



Design e economia circular: estudos e experimentações com a reciclagem de polímeros

Design and circular economy: studies and experiments with polymer recycling

Tayná Steiger Mai, graduanda no Curso de Desenho Industrial, UFSM

taynas.mai@gmail.com

Ana Paula Palhano, graduanda no Curso de Desenho Industrial, UFSM

ana.palhano@acad.ufsm.br

Felipe Luís Palombini, Professor no Departamento de Desenho Industrial, UFSM

felipe.palombini@ufsm.br

Carolina Iuva de Mello, Professora no Departamento de Desenho Industrial, UFSM

carolina.mello@ufsm.br

[Linha temática: T5. Design Circular]

Resumo

Os polímeros são materiais amplamente utilizados na composição de diversos objetos cotidianos. Eles surgiram como um material inovador, devido ao seu baixo custo e versatilidade, atualmente, entretanto, os polímeros se apresentam como um dos maiores vilões ambientais e esforços vêm sendo feitos para minimizar seu impacto na natureza. Entre as abordagens existentes, destaca-se a economia circular, que visa reinserir os materiais em processo produtivo. Nesse contexto, a atuação do designer se mostra fundamental. Assim, o presente artigo tem por objetivo relatar experimentações feitas com a reciclagem de polímeros termoplásticos pós-consumo, com o intuito de compreender melhor as possibilidades de aplicação em projetos de novos artefatos. Do ponto de vista metodológico, trata-se de uma pesquisa exploratória que visa aprofundar a compreensão do tema. Entende-se que um maior domínio acerca das possibilidades e restrições da reciclagem dos polímeros permitirá aos futuros designers uma atuação profissional mais efetiva em prol da sustentabilidade.

Palavras-chave: Reciclagem de termoplásticos; Polímeros; Economia circular

Abstract

Polymers are widely used materials in the composition of various everyday objects. They emerged as an innovative material, due to their low cost and versatility, however, currently, polymers are among the major environmental concerns, and efforts are being made to minimize their impact on nature. Among the existing approaches, circular economy stands out, aiming to reintegrate materials into the production process. In this context, the role of the designer is pivotal. Thus, this article aims to report experiments conducted on the recycling of post-consumer thermoplastic polymers, with the goal of better understanding the possibilities of application in designing new artifacts.

Methodologically, it is an exploratory research aiming to deepen the understanding of the subject. It is understood that a greater mastery of the possibilities and limitations of polymer recycling will enable future designers to have a more effective professional role in favor of sustainability.

Keywords: *Recycling of thermoplastics; Polymers; Circular economy*

1. Introdução

O conceito de economia circular surge com a intenção de evitar que toda a força de trabalho e o valor econômico empregados em um produto se perca no descarte. Ou que somente após o fim da sua vida útil que se comece a ser pensada uma maneira de recuperação do mesmo. O objetivo dessa abordagem é que os produtos existam em um sistema fechado, onde possam ser reutilizados, reciclados ou remanufaturados para continuarem circulando no mercado ou se tornem matéria prima para novos produtos (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2013).

A atuação do designer nesse contexto é fundamental. Em projetos sustentáveis e circulares todo o ciclo de vida de um produto é considerado com o objetivo de minimizar os impactos ambientais em todas as fases, desde a extração da matéria até o uso, visando evitar o descarte. Na concepção de um produto para a economia circular são levados em conta os materiais, processos produtivos, distribuição, armazenamento, a maneira como o usuário utilizará o produto e como acontecerá a recuperação após o fim de sua vida útil (MANZINI; VEZZOLI, 2002).

Um dos materiais mais utilizados nos produtos industriais são os materiais poliméricos, em especial os termoplásticos. Sua produção cresceu juntamente com a indústria do século XX e eles passaram a integrar a composição de diversos objetos cotidianos devido à sua versatilidade, leveza, maleabilidade, baixo custo e densidade (MARTINS, 2020). Atualmente, entretanto, eles se apresentam como um dos maiores vilões ambientais (GALL; THOMPSON, 2015) e esforços vêm sendo realizados para impedir que os polímeros continuem poluindo os solos, rios e oceanos.

Enquanto não surjam outros materiais que possam competir com os polímeros em critérios de custo, leveza e fácil moldabilidade, e substituí-los de forma benéfica para a natureza, uma forma de lidar com a produção de bens de consumo que necessitem ser feitos a partir de polímeros termoplásticos é por meio do projeto de produtos que visem à reciclagem ao fim de sua vida útil. Assim, a partir do exposto, o presente artigo tem por objetivo relatar experimentações com a reciclagem de polímeros termoplásticos, em um ambiente acadêmico, com o intuito de compreender melhor as possibilidades de aplicação do material secundário em projetos de novos artefatos.

2. Fundamentação Teórica

2.1. Economia Circular e o Design

O modelo econômico atual é o que chamamos de economia linear, baseado em um sistema de extração-produção-descarte. Nela, os produtos são produzidos, distribuídos, utilizados durante algum tempo e, então, descartados. Tudo em uma escala tão grande ao ponto de a natureza não dar conta de sustentar a quantidade de rejeitos. Como um contraponto para esse sistema, surge o conceito de economia circular. Esta proposta se inspira nos ciclos da própria natureza, que se regenera e mantém em equilíbrio, e tem como meta que o conceito de ‘fim de vida’ de um produto seja substituído por um modelo de produção em circuito fechado, sem perdas, otimizado para a desmontagem, reciclagem, reuso, ou para servirem como nutrientes biológicos (MCDONOUGH; BRAUNGART, 2013; ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2013).

O papel dos designers no funcionamento dessa economia está no ‘design circular’. Um projeto que tenha a intenção de se adequar às necessidades sustentáveis e deixa de considerar o produto de maneira isolada para começar a interpretá-lo como parte de um conjunto complexo de interações (BONSIEPE, 1978). No design circular, os produtos são projetados para existirem em ciclos, de forma com que possam ser reparados, reutilizados, remanufaturados, tenham seu uso maximizado (contrariando a obsolescência programada) e possuam sistemas universais, que se adaptem ao uso. O design para a circularidade deve eliminar o desperdício e a poluição e fazer com que os objetos e materiais se reintegrem ao ciclo, avaliando as matérias primas utilizadas, gasto energético de produção, manufatura, embalagem, distribuição, objetivo do uso e que estratégia será utilizada para que os componentes continuem circulando pelo maior tempo possível.

Manzini e Vezzoli (2002, p. 99) defendem que "os requisitos ambientais devem ser levados em consideração desde a primeira fase do desenvolvimento de um produto". Para o projeto de produtos com menor impacto ambiental e voltados para a economia circular é necessário planejar o ciclo de vida do produto de modo a minimizar os impactos ambientais negativos em todas as suas etapas. Segundo Kazazian (2005, p. 55), “fundamentalmente, o produto ecológico não existe. Qualquer produto terá impactos ambientais”. Assim, é ideal que sejam observadas as estratégias apropriadas para cada fase, condizente com o produto que está sendo desenvolvido, com a intenção de minimizar ao máximo a implicação que ele terá no meio ambiente.

Quando se pensa em um produto sustentável, os materiais empregados são a primeira questão a ser notada pela população em geral e, possivelmente, pelos designers. A seleção de materiais de menor impacto ambiental é uma estratégia a ser utilizada e a avaliação desse impacto pode ser observada na extração da matéria prima, no método de transformação na fase de produção e no nível de complexidade de recuperação do material após o uso (MANZINI; VEZZOLI, 2002). Em outras situações, entretanto, a seleção de um material com maior durabilidade pode ser o fator decisivo para garantir o aumento da vida útil, porque evita a substituição rápida.

O redesenho da estrutura do produto pode garantir a diminuição da quantidade de material necessário para a manufatura, assim como minimizar os refugos. A utilização de recursos energéticos também é um fator a ser levado em conta na escolha de processos produtivos, localização das instalações fabris, meios de transporte para distribuição e o armazenamento (MANZINI; VEZZOLI, 2002), isso porque “o produto em si, vendido como um elemento independente e homogêneo, é uma ilusão. Levar esse produto ao mercado exige, além de infraestrutura, uma multidão de outros produtos para sua fabricação, seu transporte e sua utilização” (KAZAZIAN, 2005, p. 36).

Desse modo, destaca-se a relevância do estudo dos materiais e processos para o design circular, especialmente em relação às suas possibilidades de reciclagem. Na contemporaneidade, os polímeros imperam como um dos materiais mais comumente utilizados nos artefatos do dia a dia. Por esse motivo, justifica-se seu estudo de forma com que, quando seu uso não possa ser reduzido ou evitado, seja um produto projetado com responsabilidade, visando à recuperação do material polimérico pós-consumo.

2.2. Polímeros

Os polímeros costumam ser protagonistas nas discussões sobre poluição, isso porque são os resíduos com mais implicações para a natureza atualmente, seguidos pelo vidro e pelos metais (MARTINS, 2020). Segundo um relatório da ONU, sete bilhões de toneladas de polímeros gerados entre 1950 e 2017 se tornaram lixo, sendo que três quartos foram destinados a aterros sem gerenciamento ou acabaram na natureza e em oceanos (UNEP, 2021).

Por ser bastante durável, os polímeros permanecem por séculos no meio ambiente após seu descarte, e sua baixa densidade proporciona que eles sejam facilmente levados pelo vento e pela água, o que é um dos fatores que provoca a poluição dos oceanos e áreas remotas (RYAN, 2015). Além disso, uma grande parte dos polímeros sintéticos é derivada do petróleo, uma fonte não renovável e que durante a sua extração contribui para o desgaste ambiental e o descontrole do efeito estufa (WWF, 2022).

Não existe uma única abordagem que deve ser seguida para reduzir os impactos causados pelos polímeros. A Ellen MacArthur Foundation (2013) sugere que a economia circular seja o elemento chave para alcançar a sustentabilidade, por meio de três abordagens: (i) eliminar os polímeros que não precisamos, substituindo por outros materiais e criando embalagens reutilizáveis ou sistemas de refil; (ii) fazer circular o plástico que precisamos, com redesign para a circularidade, por meio de reutilização, reciclagem e compostagem; e (iii) inovar em escala e velocidade sem precedentes, por meio de novas tecnologias e modelos de negócios que possibilitem a transição para a economia circular.

O presente trabalho tem foco na reciclagem dos polímeros, compreendendo que essa é uma alternativa que deve ser usada quando não for possível reduzir o uso ou reutilizar o produto. Além disso, entende-se também que, dentro da economia circular, essa abordagem já deve ser considerada durante a etapa de projeção do produto, para que se analise não só o potencial de reciclabilidade de um material, mas também o gasto energético da reciclagem e o valor de mercado do polímero após o processo.

3. Procedimentos Metodológicos

Levando em consideração o embasamento teórico exposto acima sobre a economia circular e a problemática em torno dos polímeros, do ponto de vista dos objetivos, a presente pesquisa é exploratória, visando aprofundar a compreensão do tema de estudo. Os experimentos foram realizados no Laboratório de Estudos Tridimensionais (LABETRI) da

[omitido para revisão cega], tendo sido registrados por meio de anotações e fotografias, de forma que os conhecimentos gerados pudessem servir de base para projetos futuros.

Se trata de um projeto de experimentação e verificação inicial do processo de recuperação de resíduos poliméricos por meio da reciclagem mecânica. No qual foi desenvolvido um modelo em MDF cortado no equipamento a laser EXLAS-X4, que serviu para o desenvolvimento de um molde utilizando a borracha de silicone rígida para fundição, da marca Redelease, para reciclagem dos materiais secundários. Detalhes desses processos serão apresentados no tópico seguinte.

4. Resultados e Discussões

A primeira parte da pesquisa consistiu em escolher os materiais que seriam testados, levando em consideração os seis tipos mais comuns de materiais poliméricos que são o politereftalato de etileno (PET), o polietileno de alta densidade (PEAD), o policloreto de vinila (PVC), o polietileno de baixa densidade (PEBD), o polipropileno (PP) e o poliestireno (PS). As características de cada um deles foram analisadas para compreender sua viabilidade e complexidade de reciclagem mecânica.

O PET foi descartado como possibilidade por ser o polímero com maior índice de reciclagem atualmente (PICPLAST, 2022). O PVC também foi descartado por ser um material que pode liberar gases tóxicos e o PEBD por sua aplicação mais comum ser em sacos e sacolas, tendo uma espessura bastante fina e que dificultaria os testes. Entre as opções de PEAD, PP e PS, então, optou-se pelos dois primeiros, por serem mais abundantes em embalagem e, conseqüentemente, no lixo doméstico, o que tornaria mais fácil de conseguir juntar em grandes quantidades.

A partir da decisão do material, com a intenção de compreender as particularidades e o comportamento desses dois polímeros no processo de reciclagem, foram realizados testes com cada um dos materiais, utilizando um forno e um molde de borracha de silicone. Esse molde possuía variações de altura, curvas e pontas, justamente para observar como cada polímero se comportaria nessas formas durante o derretimento.

O molde foi feito a partir de um modelo composto por três chapas de MDF (painel de fibra de média densidade), com seis milímetros de espessura cada, cortadas no laser CO₂ e coladas sobrepostas, sendo que a maior dessas chapas tinha as dimensões de oito por dez centímetros. O formato do molde é abstrato, as formas angulares e pontiagudas têm a intenção de testar como o material polimérico se comportaria e conformaria nessas situações. As diferenças de alturas e tamanhos serviram para observar como o calor agiria através de espessuras distintas do silicone.

Esse modelo de MDF foi colocado em uma forma retangular feita a partir de uma caixa de leite, na qual foi vertida a borracha silicone. O material utilizado no processo foi a borracha de silicone vermelha rígida da marca Redelease, e foi seguida a orientação do fabricante de misturar a quantidade desejada com 5% de catalisador, misturar e então despejar na forma onde estavam as peças de MDF. Após 48 horas a borracha de silicone foi desenformada e o resultado pode ser observado na figura 01.

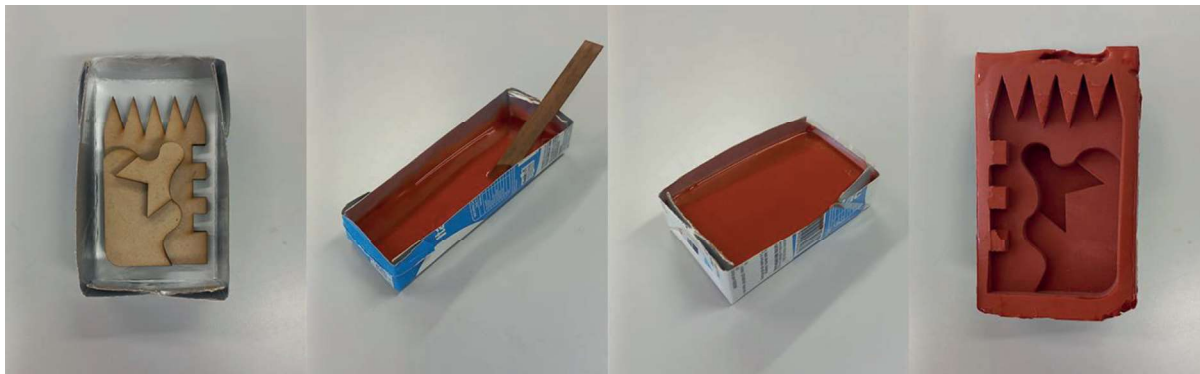


Figura 1: Produção do molde de borracha de silicone. Fonte: elaborado pelos autores.

Com relação aos polímeros selecionados, foram recolhidas diversas embalagens de ambos os tipos, as quais foram higienizadas em um balde de água e cortadas. Os cortes foram feitos à mão, em função de não serem necessárias grandes quantidades de material para as experimentações, com tesoura e estilete, de modo que os pedaços precisaram ficar pequenos para facilitar o derretimento e a conformação no molde. A figura 2 demonstra esse processo.

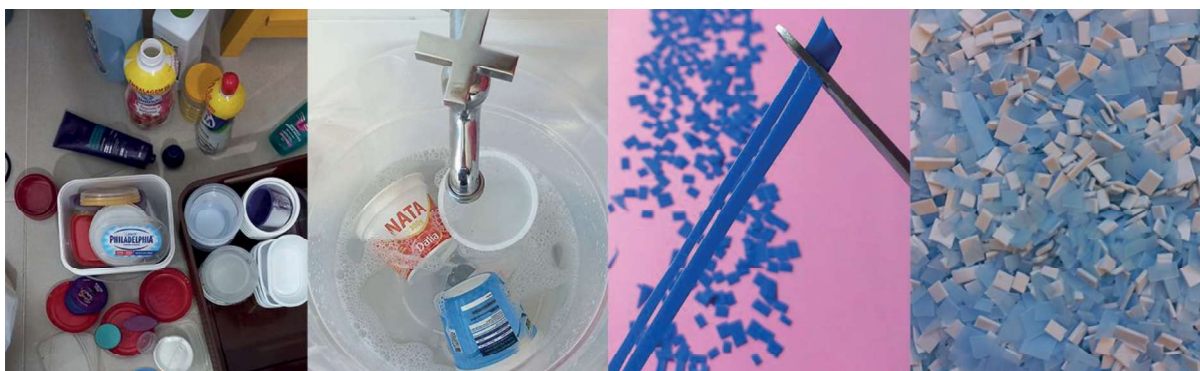


Figura 2: Seleção, lavagem e corte das embalagens de PP e PEAD. Fonte: elaborado pelos autores.

Os testes de derretimento dos polímeros foram realizados em um forno industrial (Figura 3), disponível no LABETRI, com o auxílio do técnico responsável. É importante ressaltar que esse é um forno destinado a atingir altas temperaturas e, portanto, sofre oscilações de temperatura em temperaturas baixas, como é o caso dos testes de derretimento de polímeros termoplásticos realizados.



Figura 3: Forno industrial do LABETRI. Fonte: elaborado pelos autores.

Para o primeiro teste, em que seria utilizado o polipropileno, o forno foi pré-aquecido por 15 minutos, aumentando a temperatura aos poucos até atingir 170°C. As seções do polipropileno foram colocadas até o topo no molde de borracha de silicone, que foi então posicionado dentro do forno. Durante um período de duas horas, de 20 em 20 minutos, o forno foi aberto e o molde foi retirado para que o derretimento do polímero pudesse ser observado e, com um objeto metálico, o material era apertado e empurrado para adentrar as partes menores do molde.

Conforme o polipropileno ia derretendo e, conseqüentemente, se espalhava pelo molde, acrescentava-se mais material para preencher até o topo. Após duas horas, o molde foi retirado do forno e se aguardou cinco minutos para desenformá-lo. Quando o polipropileno começou a ser retirado, notou-se certa dificuldade em soltá-lo do molde, pois o material concentrado na parte inferior não havia derretido na totalidade, provavelmente porque as paredes do molde eram mais espessas e a temperatura que chegava ali não era suficiente para fundir o polipropileno. Várias partes do molde também racharam durante a retirada. A figura 4 demonstra o processo desse primeiro teste e apresenta o resultado.



Figura 4: Primeira experimentação com polipropileno. Fonte: elaborado pelos autores.

Foi necessário, então, realizar um novo teste com o polipropileno, optando por adicionar o material no molde aos poucos e, desta vez, foi pincelada vaselina na borracha de silicone antes de colocar o polipropileno. O teste iniciou com o preenchimento apenas da camada mais baixa do molde, na temperatura de 170°C e, em função de ser uma quantidade menor de polímero, o forno foi aberto de 20 em 20 minutos nas duas primeiras vezes.

Depois disso, optou-se por aumentar a temperatura para 180°C, para observar o comportamento do material, e abrir o forno de 30 em 30 minutos. Esta decisão foi positiva porque deixou o polímero mais maleável, facilitando na hora de compactá-lo com a haste metálica. Em cada abertura do forno o molde era retirado e acrescentava-se mais material em cima.

Em função da superfície do primeiro teste ter ficado com um aspecto bastante granuloso, houve a ideia de cortar uma chapa de MDF no formato superior do molde, com a intenção de pressionar essa chapa contra o polímero e deixar a superfície mais lisa. O resultado deste experimento foi muito mais satisfatório, todas as partes da peça passaram por derretimento

e a aplicação da pressão resultou em uma peça bem menos porosa. Esse segundo teste está representado na figura 5.



Figura 5: Segunda experimentação com polipropileno. Fonte: elaborado pelos autores.

Para a terceira experimentação, foi utilizado o polietileno de alta densidade (PEAD). Pincelou-se vaselina no molde e os pedaços de material foram sendo colocados em camadas aos poucos, da mesma forma que o teste anterior. Esse polímero tem uma temperatura mais baixa de ponto de fusão, sendo encontrado na literatura a indicação de cerca de 135°C (GROOVER, 2017). Inicialmente, essa foi a temperatura colocada no forno e, como se observou que o polipropileno ficava mais amolecido sendo mantido por 30 minutos no forno, optou-se por manter o polietileno nesse intervalo de tempo também.

O que foi percebido, entretanto, é que o PEAD não estava derretendo o suficiente, dificultando que os pedaços se aglutinassem no molde, mesmo apertando com o objeto metálico. Em função disso, decidiu-se subir a temperatura aos poucos, a cada 30 minutos, após a peça ser colocada de volta no forno, para observar o comportamento do material. Ao

todo a peça foi retirada do forno nove vezes e a temperatura final foi de 180°C, assim como o polipropileno. A figura 6 demonstra esse processo.



Figura 6: Experimentação com polietileno de alta densidade. Fonte: elaborado pelos autores.

Com as peças de PP e PEAD prontas, foram realizados testes de corte e acabamentos, também no LABETRI. Iniciando pelo corte na serra, cada peça foi serrada perto da extremidade pontiaguda, sendo que a de PEAD ficou com superfície mais lisa após o corte e a de PP ficou com um aspecto áspero. Depois foi realizado um teste de acabamento com uma lixadeira de bancada, na lateral de cada peça, sendo que o resultado foi parecido com a serra, tendo a superfície do PEAD ficado novamente bastante lisa, e a do PP um pouco mais áspera, provavelmente necessitando de mais tempo de lixamento com outra granulometria de lixa.

O último teste de corte realizado foi o corte a laser. Foi utilizada a parte pontiaguda das peças, que já havia sido seccionada, pois tinha uma menor espessura, com aproximadamente 5mm. Em relação a esse corte, percebeu-se que deformava um pouco o material, já que

utiliza calor, trazendo um resultado não tão preciso. O PP foi cortado pelo laser com mais facilidade, enquanto o PEAD necessitou de maior potência para que a máquina realizasse o corte. O resultado dessas experimentações está apresentado na figura 7.



Figura 7: Testes de lixamento (A), corte com serra (B), e corte a laser (C). Fonte: elaborado pelos autores.

De maneira geral, essas experimentações serviram para explorar as possibilidades que os polímeros pós-consumo podem trazer, demonstrando sua reciclabilidade mesmo em situações de pequena escala. Os testes no forno foram importantes para a compreensão das características do PP e do PEAD, de forma a entender seus comportamentos durante o derretimento, percebendo, por exemplo, que o processo deveria ser feito em camadas para garantir que todas as partes fossem atingidas pelo calor.

Com relação às experimentações posteriores, as duas primeiras tiveram um resultado satisfatório, já que os cortes com a serra não danificaram a peça e a lixadeira deixou a superfície com um acabamento bem mais liso. Apenas o teste no corte a laser se demonstrou não ser uma alternativa interessante para ambos os polímeros, já que não traz um resultado preciso devido à deformação causada pelo calor.

5. Considerações Finais

Esta pesquisa buscou experimentar a viabilidade de reciclagem mecânica do PP e PEAD em um contexto acadêmico, utilizando recursos de baixa complexidade de forma a prever também sua aplicabilidade em projetos de design. Essas experimentações podem servir como base para que atividades futuras com esses materiais sejam feitas com mais agilidade, evitando resultados falhos como a primeira tentativa com o PP e no corte a laser.

Com relação a comparar as duas últimas peças, nota-se que a única diferença que chama a atenção são as consistências, sendo que o PEAD se apresentou mais viscoso que o PP, mesmo quando sua temperatura foi igualada em 180°C. Esse fator, entretanto, não influenciou no resultado final, sendo que as duas amostras ficaram com aspectos bem semelhantes, mesmo nos testes do corte com a serra, e no acabamento com lixa.

Apesar desses experimentos terem sido realizados em um forno industrial, é importante ressaltar que, como esses polímeros não necessitam de temperaturas altas para o derretimento, fornos domésticos também podem ser uma alternativa, desde que, claro, não sejam mais utilizados para o preparo de alimentos.

Com relação ao molde de borracha de silicone, não se demonstrou uma alternativa muito viável no ponto de vista desse experimento. Quando a peça de MDF foi desmoldada já ocorreu um rasgo no material, o que foi compreensível, entretanto, devido à complexidade do formato da peça, com camadas, dentes e pontas. Em cada uma das vezes subsequentes, em que os polímeros eram desmoldados, ocorreram outros rasgos ou quebras, também devido ao formato do molde. O que chamou a atenção, contudo, foi o desgaste que a borracha de silicone foi sofrendo na parte interna ao longo dos experimentos, de forma com que pedaços da superfície começaram a esfarelar, resultando em pedaços no material grudados de maneira bastante visível na peça de PEAD.

Pode-se concluir que a reciclagem desses polímeros é viável com equipamentos de baixa complexidade, mas exigem um tempo relativamente grande no forno, impactando então em gastos energéticos. É importante compreender sua relevância como material de experimentação para os alunos, tanto em termos de conscientização sobre a necessidade de incluir a sustentabilidade como um requisito de projeto, quanto para estimular a percepção sobre os materiais e a criatividade em formas de aplicá-lo.

O derretimento no molde faz com que seja viável o desenvolvimento de artefatos simples como porta copos, pingentes de chaveiros, ganchos e botões, podendo também ser utilizado em peças de joalheria. Essa forma de reciclagem de polímeros proporciona ainda mais valor agregado com as possibilidades de combinações de cores dos materiais coletados, que resultam em superfícies mescladas e padrões únicos.

Referências

BONSIEPE, G. **Teoría y práctica del diseño industrial**: elementos para una manualística crítica. Gustavo Gili, 1978.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards a circular economy**: Economic and business rationale for an accelerated transition. 2013.

GALL, S. C; THOMPSON, R. C. The impact of debris on marine life. **Marine Pollution Bulletin**, v. 92, n. 1-2, p. 170-179, mar. 2015. Disponível em: www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X14008571. Acesso em 07 jun. 2022.

GROOVER, M. P. **Fundamentos da moderna manufatura**, v.2. Rio de Janeiro: LTC, 2017



KAZAZIAN, T. **Haverá a idade das coisas leves: design e desenvolvimento sustentável.** São Paulo: Editora Senac, 2005.

MANZINI, E; VEZZOLI, C. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais.** São Paulo: Edusp, 2002.

MARTINS, M. **Poluição por plástico: A crise ambiental e as políticas europeias e nacionais.** Orientador: Doutor José Eduardo Ventura. 202. 112 p. Tese (Mestrado). Gestão do Território - Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa. Lisboa, 2020.

McDONOUGH, W; BRAUNGART, M. **Cradle to cradle: criar e reciclar ilimitadamente.** São Paulo: G.Gili, 2013

PICPLAST. 4ª Pesquisa Anual de índice de Reciclagem de Plástico no Brasil. 2022. Disponível em: www.abiplast.org.br/publicacoes/pesquisa_reciclagem_picplast. Acesso em 12 set. 2023.

RYAN, P. A Brief History of Marine Litter Research. IN: BERGMANN, Melanie; GUTOW, Lars; KLAGES, Michael. **Marine Anthropogenic Litter.** Springer Open, 2015. p. 1–25.

UNEP - United Nations Environment Programme. **From Pollution to Solution: A global assessment of marine litter and plastic pollution.** Nairobi: Synthesis, 2021.

WWF - World Wide Fund for Nature. **Impactos ambientais do petróleo pressionam o setor para a energia limpa.** Disponível em: www.wwf.org.br/?84444/impactos-ambientais-do-petroleo-pressionam-o-setor-para-a-energia-limpa. Acesso em 12 set. 2023.