

Materiais problemáticos e Joalheria sustentável: experimentos de reciclagem de embalagens

Problematic materials and sustainable Jewelry: packaging recycling experiments

Palombini, Felipe Luis; Dr.; UFRGS

felipe.palombini@ufrgs.br

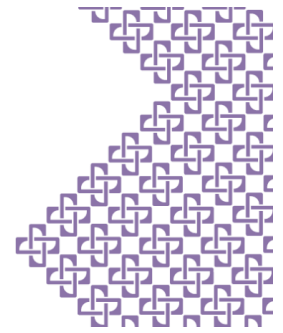
Cidade, Mariana Kuhl; Dr.; UFSM

mariana.cidade@ufsm.br

Resumo

A recuperação de resíduos é um dos principais problemas para um desenvolvimento sustentável no Brasil, em especial no que diz respeito aos plásticos de uso único, como embalagens, que não possuem interesse comercial e, assim, afetam aspectos ambientais, econômicos e sociais. Este trabalho apresenta processos experimentais simplificados de reciclagem de cápsulas de café de PP e recipientes de EPS, com o objetivo de valorizá-los. Para isso, foram desenvolvidos moldes para conformação do material reciclado como elementos de destaque a serem aplicados em pingentes de prata recuperada de sucata e lixo eletrônico. Os resultados mostraram a importância do design em buscar soluções criativas para aplicação de materiais que, apesar de não possuírem um valor de mercado significativo, apresentam um potencial para serem aplicados em propostas diferenciadas.

Palavras-chave: Plásticos de uso único, Reciclagem, Design



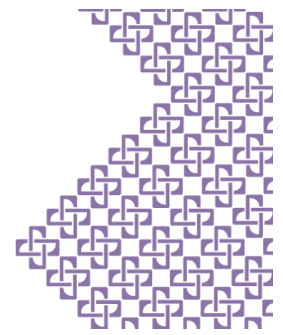
Abstract

Waste recovery is one of the main problems for a sustainable development in Brazil, especially with regard to single-use plastics, such as packaging, which have no commercial interest and thus affect environmental, economic, and social aspects. This paper presents simplified experimental procedures for recycling PP coffee capsules and EPS containers, with the aim of enhancing them. For this purpose, molds were developed for shaping the recycled material as featured elements to be applied in silver pendants recovered from scrap and electronic waste. The results showed the importance of design in seeking creative solutions for the application of materials that, despite not having a significant market value, have a potential to be applied in different proposals

Keywords: *Single-use plastics, Recycling, Design*

Introdução

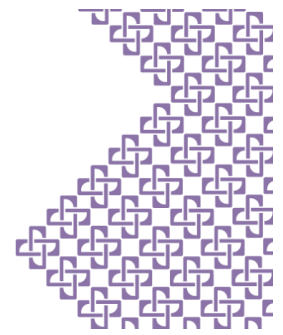
O tratamento de resíduos sólidos é uma das principais questões de preocupação no Brasil, tanto em capitais quanto em municípios do interior. Em praticamente todo o país, o tratamento do lixo seco depende da atuação dos chamados Centros ou Unidades de Triagem, associações responsáveis pela separação do material recolhido pelas respectivas prefeituras (CAMPOS, 2014; PALOMBINI; CIDADE; DE JACQUES, 2017). Entre suas atribuições constam a identificação e seleção do material recebido entre categorias gerais, como resinas plásticas diversas (PET, PP, PEAD...), vidros, metais (alumínio, aço...) entre outros, e comercializá-lo como material secundário, sendo que o dinheiro arrecadado torna-se o principal meio de sustento de muitos trabalhadores de baixa renda das associações. Quando há pouca quantidade de um determinado material, o mesmo é estocado até ser comercializado. Contudo, um dos principais problemas deste fluxo é que os materiais que não possuem interessados em adquiri-lo acabam sendo descartados pelos Centros e, tal como o lixo orgânico, são destinados a aterros sanitários (MORENO; CIDADE, 2019). Mesmo que o material tenha atributos técnicos para ser reinserido em um novo ciclo produtivo, se ele não possui interessados em adquiri-lo o mesmo é descartado e desperdiçado. Alguns Centros de Triagem são equipados com maquinários para higienização e até de pré-processamento para polímeros, tais como moinhos de facas e aglutinadores (PALOMBINI, 2015), que aumentam tanto o valor do material secundário



quanto o interesse de compradores, porém a grande maioria ainda depende somente de prensas para compactá-lo, o que diminui sua perspectiva de venda.

Dentre os principais tipos de materiais descartados e considerados problemáticos, no que diz respeito à sua recuperação, encontram-se os poliméricos (CIDADE *et al.*, 2021). No Brasil é estimado que das 11 toneladas de plástico gerado anualmente, aproximadamente, apenas 1,3% seja reciclado ou recuperado (WIT *et al.*, 2019). E quando considerados somente os plásticos pós-consumo – como principalmente aqueles oriundos de embalagens – esta quantidade tende a ser ainda menor. Nesta categoria, destacam-se os chamados “plásticos de uso único”, como canudos, talheres, sacolas, pratos e recipientes de modo geral, os quais tiveram um significativo aumento derivado da pandemia de COVID-19 (PALOMBINI; CIDADE, 2021). Devido à sua natureza “descartável”, tais produtos tornaram-se preferidos por não serem reutilizados e assim evitarem a chance de contaminação, entretanto, mesmo em cidades, estados e até países que estes itens foram banidos, com a pandemia muitas leis foram revogadas, aumentando seu consumo (ABIPLAST, 2020; PARASHAR; HAIT, 2021).

Considerando o tripé da sustentabilidade, a recuperação de resíduos sólidos no Brasil, como as embalagens de uso único, é um problema relacionado às esferas ambiental, por evitar a poluição de diferentes ecossistemas; econômica, por aumentar o aproveitamento de materiais desperdiçados; e social, por gerar maior renda aos trabalhadores dos Centros de Triagem (PALOMBINI; CIDADE; DE JACQUES, 2017). Desse modo, como o principal fator de rejeição das embalagens poliméricas pós-consumo é o seu baixo valor econômico – principalmente frente ao baixo custo de poliolefinas virgens – torna-se de grande importância buscar alternativas para valorizar este tipo de resíduo. A joalheria contemporânea trata da mistura da utilização de técnicas, estilos e materiais não-convencionais com aqueles considerados mais tradicionais (CIDADE *et al.*, 2016), estando cada vez mais associada com aspectos sustentáveis. Como principal característica, tem a valorização de materiais variados – como plásticos, madeiras, borrachas, vidros, entre outros – como um elemento destaque em peças com alto nível de acabamento, muitas vezes com experimentação e abordagens inovadoras (CAMARGO *et al.*, 2019; GUERRA; CIDADE, 2019). Sendo o design um atividade projetual de criação e resolução de problemas, este trabalho apresenta estudos experimentais de recuperação de dois tipos de embalagens poliméricas de uso único e sem um interesse comercial significativo – embalagens de poliestireno expandido e de cápsulas de café de polipropileno, através da reciclagem e da aplicação do material secundário em peças de joalheria contemporânea, com o objetivo de levantar subsídios técnicos para valorização do resíduo em novas alternativas.



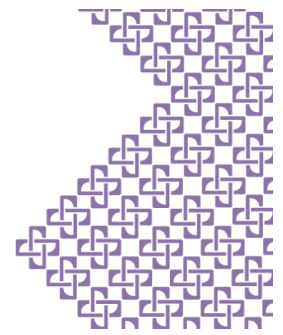
Materiais e métodos

Para este artigo, foram realizados experimentos com dois tipos de embalagens plásticas pós-consumo, ambas sem um interesse comercial significativo e, portanto, frequentemente descartadas em Centros de Triagem, conforme visto na Figura 1. O primeiro ensaio utilizou cápsulas de café (Fig. 1A), as quais foram coletadas, limpas (Fig. 1B) e desmontadas (Fig. 1C), para se trabalhar com o corpo das mesmas, o qual foi identificado como sendo de polipropileno (PP), sendo organizadas por suas cores principais (preto, branco e marrom). O segundo estudo foi realizado com recipientes de polipropileno expandido (EPS) provenientes de embalagens para acondicionar alimentos e refeições de tele-entrega (Fig. 1D), as quais também foram higienizadas e separadas por cores (Fig. 1E).



Figura 1 — Embalagens plásticas poliméricas pós-consumo: (A) cápsulas de café de PP com (B) higienização e (C) desmontagem; (D) recipientes de EPS e (E) separação por cores. Fonte: Autores (2021).

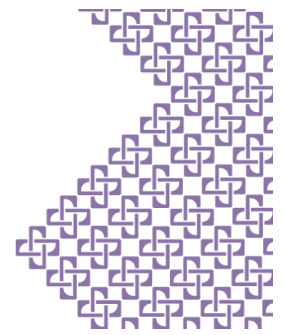
Os materiais secundários obtidos foram reprocessados com o objetivo de serem reutilizados como materiais de destaque no projeto de dois pingentes. Para o PP e o EPS foram seguidos processos



de reciclagem mecânica e química, respectivamente. Os processos de reciclagem de cada material (Fig. 2) foram conduzidos de maneira “artesanal”, *i.e.*, sem a utilização de equipamentos específicos (como extrusoras e injetoras). O objetivo foi buscar um meio de mostrar como os métodos poderiam ser replicados mais facilmente. Inicialmente, foi realizada a fabricação de dois moldes em silicone com o objetivo de dar forma a cada material a ser reciclado, utilizando-se peças para criar modelos em negativo (Fig. 2 A e B). Para as cápsulas, a peça foi projetada com temática relacionada a café, sendo fabricada através do corte de uma chapa de MDF em laser (Fig. 2A, detalhe A1). Já para as embalagens de EPS, devido ao esperado brilho do material quando modelado após a reciclagem, o molde em negativo foi produzido com gemas verdadeiras, de modo a replicar o efeito de diferentes lapidações nas peças produzidas com o material reciclado (Fig. 2B, detalhe B1). A fabricação de cada molde foi realizada com o posicionamento das peças em dois recipientes de aço inox, um para a de MDF e o outro para as gemas. Os recipientes foram cobertos por borracha de silicone, sendo então vulcanizados por 1h a 180°C. Depois de resfriadas, as peças originais foram removidas dos moldes, deixando o padrão em negativo de cada modelo (Fig. 2A, detalhe A2 e Fig. 2B, detalhe B2).

Para a reciclagem e modelagem das cápsulas de café, o material foi picotado manualmente, sendo depositado, em cores específicas, no interior do molde de silicone (Fig. 2C) e levado a um forno pré-aquecido a 200°C. Após o material derreter, uma nova camada de material foi depositada. Para a terceira e última camada, o topo do molde foi compactado com uma placa de metal para diminuir a quantidade de espaços vazios (porosidade) no modelo obtido (Fig. 2D). Já para a modelagem das embalagens de EPS, o material foi distribuído, também em cores específicas, no interior de um recipiente cerâmico (Fig. 2E), sendo vertida acetona como solvente. Após, o material foi posicionado no molde das gemas (Fig. 2F), sendo deixado por 48h para evaporar e, assim, modelar as peças. Após esse período, as peças foram removidas do molde e deixadas ao ar livre por 1 semana, para que a acetona evaporasse totalmente. Ambos os processos foram repetidos para geração de peças de diferentes variações de cores. As Figuras 2G e 2H mostram algumas das peças finais obtidas com os resíduos reciclados de embalagem de PP e EPS, respectivamente.

Com a finalidade de mostrar a aplicação na joalheria contemporânea, as peças recicladas obtidas foram inseridas em dois pingentes. Para estes experimentos, as joias foram fabricadas utilizando-se técnicas da joalheria artesanal. Como material nobre de base, foi empregada a liga conhecida como prata de lei, a qual é composta por 95% Ag e 5% Cu. A prata foi reutilizada a partir de retalhos de outras peças e o cobre foi recuperado de resíduos eletroeletrônicos – de fios, bobinas e pequenos motores. De modo geral, após a formação e fundição da liga, foram seguidos processos como



laminação em formato de fio e chapa, recortes com arco de serra e flexão com alicates. Para finalizar, as peças foram limadas, lixadas e polidas para acabamento.

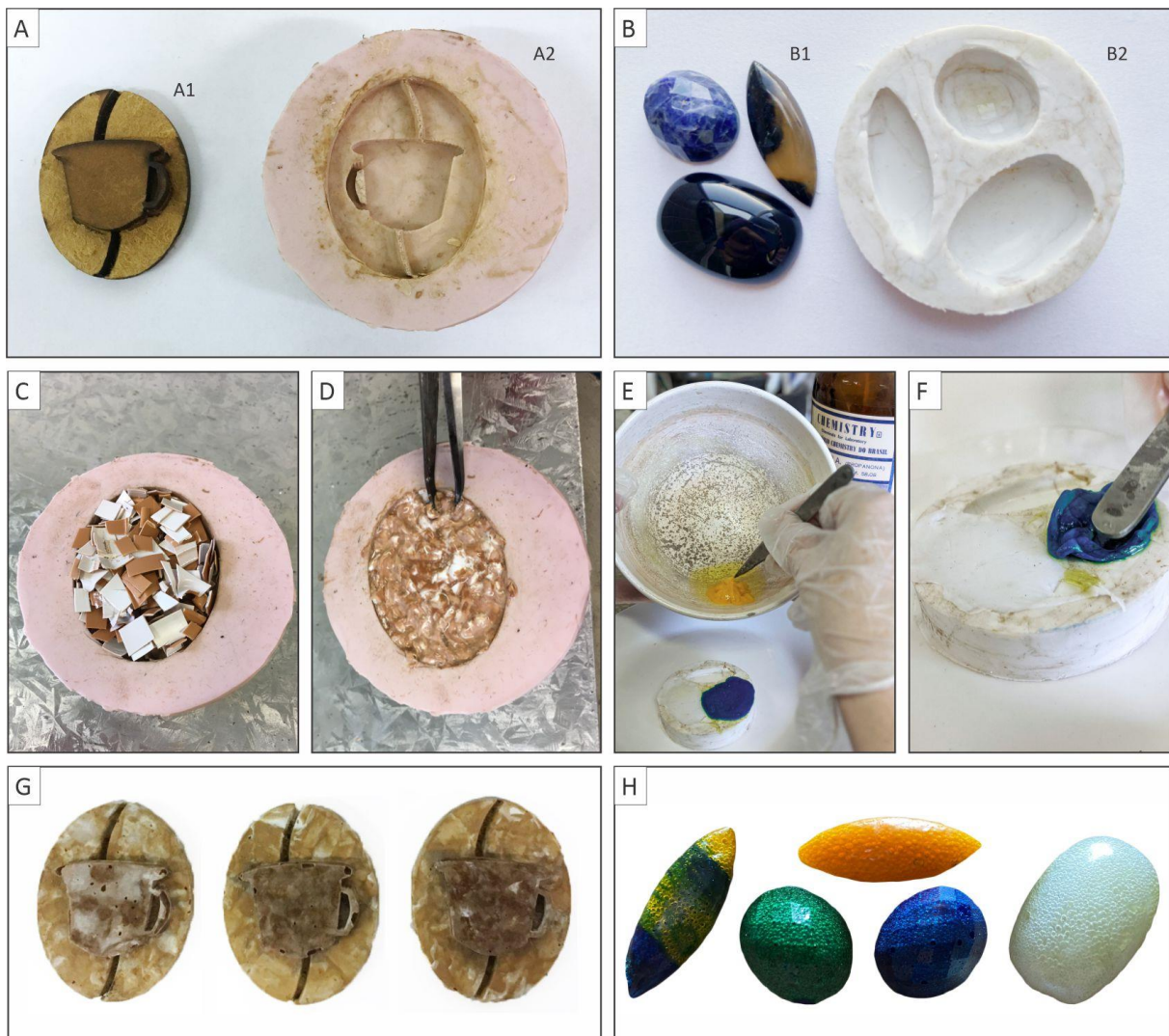
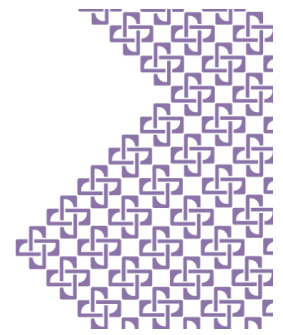


Figura 2 — Experimentos de reciclagem: fabricação do molde para as (A) cápsulas de PP, com peça original em MDF (A1) e molde obtido (A2), e para as (B) embalagens de EPS, com gemas originais (B1) e molde obtido (B2); (C) deposição em camadas do PP picotado e (D) camada final após derretimento; (E) dissolução do EPS em acetona e (F) aplicação no molde; exemplos de peças finais obtidas de (G) PP e (H) EPS reciclados. Fonte: Autores (2021).

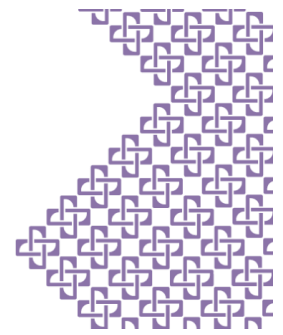


Resultados e discussão

A Figura 3 apresenta as imagens dos pingentes finais com liga fabricada com prata recuperada de sucata e com cobre extraído de resíduos eletroeletrônicos. Como destaque nas peças, foi proposta a experimentação da utilização de alternativas de gemas com objetivos sustentáveis. O pingente com uma peça de destaque de PP reciclado de cápsulas de café pode ser visualizado na Figura 3A. Apesar dos processos de moldagem executados de maneira simplificada, ou seja, sem a utilização de extrusora, injetora e demais equipamentos específicos, a peça de PP obtida apresentou um nível razoável de acabamento, com poucas falhas e porosidade aparente. Já o pingente proposto para aplicação de uma peça obtida com a reciclagem das embalagens de EPS é apresentado na Figura 3B. De maneira similar, a peça de EPS também apresentou uma porosidade referente ao agente expensor que não foi removido totalmente na dissolução com acetona. Contudo, devido o padrão de modelagem do EPS reciclado no molde de silicone permitiu a replicação das facetas da lapidação da gema original, as quais foram ressaltadas devido ao alto brilho do material.



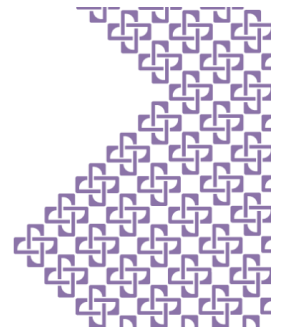
Figura 3 — Aplicação das peças de embalagens poliméricas recicladas como destaque em pingentes de prata com resíduos provenientes: (A) das cápsulas de café de PP; e (B) dos recipientes de EPS. Fonte: Autores (2021).



Salienta-se que, com a mistura aleatória de diferentes cores de cápsulas de café de PP e dos recipientes de EPS, foi possível obter uma textura não-homogeneizada e, até, determinados níveis de gradientes cromáticos (PALHANO; MELCHIORIS; CIDADE, 2021). Como vantagem, este processo confere a cada peça obtida um aspecto único, o qual, segundo Rognoli *et al.* (2015), remete a uma sensação de fabricação artesanal sendo, inclusive, capaz de auxiliar na valorização de sua aplicação em um projeto. De modo semelhante, Karana e Nijkamp (2014) comentam que produtos que possuem uma abordagem sustentável não apenas podem como devem apresentar características estéticas específicas, tais como singularidade e autoexpressão, as quais podem ser apreciadas socialmente, podendo ser obtidas por meio de plástico reciclado, entre outros.

Sabe-se que, quando reprocessados, os materiais poliméricos tendem a apresentar algum nível de degradação química, a qual conseqüentemente reflete em suas propriedades mecânicas. Principalmente, destaca-se que processos de reciclagem podem levar determinados polímeros a reduzirem suas fases elásticas, tornando-os mais frágeis (AZAPAGIC; EMSLEY; HAMERTON, 2003), o que pode vir a limitar sua utilização em determinadas aplicações. No caso deste estudo, contudo, devido à aplicação dos materiais reciclados possuir apenas a função de servir como um elemento decorativo em pingentes, o foco principal foi predominantemente dado com relação ao seu aspecto aparente. Desse modo, não foram investigadas atributos relacionados à resistência das peças, tanto as de PP quanto as de EPS. Isso se deve em virtude de que, durante sua possível utilização em pingentes, pressupõe-se que as peças não deverão estar sujeitas a solicitações mecânicas externas significativas, não exigindo, portanto, proteções adicionais aos materiais reciclados.

Outro ponto a ser destacado é com relação ao aspecto estético das peças de plástico reciclado. Nestas atividades de experimentação com o PP, o meio de fundição por camadas, sem utilizar nenhuma pressão para modelar além da gravidade e da aplicação de uma placa de aço, levou a algumas dificuldades para preenchimento do molde, especialmente em regiões com detalhes mais finos. Neste caso, recomenda-se que modelos a serem utilizados no molde, seguindo este processo, apresentem detalhes com espessuras um pouco maiores. Já quanto ao outro experimento, mesmo dissolvendo o material com acetona e comprimindo-o no molde, as peças resultantes de EPS mantiveram-se com um aspecto poroso em seu interior, possível de ser visualizado pela translucidez do material. Contudo, nas superfícies originalmente em contato com o molde a porosidade foi notada apenas em poucas regiões de vértices das facetas. Desse modo, a recomendação para esta técnica é evitar regiões com geometrias muito pontiagudas nos modelos originais.

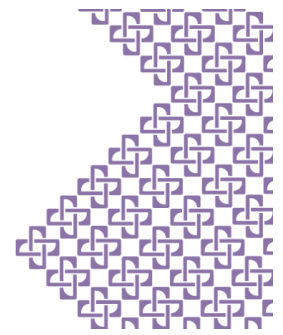


Considerações finais

A recuperação de resíduos sólido urbanos, principalmente os derivados de produtos plásticos de uso único, como embalagens, é uma questão que ainda influencia e perdura em diferentes aspectos para um desenvolvimento sustentável no Brasil. Além de contaminarem o meio ambiente quando descartados de maneira regular ou não, tais tipos de resíduos possuem um valor técnico inexplorado em potencial e, com ele, uma chance de crescer renda a trabalhadores que dele dependem para seu sustento. Este trabalho apresentou estudos experimentais com o objetivo de valorizar resíduos poliméricos oriundos de dois tipos de embalagens de uso único que possuem pouco interesse comercial na sua comercialização, quando material secundário para reinserção em novos ciclos produtivos: cápsulas de café de PP e recipientes de EPS.

Foram seguidos experimentos simplificados de reciclagem mecânica e química com as embalagens poliméricas com o intuito de aumentar seu valor agregado como resíduo. Assim, foram desenvolvidos moldes para conformação dos materiais em elementos de destaque a serem incluídos em peças para joalheria contemporânea. Com a utilização de uma liga com metais recuperados de sucata e lixo eletrônico, foram desenvolvidos dois pingentes, exemplificando como materiais com virtualmente nenhum interesse econômico podem ser empregados em diferentes soluções de design, auxiliando na extensão de sua vida útil.

Por mais que a problemática abordada neste trabalho – a poluição por plástico – seja conhecida de maneira geral pelo grande público, o reconhecimento da questão ainda permanece como algo a ser discutido, uma vez que os detalhes que envolvem seus mecanismos e limitações práticas não são amplamente conhecidos. Neste sentido, destaca-se a importância de divulgar que materiais oriundos de resíduos sólidos urbanos, por mais que possuam um potencial técnico de serem reciclados e reinseridos em ciclos produtivos, esbarram na falta de interessados em adquiri-los, desencadeando uma série de problemas ambientais, econômicos e sociais. Portanto, o desenvolvimento de novos modos de recuperação surge como uma possibilidade para gerar uma maior valorização de resíduos e um caminho para geração de novas ideias para amenizar o problema.

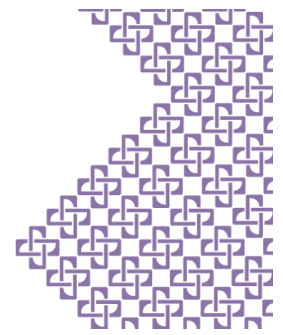


Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – 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/UFESM, Wagner Jesus da Silva Garcia.

Referências

1. CAMARGO, K. R.; BLAYA, L. R. G.; GARCIA, W. J. DA S.; CIDADE, M. K. **Joalheria Contemporânea: aplicação de tecnologia laser CO2 em borracha EPDM**. Blucher Design Proceedings. **Anais...** São Paulo: Editora Blucher, mar. 2019
2. CAMPOS, H. K. T. Recycling in Brazil: Challenges and prospects. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 85, p. 130–138, abr. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.10.017>
3. CIDADE, M. K.; PALOMBINI, F. L.; LIMA, N. F. F.; DUARTE, L. DA C. Método para determinação de parâmetros de gravação e corte a laser CO2 com aplicação na joalheria contemporânea. **Design e Tecnologia**, v. 12, p. 54–64, 2016. DOI: <https://doi.org/10.23972/det2016iss12pp54-64>
4. CIDADE, M. K.; PALOMBINI, F. L.; PALHANO, A. P.; MELCHIORS, A. Experimental Study for the Valorization of Polymeric Coffee Capsules Waste by Mechanical Recycling and Application on Contemporary Jewelry Design. In: MUTHU, S. S. (Ed.). **Sustainable Packaging**. Singapore: Springer-Nature, 2021. p. 85–110. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-16-4609-6_4
5. GUERRA, A. L.; CIDADE, M. K. Design e Joalheria: desenvolvimento de uma joia com óleos essenciais para o alívio de sintomas alérgicos. **Design e Tecnologia**, v. 9, n. 18, p. 115–130, 30 jun. 2019. DOI: <https://doi.org/10.23972/det2019iss18pp115-130>
6. KARANA, E.; NIJKAMP, N. Fiberness, reflectiveness and roughness in the characterization of natural and high quality materials. **Journal of Cleaner Production**, v. 68, p. 252–260, 1 abr. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.001>



7. MORENO, S. D. N. DE S.; CIDADE, M. K. SUSTENTABILIDADE E JOALHERIA: RECICLAGEM DE EPS PARA APLICAÇÃO EM JOIAS. **MIX Sustentável**, v. 5, n. 4, p. 27–39, 14 nov. 2019. DOI: <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2019.v5.n4.27-39>
8. PALHANO, A. P.; MELCHORS, A.; CIDADE, M. K. Processos criativos de repetição e combinações cromáticas aplicados no desenvolvimento de produtos sustentáveis. **Revista Educação Gráfica**, v. 25, n. 1, p. 182–194, 2021.
9. PALOMBINI, F. L. **Design de equipamento híbrido para o reprocessamento de resíduos poliméricos : aglutinador e moinho de facas**. 2015. 256 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.
10. PALOMBINI, F. L.; CIDADE, M. K. Possibilities for the Recovery and Valorization of Single-Use EPS Packaging Waste Following Its Increasing Generation During the COVID-19 Pandemic: A Case Study in Brazil. In: MUTHU, S. S. (Ed.). **Sustainable Packaging**. Singapore: Springer-Nature, 2021. p. 265–288. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-16-4609-6_10
11. 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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.016>
12. PARASHAR, N.; HAIT, S. Plastics in the time of COVID-19 pandemic: Protector or polluter? **Science of The Total Environment**, v. 759, p. 144274, 10 mar. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144274>
13. ROGNOLI, V.; BIANCHINI, M.; MAFFEI, S.; KARANA, E. DIY materials. **Materials and Design**, v. 86, p. 692–702, 5 dez. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2015.07.020>
14. WIT, W. DE; HAMILTON, A.; SCHEER, R.; STAKES, T.; ALLAN, S. **Solving Plastic Pollution through Accountability, A Report for WWF**. Gland, Switzerland: [s.n.]. Disponível em: <https://www.wwf.fi/mediabank/12129.pdf>.