferentes (1 mm e 2,5 mm, respectivamente) e submetido ao calor do ferro de passar durante aproximadamente 4 minutos (Figura 10 A). O material reagiu satisfatoriamente ao teste com o ferro de passar roupas. Os recortes de polímero da amostra se derreteram por completo e uniformemente, criando uma superfície lisa com quase imperceptíveis ondulações. As amostras não apresentaram qualquer sem tipo de degradação do material. As cores originais do polímero foram totalmente preservadas em ambas as amostras, e, a retração do material pós-resfriamento foi muito pouco significativa (Figura 10 B).

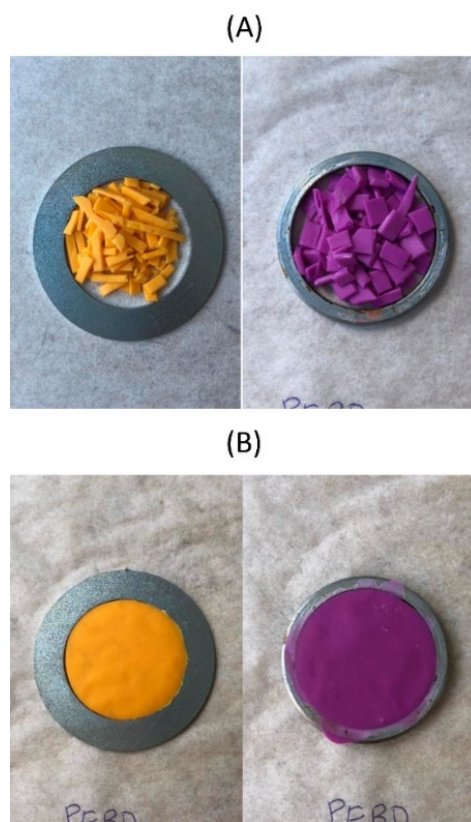


Figura 10 - Teste de ferro de passar roupas com PEBD: (A) antes do derretimento e (B) depois do derretimento. Fonte: Autores (2021).

4.3.4 PP

O polipropileno (PP) picado (Figura 11) foi depositado em arruelas de tamanhos de parede diferentes (1 mm e 2,5 mm, respectivamente) como demonstra a Figura 11 A, e submetido ao calor do ferro de passar roupas por mais ou menos 6 minutos. O material nas amostras não revelou nenhum tipo de degradação em decorrência do calor localizado. O derretimento do polímero picado criou uma superfície lisa e regular, e, além disso, as cores originais do polímero foram completamente preservadas, como podemos observar na Figura 11 B. A retração de tamanho das amostras depois de o polímero arrefecido foi pouco significativa.

Os testes com o ferro de passar roupas revelaram que os polímeros, exceto o PET, reagiram de maneira muito semelhante a esse tipo de processo. De maneira geral, as cores de todos eles foram preservadas, e, na maioria dos casos, a retração de tamanho depois de as amostras resfriadas foi muito baixa. Por esses motivos, esse foi o método escolhido para o reaproveitamento de polímeros neste trabalho.

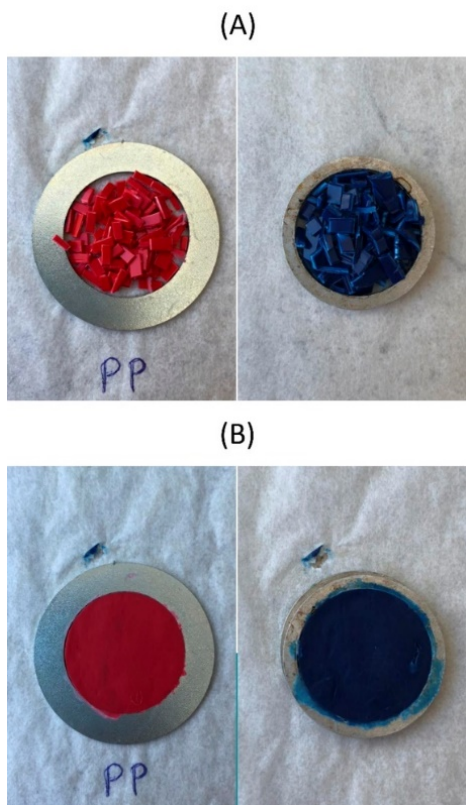


Figura 11 - Teste de ferro de passar roupas com PP.
Fonte: Autores (2021).

5. PROCESSO CRIATIVO

Para o desenvolvimento do processo criativo, durante a fase de geração de alternativas, foi

desenvolvido um painel de estilo visual (Figura 12) para a peça de joalheria. Percebeu-se, durante as fases de teste, que as cores dos polímeros eram uma característica a ser preservada, e que os polímeros com as cores mais vivas tinham um resultado esteticamente mais agradável.



Figura 12 - Painel do estilo visual pretendido para a peça final.
Fonte: Autores (2021).

Com isso, foi feita uma relação com a moda dos anos 60, que utilizava muito de cores vivas, linhas retas e formas geométricas. Foi decidido que a peça a ser produzida seria um “revival” da moda dos anos 60 trazida para o contemporâneo. Observando-se os polímeros e suas cores, e as formas que apareciam no painel imagético, foram realizados desenhos de alternativas (Figura 13). Foram utilizadas formas geométricas, como círculos e retângulos, a fim de separar bem as cores dos polímeros a serem utilizados. A partir das alternativas geradas, foi escolhido o formato de um pingente para a aplicação de todo o processo. A alternativa escolhida, foi definida devido a uma maior área de aplicação do polímero, dando maior destaque ao material e ao processo de reciclagem.



Figura 13 - Geração de alternativas.
Fonte: Autores (2021).

5.1 Processo de fabricação do pingente

Para a materialização da peça, o método utilizado foi o de joalheria artesanal de bancada, tendo todos os processos sido realizados manualmente (Figura 14). Para a fabricação da parte metálica, foi utilizada a prata 950 juntamente com um liga de cobre. Cabe salientar, que os metais utilizados neste artigo, são também, materiais reciclados, *i.e.*, sobras de processos anteriores juntamente com metais recuperados e purificados. O primeiro passo para a fabricação do pingente foi a fundição do metal e a laminação em formato de chapa (Figura 14 A). Após a laminação, desenvolveu-se uma espécie de caixas, através de dois círculos, para o posicionamento dos pedaços de polímeros, para o posterior derretimento.

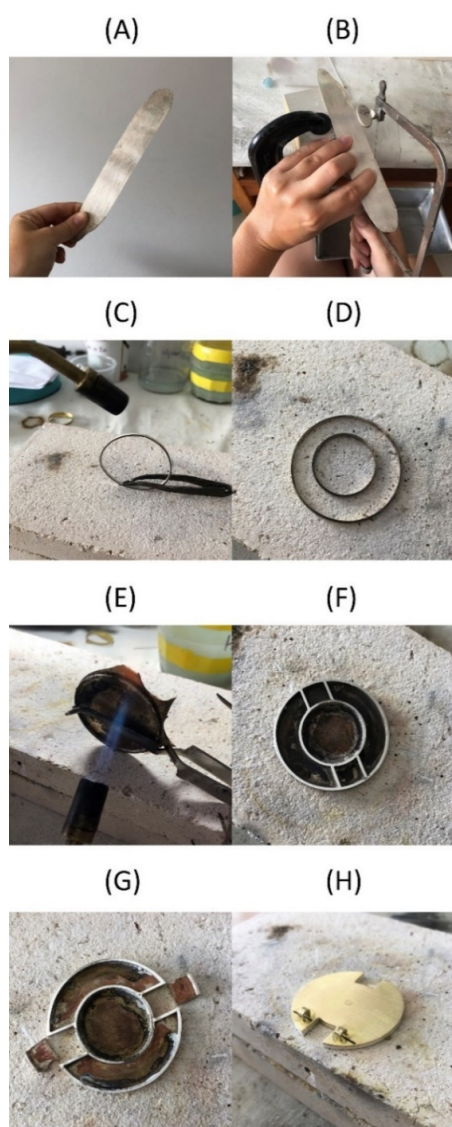


Figura 14 - Processo de fabricação da parte metálica: (A) chapa de prata; (B) recortes; (C) e (D) círculos soldados; (E) círculos de prata sendo soldados à chapa; (F) chapas para estrutura; (G) recorte das partes sobressalentes e (H) soldagem das argolas.

Fonte: Autores (2021).

Na joalheria, estas caixas são utilizadas para a cravação de gemas de cor. Para isso, foi recortado com uma serra de ourives duas chapas com comprimentos diferentes, para a obtenção de dois círculos de raios distintos (Figura 14 B). Após o recorte, as chapas foram moldadas, com a ajuda de alicates, para a obtenção de dois círculos perfeitos, um maior e outro menor, e soldadas (Figura 14 C e D). Após os dois círculos foram soldados concêntricamente à uma chapa de maior área (Figura 14 E).

Os excessos desta chapa foram recortados, formando um círculo perfeito com duas “paredes” de prata concêntricamente. Em seguida, foram recortadas quatro chapas de 2,5 milímetros de largura e 1 centímetro de comprimento, que foram soldadas no plano entre os círculos, de modo a uni-los. (Figura 14 F). O espaço entre essas chapas foi recortado, obtendo-se a forma final, que se compõem de três caixas onde irá alocar-se o material polimérico (Figura 14 G). Argolas foram soldadas à parte traseira da peça (Figura 14 H), onde posteriormente irá passar o cordão do pingente.

Para a fabricação da parte polimérica da peça, foi escolhido o método de reciclagem com o ferro de passar roupas, por ter mostrado os melhores resultados se comparado ao método do forno elétrico. Como nos testes com PEAD, PEBD e PP não houve retração significativa de tamanho após o resfriamento, a escolha do polímero a ser utilizado para a peça final se deu pela variedade de cores encontrada. Em decorrência disso, foi escolhido o polipropileno (PP) para a fabricação da peça (Figura 15).

As cores escolhidas foram: vermelho, proveniente de uma embalagem de sorvete; azul marinho, proveniente da tampa de uma embalagem de requeijão e azul claro translúcido, proveniente de uma embalagem de chicletes. Os polímeros escolhidos foram picotados em pequenos pedaços (Figura 15 A). Na parte metálica, na lateral esquerda da caixa, os pedaços poliméricos da cor azul translúcido, foram posicionados e cobertos com papel manteiga e aquecidos com o ferro de passar roupas com uma temperatura de 200 °C aproximadamente, e em torno de 6 minutos (Figura 15 B). Para este processo o papel manteiga foi adicionado somente na parte superior, pois na inferior encontra-se o metal (Figura 15 C). Aguardou-se até a peça arrefecer e então retirou-se o papel manteiga e removeu-se as pequenas rebarbas de polímero provenientes da prensagem com o auxílio de um estilete (Figura 15 D). Esse mesmo processo foi então repetido para as duas cores de polímero restantes, azul marinho na parte da caixa

localizada a direita e vermelho na parte central da peça (Figura 15 E e F).

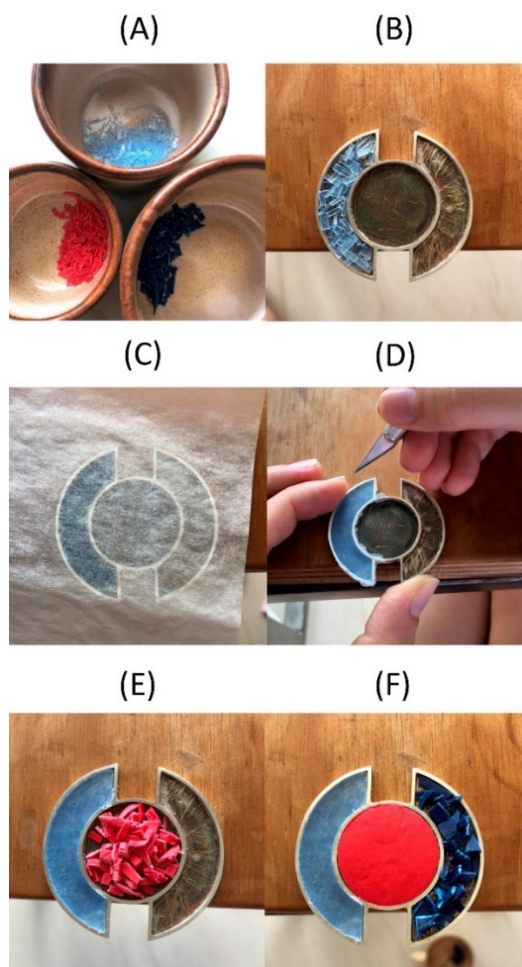


Figura 15 - Processo de fabricação da parte polimérica: (A) polímeros em pedaços; (B) polímero azul translúcido posicionado na caixa; (C) cor azul translúcido com papel; (D) rebarbas sendo removidas; (E) polímero vermelho posicionado e (F) cor azul marinho alocada. Fonte: Autores (2021).

6. RESULTADOS

O resultado alcançado com a reciclagem de polímeros coloridos foi a concepção e fabricação de uma peça de joalheria contemporânea (Figura 16). Os testes de reciclagem mostraram como cada tipo de polímero se comporta na reciclagem por calor, em dois métodos diferentes. Com os testes, foi possível escolher o melhor método e o polímero mais adequado para utilização em uma peça joalheria.

A peça final é composta por três caixas, cada uma preenchida com uma cor de polímero diferente. Na Figura 16 A, é possível observar o resultado do pingente. Já nas Figuras 16 B e C apresentam detalhes da peça e a Figura 16 D demonstra a utilização da joia. O resultado final é uma peça de joalheria contemporânea,

mesclando os polímeros, materiais inusitados e reciclados, atrelados a metais de ampla utilização.

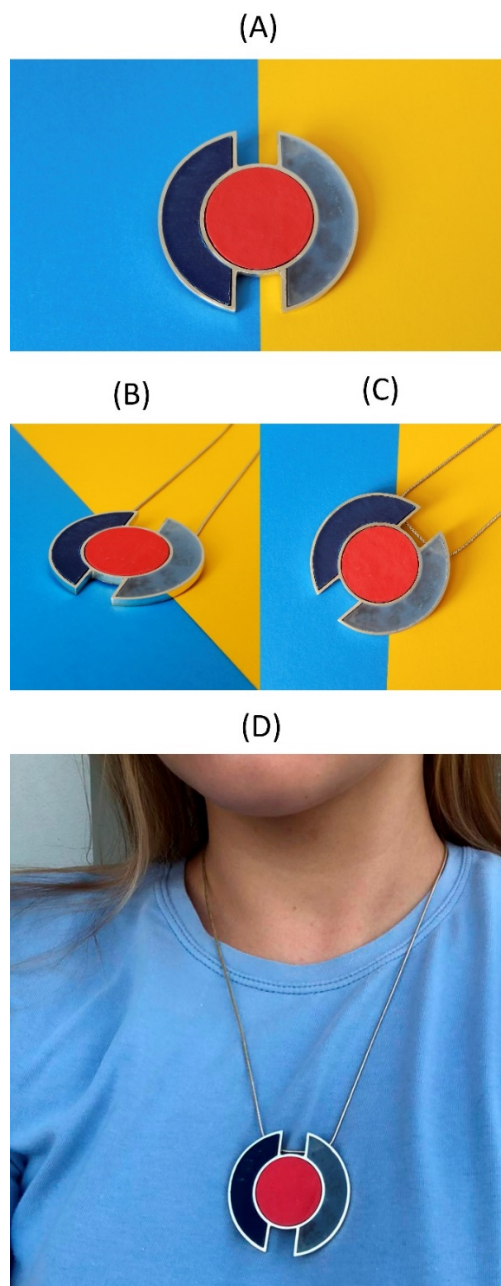


Figura 16 - Resultado final do pingente. Fonte: Autores (2021).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo procurou demonstrar uma alternativa para os problemas de como o design pode incorporar materiais descartados, especificamente os polímeros, que iriam direto para o descarte - muitas vezes incorreto - em novos produtos, nesse caso, na joalheria contemporânea. É sabido que a maioria dos polímeros tem grande potencial para serem reciclados, mas como visto, muitos são

descartados de forma incorreta, causando problemas ambientais. Também é de conhecimento geral que o volume de produção de polímeros é imenso, e por isso entende-se que a reutilização de materiais poliméricos na joalheria é apenas uma pequena contribuição do design para solucionar o problema do descarte inadequado.

Por ser um projeto de escala doméstica, essas experiências não pretendem solucionar a questão, mas sim, opções a serem consideradas e posteriormente pensadas. Outras alternativas a se levar em conta são a reciclagem em geral desses resíduos, e a substituição, principalmente em embalagens, de polímeros tradicionais por biodegradáveis, além da utilização de materiais de origem renovável.

O projeto teve como objetivo a proposta da reciclagem de polímeros descartados em meio doméstico, por esse motivo, optou-se por um processo artesanal que pode ser reproduzido facilmente por terceiros que se interessem em reciclar esses materiais. O resultado da produção da peça joalheira foi considerado satisfatório, e, através do mesmo, pode-se perceber que a reciclagem de polímeros de modo caseiro por calor localizado é um processo relativamente fácil de realizar, bastante rápido e de baixo custo. O processo pode ser utilizado na confecção de joias contemporâneas, mas também para compor outros produtos diversos.

O artigo se propõe a contribuir no auxílio da disseminação da informação sobre a importância de um consumo mais consciente e equilibrado, visando a economia circular e a ressignificação dos resíduos. Também chama atenção para a questão do designer como produtor de novas ideias e soluções para problemas recorrentes e já intrincados na sociedade, criando oportunidades e sendo um agente de mudanças. O projeto aliou técnicas já tradicionais e seculares de produção joalheria, a conceitos de joalheria contemporânea e a materiais inusitados e de descarte, culminando com a produção de uma peça de joalheria com material reciclado.

REFERÊNCIAS

ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 2017. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama_abrelpe_2017.pdf> Acesso em: 1 ago. 2021.

ASHBY, M. F.; JOHNSON, K. **Materiais e design: a arte e a ciência da seleção de materiais no design de produto**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

ASHBY, M.; SHERCLIFF, H.; CEBON, D. **Materiais: engenharia, ciência, processamento e projeto**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

BRASIL. LEI No 12.305 DE 2 DE AGOSTO DE 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 2 ago. 2010.

CIDADE, M. K.; PALOMBINI, F. L.; LIMA, N. F. F.; DUARTE, L. C. 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.

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.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos**. Brasília: IPEA, 2012. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/121009_relatorio_residuos_solidos_urbanos.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2020.

FAGGIANI, K. **O poder do design: da ostentação à emoção**. Brasília: Thesaurus, 2006.

FORLIN, F. J.; FARIA, J. A. F. **Considerações sobre a reciclagem de embalagens plásticas**. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, São Carlos, v.12, n.1, p. 1-10, 2002.

FURTADO, A. et al. **Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável**. In: XI Conselho Latino-Americano de Ciências Sociais. Recife, 1994.

GOLA, E. **A joia: história e design**. São Paulo: Senac, 2008.

GONÇALVES, T. M.; BARROSO, A. F. F. **A economia circular como alternativa à economia linear**. In: XI Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe. Sergipe, 2019.

GOULART, J. S.; CARVALHO, H. M. T.; RIBEIRO, R. **Elementos culturais brasileiros aplicados em acessórios femininos**. In: XIX Seminário Acadêmico da APEC. Barcelona, 2014.

Jewelry in Merriam Webster Dictionary. Disponível em: <<https://www.merriam-webster.com/dictionary/jewelry>>. Acesso em 23 jan. 2021.

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

MANZINI, E. **Design para a inovação social e sustentabilidade: Comunidades criativas, organizações colaborativas e novas redes projetuais**. Rio de Janeiro: E-papers, 2008.

MATGE, P. R. **Vida útil do aterro municipal de santa maria é de 10 anos**. 2018. Disponível em: <<https://diariosm.com.br/not%C3%ADcias/geral/vida-%C3%BAtil-do-aterro-municipal-de-santamaria-%C3%A9-de-10-anos-1.2046818>>. Acesso em: 20 abr. 2018.

MERCALDI, M. A.; MOURA, M. Definições da joia contemporânea. **Revista Moda Palavra E-Periódico**, ano 10, n.19, 2017.

MOURA, M. **Joia contemporânea brasileira: objeto em diálogo com o corpo e com a moda**. In: VI Congresso Internacional de Pesquisa em Design. Universidade Anhembi Morumbi. 2011.

ONU **Meio Ambiente aponta lacunas na reciclagem global de plástico**. Disponível em <<https://noticias.ambientebrasil.com.br/clipping/2019/01/04/149552-reciclagem.>>. Acesso em: 23 jan. 2021.

PALOMBINI, F. L.; CIDADE, M. K.; DE JACQUES, J. J. How sustainable 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.

TEIXEIRA, A. C. Educação ambiental: caminho para a sustentabilidade. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, Brasília, n.2, p. 23 - 31, 2007.

VASCONCELOS, Y. **Planeta Plástico**. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/planetaplastico/>>. Acesso em: 23 jan. 2021.

Tipos de Plástico - saiba qual é o mais adequado para o seu produto. Disponível em <<http://www.maispolimeros.com.br/2018/10/15/tipos-de-plastico-2/>>. Acesso em: 02 mar. 2021.

WORLDOMETER. **Polímero**. Disponível em: <<https://www.worldometers.info/pt/>>. Acesso em: 24 jan. 2021.

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8990-2339>

IVI PIVETTA VIERO (IPV), DESENHISTA INDUSTRIAL | Universidade Federal de Santa Maria - UFSM | Desenho Industrial | Santa Maria - RS, Brasil | Correspondência para: Av. Roraima, 1000, prédio 40, sala 1136 | e-mail: ivipivettaviero@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5893-383X>

MARIANA KUHL CIDADE (MKC), Dra. | Universidade Federal de Santa Maria - UFSM | Departamento de Desenho Industrial | Santa Maria - RS, Brasil | Correspondência para: Av. Roraima, 1000, prédio 40, sala 1136 | e-mail: mariana.cidade@ufsm.br

COMO CITAR ESSE ARTIGO

VIEIRO, Ivi Pivetta; CIDADE, Mariana Kuhl. Experiências com Processos de Reciclagem de Polímeros para a Joalheria. **MIX Sustentável**, v. 8, n. 3, p. 93-105, mai. 2022. ISSN-e: 24473073. [.php/mixsustentavel>](http://dx.doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2022.v8.n3.93-105). DOI: <http://dx.doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2022.v8.n3.93-105>.

Submetido em: 11/03/2021

Aprovado em: 23/11/2021

Publicado em: 31/05/2022

Editora Responsável: Lisiane Ilha Librelotto

Registro da contribuição de autoria:

Taxonomia CRediT (<http://credit.niso.org/>)

IPV; MKC: conceituação, metodologia, administração do projeto, visualização.

IPV: análise formal, investigação, validação, escrita -rascunho original.

MKC: supervisão, escrita -revisão e edição.

Declaração de conflito: nada foi declarado.