

Desenvolvimento de Ecojoia a partir de Resíduos de Fabricação por Filamento Fundido (FFF)

Development of Eco-Jewelry from Fused Filament Fabrication (FFF) Manufacturing Waste

Ana Luísa Felisberto de Amorim, Mestranda, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

analuisadeamorim01@gmail.com

Mariana Pohlmann, Doutora, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

mariana.pohlmann@ufrgs.br

Fabio Pinto da Silva, Doutor, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

fabio.silva@ufrgs.br

Número da sessão temática da submissão - [05]

Resumo

A expansão do uso de impressoras 3D tem aumentado a geração de resíduos plásticos associados à manufatura aditiva. Nesse contexto, o reaproveitamento desses materiais representa uma estratégia alinhada aos princípios da economia circular. Este artigo apresenta o desenvolvimento de uma ecojoia a partir de resíduos de fabricação por filamento fundido (FFF), utilizando o polímero ácido polilático (PLA). Como resultado, foi produzido um par de brincos em PLA reciclado, adornado com zircônias de 1 mm e base em prata 950. Os resultados indicam a viabilidade técnica do reaproveitamento de resíduos de FFF no desenvolvimento de ecojoias.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Reciclagem; Fabricação por filamento fundido; Design de joias; Ecojoias

Abstract

The growing use of 3D printers has increased plastic waste associated with additive manufacturing processes. In this context, reusing such materials represents a strategy aligned with circular economy principles. This study presents the development of an eco-jewel using waste generated by Fused Filament Fabrication (FFF), specifically polylactic acid (PLA). As a result, a pair of earrings made from recycled PLA was produced, incorporating 1 mm cubic zirconia stones and 950 silver posts. The results demonstrate the technical feasibility of reusing FFF waste for eco-jewelry production.

Keywords: Sustainability; Recycling; Fused filament fabrication; Jewelry design; Eco-jewelry

1. Introdução

Atualmente os polímeros vêm sendo amplamente empregados na fabricação de embalagens, vestuário, brinquedos e na produção de componentes para diferentes ramos produtivos. Nesse contexto, a popularização da fabricação por filamento fundido (FFF) consolidou-se como uma alternativa viável e acessível à manufatura aditiva, possibilitando maior precisão e padronização dos produtos. Entretanto, o uso intensivo dessa tecnologia tem resultado na geração expressiva de resíduos poliméricos configurando-se como um passivo ambiental relevante. Song e Telenko (2017) monitoraram o uso de 25 impressoras 3D por FFF em uma instituição de ensino superior onde foram gerados 36,67 kg de resíduos, a partir da utilização de 106 kg de polímero. O aproveitamento dos resíduos poliméricos provenientes da impressão 3D tem-se revelado como uma estratégia ambiental, uma vez que, apesar das vantagens associadas à manufatura aditiva, seu uso ainda é acompanhado pela geração significativa de descartes, consequência do emprego não otimizado da tecnologia (Sallenave *et al.*, 2020).

O reuso de materiais se relaciona diretamente com o comportamento sustentável do consumidor que tende à aquisição de produtos com baixos impactos ambientais. Atitudes e preocupações ambientais, controles comportamentais percebidos, conhecimento ambiental, norma subjetiva, eficácia percebida do consumidor e coletivismo são fatores que influenciam este comportamento.

Posto esse cenário, as ecojoias podem ser produzidas sem impacto ambiental significativo, de maneira ética, com materiais sustentáveis e recicláveis (Kaur; Munde, 2024). Assim, o conceito de economia circular tem sido abordado, influenciando todas as fases de produção de um novo produto, contribuindo fortemente para a obtenção de novos materiais mais sustentáveis e com um ciclo final mais ecológico (Aliotta *et al.*, 2024). O presente artigo objetiva estudar a elaboração de uma ecojoia empregando resíduos de FFF visando ao desenvolvimento sustentável agregado a um design moderno.

2. Revisão

Foi adotado o método de revisão narrativa que se caracteriza pela identificação e síntese das principais contribuições bibliográficas sobre determinado tema, permitindo a construção de um panorama do estado da arte (Andrade, 2021). Para o levantamento bibliográfico, foram realizadas buscas nas bases Google Scholar, Scopus e Portal de Periódicos CAPES, considerando publicações entre 2000 e 2024. Foram utilizados termos como “*Fused Filament Fabrication*”, “*PLA recycling*”, “*additive manufacturing waste*”, “*eco-jewelry*”, “*circular economy*” e “*ecodesign*”, em português e inglês. Foram incluídos artigos científicos, livros e trabalhos acadêmicos relacionados à reciclagem de polímeros, manufatura aditiva e design sustentável, sendo excluídas publicações que não apresentassem relação direta com o escopo da pesquisa. Esse procedimento permitiu identificar estudos relevantes sobre reciclagem de polímeros na manufatura aditiva, princípios de ecodesign e aplicações de materiais alternativos no design de joias.

2.1. Polímeros utilizados na fabricação por filamento fundido

A seleção do material na fabricação por filamento fundido (FFF) é um fator determinante para o desempenho das peças produzidas, pois influencia diretamente suas propriedades mecânicas, térmicas e elétricas. Nesse contexto, diversos polímeros termoplásticos podem ser utilizados em processos de manufatura aditiva, destacando-se o acrilonitrila butadieno estireno (ABS), o ácido polilático (PLA), o polietileno tereftalato (PET), a poliamida (Nylon), o policarbonato (PC) e o polipropileno (PP). Cada um desses materiais apresenta características específicas que condicionam sua aplicabilidade em diferentes tipos de produtos e condições de processamento (Al-Zaidi *et al.*, 2024). A Tabela 1 apresenta uma síntese das propriedades mecânicas e térmicas de alguns dos principais polímeros empregados na tecnologia FFF, permitindo a comparação de seus comportamentos e auxiliando na seleção do material mais adequado para cada aplicação.

Tabela 1: Características dos polímeros utilizados em FFF.

Propriedades	ABS	PLA	tpPET	Nylon	PC	PP
Densidade mg/m ³	1,01-1,21	1,21-1,24	1,19-1,81	1-1,42	1,14-1,21	0,89-0,92
Módulo de Elasticidade GPa	1,1-2,9	3,45-3,8	1,6-4,4	0,67-4,51	2,21-2,44	0,90-1,55
Tenacidade Mpa.m ^{1/2}	1,2-4,2	0,7-1,1	1,05-9,16	0,58-8,03	2,1-4,602	3-4,5
Tensão de Escoamento MPa	18,5-51	48-69	30-40	20,7-101,6	59,1-69	20,7-37,2
Calor Específico J/kg.K	1386-1919	1180-1210	1160-1587	1421-2323	1535-1634	1870-1956
Condutividade Térmica W/m.K	0,18-0,33	0,12-0,15	0,28-0,58	0,18-0,35	0,19-0,22	0,11-0,17
Dilatação Térmica 10 ⁻⁶ /K	84,6-234	126-145	115-170	50,4-216	120,1-136,8	122-180

Fonte: Ashby; Johnson (2011).

Entre esses polímeros, o PLA destaca-se por ser derivado de fontes renováveis, apresentar boa processabilidade e oferecer adequada qualidade superficial às peças produzidas por impressão 3D. Além disso, sua baixa tendência ao empenamento e seu custo relativamente reduzido contribuem para sua ampla utilização em aplicações não estruturais. Este estudo, portanto, concentra-se na análise do PLA proveniente de resíduos gerados em processos de FFF, investigando seu potencial de reaproveitamento no desenvolvimento de ecojoias.

2.2. Reciclagem de polímeros

Na reciclagem de polímeros pode-se considerar quatro categorias principais: primária, secundária, terciária e quaternária. A reciclagem primária corresponde ao reaproveitamento de resíduos pós-industriais, possibilitando a produção de artefatos com características próximas às da resina virgem. A reciclagem secundária, converte resíduos pós-consumo em materiais de menor desempenho, embora empregue etapas semelhantes às da reciclagem mecânica tradicional, como moagem, secagem e reprocessamento (Spinacé *et al.*, 2004). A reciclagem terciária (reciclagem química) envolve processos de despolimerização - quebra de cadeias macromoleculares em monômeros ou compostos de menor complexidade - viabilizando sua reutilização na síntese de novos materiais, combustíveis ou insumos industriais. Entre os métodos mais empregados destacam-se a pirólise, o hidrocraqueamento, o processamento hidrotermal e a solvólise (Martínez-Narro *et al.*, 2024). A reciclagem quaternária, ou energética, caracteriza-se pela incineração controlada de resíduos plásticos, com recuperação de calor, vapor ou eletricidade, sendo geralmente adotada quando as demais rotas se mostram inviáveis técnica ou economicamente (Al-Salem *et al.*, 2009).

Independentemente da rota selecionada, a separação e triagem dos materiais constitui uma etapa fundamental, devendo-se assegurar que o nível de impurezas seja inferior a 1% em massa. No Brasil é predominante a triagem manual, baseada na identificação por simbologia normativa e em testes empíricos como odor, fusão e densidade, conforme diretrizes da ABNT NBR 13230:2008 (Spinacé *et al.*, 2004).

A reciclagem mecânica envolve seleção, moagem, lavagem, secagem e reprocessamento por extrusão, injeção ou moldagem. Para aprimoramento do desempenho do material reprocessado podem ser incorporados aditivos ou pequenas frações de resina virgem. Contudo, o reprocessamento sucessivo acarreta aumento da polidispersidade e consequente heterogeneidade estrutural e mecânica, o que tem motivado estudos acerca dos limites de reciclagem e da preservação de propriedades originais (Hopewell *et al.*, 2009). Já a reciclagem química atua diretamente no nível molecular, permitindo a recuperação de monômeros e intermediários, enquanto a reciclagem energética promove a recuperação de energia via incineração, acompanhada de rigoroso controle das emissões gasosas e manejo adequado das cinzas residuais (Martínez-Narro *et al.*, 2024; Al-Salem *et al.*, 2009).

Considerando as rotas analisadas, este estudo adota a reciclagem mecânica primária como forma de processamento, visando sua viabilidade técnica e econômica, bem como a possibilidade de reaproveitamento direto dos resíduos provenientes do processo de fabricação por FFF, mantendo parte das propriedades originais do polímero.

2.3. Ecodesign

O conceito de eco design tem sido amplamente discutido no âmbito das práticas de concepção e desenvolvimento de produtos, orientando diretrizes para a integração de critérios ambientais ao projeto. Venzke (2002) caracteriza o eco design como uma técnica

que concilia desempenho, confiabilidade e custo com metas ambientais, tais como a redução do uso de recursos naturais, o aumento da eficiência energética, a reciclabilidade e o gerenciamento adequado de riscos ambientais. Nessa perspectiva, Manzini e Vezzoli (2005) defendem que propostas sustentáveis devem priorizar recursos renováveis, otimizar o uso de recursos não renováveis, evitar a geração de resíduos incompatíveis com a capacidade de absorção dos ecossistemas e promover equidade no acesso ao espaço ambiental entre diferentes sociedades. Assim, o ecodesign busca harmonizar necessidades humanas com limites ecológicos (Karlsson; Tingström, 2006).

Já Vercalsteren (2001) amplia essa compreensão ao afirmar que o ecodesign deve preservar tanto o meio ambiente quanto a competitividade e a imagem corporativa, influenciando fatores técnicos e econômicos do produto. A sustentabilidade, portanto, deve atender às demandas dos consumidores e dos demais atores do ciclo produtivo, como acionistas e gestores (Platchek, 2003). Karlsson e Tingström (2006) destacam o caráter multidisciplinar dessa abordagem, visto que o projetista deve considerar o impacto ambiental em todas as etapas do ciclo de vida do produto - fabricação, embalagem, uso, manutenção e descarte. Venzke (2002) acrescenta que o ecodesign envolve ainda o aproveitamento de resíduos industriais, a redução do consumo energético e a minimização de resíduos ao longo da cadeia de produção e distribuição.

No contexto contemporâneo, o produto integra estilos de vida, e o ecodesign enfatiza funções e benefícios ao usuário, ao mesmo tempo em que reduz cargas ambientais e aumenta a ecoeficiência. Todavia, um dos principais desafios reside em garantir a atratividade do produto sustentável, dado que muitos consumidores o percebem como mais caro ou de menor prioridade, exigindo das empresas o desenvolvimento de soluções que conciliem sustentabilidade e apelo comercial (Karlsson; Tingström, 2006).

2.4. Design de joias e ecojoias

O design de joias pode ser compreendido como um campo especializado do design de produto, que abrange da criação à produção de adornos via artesanal ou industrial. Embora fundamentado nos princípios gerais do design, o setor ainda carece de consolidação teórica e metodológica. A prática projetual envolve investigação, análise, criatividade e experimentação, buscando equilibrar estética, significado e usabilidade. Atualmente, a incorporação de referências culturais e simbólicas deve dialogar com técnicas e fundamentos tradicionais da joalheria, considerando que as joias passaram a funcionar como expressões de identidade e valores pessoais (Guo; Meng; Yu, 2018; Li *et al.*, 2024).

A evolução dos materiais acompanha transformações sociais e tecnológicas e a adoção de materiais alternativos aos metais convencionais permite maior personalização, complexidade formal e conforto, reforçando a necessidade de inovação nos processos de design (Li *et al.*, 2024).

Nesse cenário, destacam-se as ecojoias, adornos desenvolvidos focados em sustentabilidade e alinhados às demandas de consumidores atentos ao impacto ambiental (Sebrae, 2024; Anacleto *et al.*, 2024). Ao contrário das joias tradicionais, cujo valor está associado à preciosidade dos materiais, as ecojoias deslocam o foco para a

responsabilidade socioambiental e para práticas de consumo consciente, em consonância com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 (UNESCO, 2017; Falchero; Holland, 2022). Seu desenvolvimento requer seleção criteriosa de materiais, planejamento cuidadoso das etapas produtivas, definição adequada de acabamentos e descarte responsável.

Por articularem princípios do artesanato e do ecodesign, as ecojoias representam uma ampliação do campo do design de joias, evidenciando a relevância de estudos voltados à compreensão e à consolidação de práticas sustentáveis nesse segmento (Benutti; Soares, 2012; Anacleto *et al.*, 2024).

3. Procedimentos Metodológicos

Neste trabalho, propõe-se a criação de uma ecojoia empregando-se resíduos de PLA provenientes de FFF, coletado no LDSM/UFRGS, obtido em quantidades maiores que outros resíduos. Será empregado individualmente devido à sua incompatibilidade físico-química com outros materiais. Seu desenvolvimento foi dividido em quatro etapas: inspiração, injeção, acabamento e cravação.

Na etapa “Inspiração”, utilizou-se como referencial o filme “Coraline e o Mundo Secreto”, que apresenta um universo rico em simbologias e imagens, possibilitando o trabalho com formas diversas. Foi desenvolvido um *moodboard* como estudo de formas a serem aplicadas às peças. Em seguida, foram feitos sketches de joias utilizando os formatos analisados. As limitações do processo de fabricação levaram à escolha do brinco como objeto de trabalho.

Com a geometria determinada, passou-se para a etapa “injeção”, que ocorreu no POALAB, no Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS). Foi desenvolvido um molde em uma chapa de acrílico com 5 mm de espessura. O molde foi confeccionado a partir do corte da geometria da peça em chapa de acrílico, formando uma cavidade plana correspondente ao formato do brinco. A alimentação do material ocorreu diretamente pela abertura superior do molde, sem a utilização de canais de injeção complexos, sendo o preenchimento realizado por pressão manual da injetora do sistema *Precious Plastic*. As tolerâncias dimensionais foram ajustadas empiricamente durante os testes iniciais, considerando a contração do material e a necessidade de posterior acabamento manual da peça.

Os resíduos de PLA coletados (Figura 1a) no LDSM, foram triturados (Figura 1b) e pesados. Para o desenvolvimento de um brinco, foram empregados 16 g do material triturado (Figura 1c). Esse valor foi definido a partir da estimativa volumétrica da cavidade do molde, considerando pequena margem para compensar perdas durante o acabamento. Foi utilizada a injetora de mesa do projeto *Precious Plastic*, em 230 °C como temperatura de trabalho. A injetora foi alimentada com o PLA preparado, que foi aquecido por 6 minutos. Após, foi liberado para escoamento no molde que se encontrava prensado entre duas chapas de alumínio. Houve resfriamento por cerca de 2 minutos antes da abertura da prensa e desmolde.

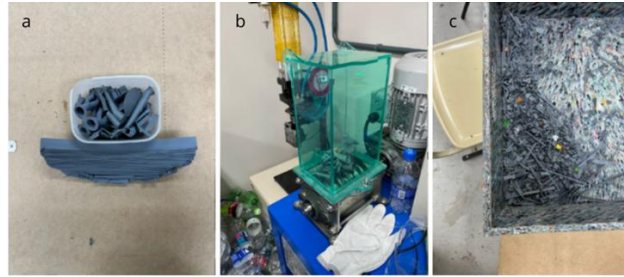


Figura 1: Resíduos de PLA coletados (a), triturados (b) e pesados (c). Fonte: Os autores (2025).

A etapa “Acabamento” foi realizada artesanalmente, empregando-se lixas e uma mistura de verniz e pigmento de ftalocianina verde. Primeiramente os cantos da peça foram lixados e arredondados com lixa 120, para posterior aplicação da mistura. Depois da peça totalmente seca, foi usada a lixa d’água. Este processo foi repetido três vezes, finalizando com aplicação de uma camada espessa de verniz. A etapa “Cravação” ocorreu no Atelier Dado Severo, em Porto Alegre-RS e consistiu na incorporação de zircônias de 1 mm, e fixação da base com tarraxa em prata 950. Na marcação dos locais para aplicação das zircônias, foi utilizada uma sonda exploradora, desgastando levemente a região dos furos. Os furos foram finalizados com um mandril, e as zircônias fixadas com cola poxipol. O mesmo processo foi realizado para a colagem da base do brinco, que foi lixada com lima para alcançar as dimensões adequadas.

4. Resultados

O trabalho resultou em uma ecojoia desenvolvida com PLA reciclado, cravejada com zircônias e com base e tarraxa em prata 950 (Figura 2). Suas dimensões finais foram 40 mm x 30 mm x 5 mm. O resultado estético da peça foi satisfatório, apresentando harmonia entre o material reciclado e os elementos nobres aplicados.

Para a fabricação de cada brinco foram utilizados aproximadamente 16 g de PLA triturado. Após a etapa de injeção, desmoldagem e acabamento superficial, estimou-se que cerca de 12 g de material permaneceram na peça final, correspondendo a um rendimento aproximado de 75% do material processado. As perdas observadas estão associadas principalmente à remoção de rebarbas, ajustes dimensionais e lixamento durante o acabamento.



Figura 2: Peça final. Fonte: Os autores (2025).

5. Análise de resultados e discussão

Os sketches feitos de diferentes joias, indicaram a viabilidade do desenvolvimento de brincos, considerando o processo de fabricação empregado. Para a utilização da peça, foram estabelecidas suas dimensões e geometria finais (Figura 3a). Essas informações foram utilizadas na construção do molde de acrílico em que o PLA foi injetado. O PLA triturado apresentou boa usabilidade a 230 °C, na liberação de odores e formação de bolhas, com fácil desmolde.

Durante os testes de injeção procurou-se manter constantes os parâmetros operacionais do processo, como temperatura de trabalho (230 °C), tempo de aquecimento (aproximadamente 6 minutos) e tempo de resfriamento no molde (cerca de 2 minutos). Esse controle permitiu observar comportamento relativamente estável do material reciclado durante as tentativas de moldagem. As principais variações observadas estiveram relacionadas à presença de pequenas irregularidades superficiais após a desmoldagem, posteriormente corrigidas na etapa de acabamento. Após a desmoldagem (Figura 3b) verificou-se a presença de irregularidades superficiais na peça, exigindo retrabalho na etapa de acabamento. Esse comportamento é comum em processos experimentais de injeção com polímeros reciclados, especialmente quando se utilizam moldes simples e sem controle industrial de pressão e resfriamento. Apesar dessas irregularidades iniciais, o material apresentou boa resposta ao lixamento e polimento, permitindo a obtenção de uma superfície final homogênea.

Observou-se que parte do material foi removida durante a etapa de acabamento, principalmente no arredondamento das arestas e no lixamento da superfície para eliminação de irregularidades decorrentes do processo de injeção. Essas perdas são inerentes ao acabamento manual e estimam-se em aproximadamente 20-25% da massa inicialmente processada.

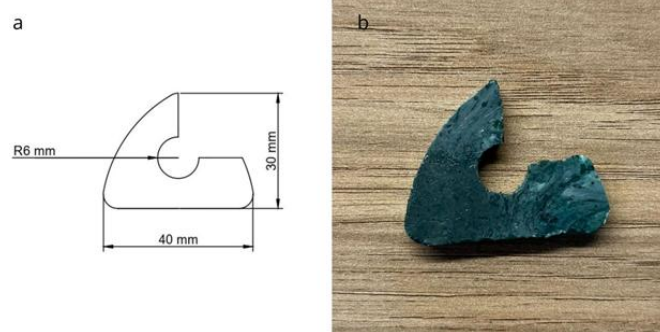


Figura 3: Dimensões (a) e brinco após desmoldagem (b). Fonte: Os autores (2025).

O material apresentou boa trabalhabilidade no lixamento e polimento, sem apresentar fraturas ou lascamentos. Além disso, o uso do verniz com o pigmento resultou num acabamento homogêneo, realçando o brilho e conferindo aparência vítrea à superfície do brinco.

Durante a cravação a peça não ofereceu resistência ao uso do mandril e da sonda exploradora (Figura 4a), suportando a perfuração e fixação das pedras, sem deformações estruturais (Figura 4b). A cola poxipol mostrou-se eficiente para a fixação tanto das zircônias quanto da base metálica, assegurando boa estabilidade mecânica e durabilidade da montagem final (Figura 4c).

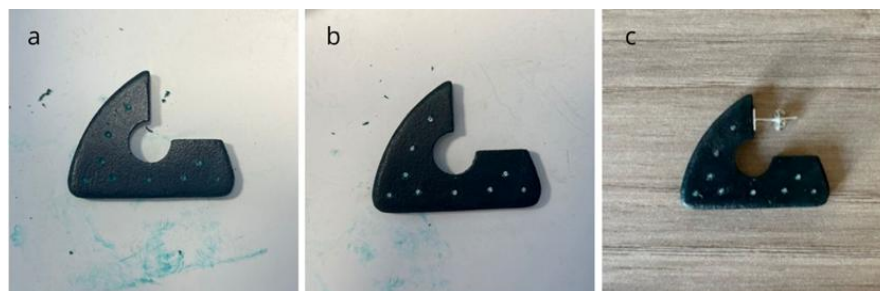


Figura 4: Marcação da peça (a), aplicação das zircônias (b) e finalização com base e tarraxa (c). Fonte: Os autores (2025).

6. Considerações Finais

Esta prática confirmou a hipótese de que resíduos plásticos oriundos da manufatura aditiva podem ser reintroduzidos no ciclo produtivo, agregando valor a partir da ressignificação destes materiais. A metodologia aplicada demonstrou-se replicável e de baixo custo, reforçando a viabilidade de inserção desse tipo de abordagem no contexto de produção artesanal e de pequenas escalas do setor joalheiro.

Além dos aspectos técnicos, o projeto reafirma a relevância do ecodesign como estratégia essencial para o desenvolvimento de produtos sustentáveis, capazes de reduzir

o impacto ambiental e, simultaneamente, promover novas abordagens criativas no campo do design de joias. A incorporação de resíduos plásticos ao processo criativo amplia o diálogo entre estética e responsabilidade socioambiental, fortalecendo o papel do designer como agente transformador.

Por conseguinte, o uso de resíduos de FFF na confecção de ecojoias se apresenta como uma alternativa viável e promissora para o setor, tanto do ponto de vista técnico quanto conceitual. O resultado obtido contribui para o avanço das práticas sustentáveis na joalheria contemporânea e evidencia a importância da economia circular na cadeia produtiva do design. Como perspectiva futura, recomenda-se a continuidade de pesquisas voltadas à avaliação das propriedades mecânicas e da durabilidade das peças produzidas, explorando diferentes tipos de acabamento como uso de resina UV. Ademais, salienta-se a importância do estudo de diferentes tipos de moldes, em estrutura e material, para se adequar a peça que será produzida.

Referências

ALIOTTA, Laura *et al.* Sustainable 3D printed poly (lactic acid) (PLA)/Hazelnut shell powder bio composites for design applications. **Materials Today Sustainability**, [s.l.], v. 26, 2024. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589234724001167>. Acesso em: 6 out. 2025.

AL-SALEM, S. M.; LETTIERI, P.; BAEYENS, J. Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW): A review. **Waste Management**, [s.l.], v. 29, n. 10, p. 2625–2643, 2009. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213343724004536#sec0025>. Acesso em: 27 maio 2025.

AL-ZAIDI, Ali Abdulqader Mohammed *et al.* Types of Polymers Using in 3D Printing and Their Applications: A Brief Review. **ResearchGate**, 2023. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/377438023_Types_of_Polymers_Using_in_3D_Printing_and_Their_Applications_A_Brief_Review. Acesso em: 27 maio 2025.

ANDRADE, Mário César Rezende. O papel das revisões de literatura na produção e síntese do conhecimento científico em Psicologia. Gerais, **Rev. Interinst. Psicol.**, Belo Horizonte, v. 14, p. 1-5, dez. 2021. Disponível em:

http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S198382202021000300001&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 18 jun. 2025.

ANNACLETO, Adilson; *et al.* O impacto das ecojoias no mercado atual. **Caderno Pedagógico**, v. 21, n. 5, p. 1-18, 2024. Disponível em:

<https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/2449/2960>. Acesso em: 9 out. 2025.

BENUTTI, Maria Antônia, SOARES, Elissa. ECODESIGN: Designers brasileiros de adornos que trabalham com a sustentabilidade. In: **VI World Congress on Communication and**

Arts, 2012, Austrália. Disponível em:

<https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/71ecfdea-507f-4e80-aea0-d5fd0c33694a/content>. Acesso em: 05 de setembro de 2017.

CABRAL, Ângela Menezes. **Ecojoia com conceito “faça você mesmo”**. 2018. 40 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Design) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2018. Disponível em:

<https://dspace.sti.ufcg.edu.br/bitstream/riufcg/27850/1/%C3%82NGELA%20MENEZES%20CABRAL%20-%20TCC%20PR%C3%81TICO%20DESIGN%20CCT%202018.pdf>. Acesso em: 9 out. 2025.

FALCHERO, Mariana Perina; HOLLAND, Márcia Cristina Gonçalves de Oliveira. Ecojoias: caminhos para o design da joia contemporânea. In: **14.º Seminário Mauá de Iniciação Científica**, 2022, São Caetano do Sul. Disponível em:

<https://maua.br/pesquisa/iniciacao-cientifica/anais-do-14o-seminario-maua-de-iniciacao-cientifica>. Acesso em: 9 out. 2025.

HOPEWELL, Jefferson; DVORAK, Robert; KOSIOR, Edward. Plastics recycling: challenges and opportunities. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 364, n. 1526, p. 2115–2126, jul. 2009. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/26293584_Plastics_Recycling_Challenges_and_Opportunities. Acesso em: 27 maio 2025.

GUO, Juanling; MENG, Kaining; YU, Qinqin. Research on Parametric Form Design Based on Natural Patterns. **MATEC Web of Conferences**, v. 176, 2018. DOI:

<https://doi.org/10.1051/mateconf/201817601012>. Disponível em:

https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/pdf/2018/35/mateconf_ifid2018_02013.pdf. Acesso em: 9 out. 2025.

KARLSSON, Reine; TINGSTRÖM, J. The relationship between environmental analyses and integrative cooperation in the product development processes. **Journal of Cleaner Production**. v. 14, n. 15-16, p. 1291-1298, 2006. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652605002477>. Acesso em: 8 out. 2025.

KAUR, Jasmandeep; MUNDE, Anjali. Predictive Modelling of Customer Sustainable Jewelry Purchases Using Machine Learning Algorithms. **Procedia Computer Science**, [s.l.], p. 683-700, 2024. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050924007427>. Acesso em: 6 out. 2025.

Li, Junxin; *et al.* Research on key technologies of jewelry design and manufacturing based on 3D printing technology. **Coatings**, v. 14, n. 6, 2024. DOI:

<https://doi.org/10.3390/coatings14060701>. Disponível em:

<https://www.mdpi.com/2079-6412/14/6/701>. Acesso em: 9 out. 2025.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis** - Os requisitos ambientais dos produtos industriais. São Paulo: Ed. USP, 2005.

MARTÍNEZ-NARRO, Gerardo; HASSAN, Samaila; PHAN, Anh N. Chemical recycling of plastic waste for sustainable polymer manufacturing - A critical review. **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], v. 400, p. 136676, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X09002190#aep-section-id82>. Acesso em: 27 maio 2025.

PLATCHECK, Elizabeth Regina. **Metodologia de ecodesign para o desenvolvimento de produtos sustentáveis**. Porto Alegre, 2003. Dissertação - (Mestrado Profissionalizante em Engenharia), Programa de Pós-graduação em Engenharia, UFRGS. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/117875>. Acesso em: 8 out. 2025.

SALLENAVE, G. *et al.* Contribuições para a discussão dos resíduos gerados pelo processo de fabricação por filamento fundido (FFF). In: OLIVEIRA, G. G. de; NÚÑEZ, G. J. Z. **Design em pesquisa** - Volume 3. Porto Alegre: Marcavizual, 2020. cap. 13, p. 244-258. E-book. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/iicd/publicacoes/livros>. Acesso em: 27 maio 2025.

SONG, R. e TELENKO, C. Material and energy loss due to human and machine error in commercial FDM printers. **Journal of Cleaner Production**, 148, 895–904, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/313408323_Material_and_energy_loss_due_to_human_and_machine_error_in_commercial_FDM_printers. Acesso em: 27 maio 2025.

SPINACÉ, Márcia Aparecida da Silva; DE PAOLI, Marco Aurélio. A tecnologia da reciclagem de polímeros. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 63–72, fev. 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/bTLkNHWGnpsj4SWWjgLB49L/>. Acesso em: 27 maio 2025.

UNESCO. Educação para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: objetivos de aprendizagem. Paris: UNESCO, 2017. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000252197/PDF/252197por.pdf>. Acesso em: 9 out. 2025.

VERCALSTEREN, A. Integrating the ecodesign concept in small and medium-size enterprises: experiences in the Flemish region of Belgium. **Environmental Management and Health**, v. 12, n. 4, p. 347-355, 2001. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/242338373_Integrating_the_ecodesign_concept_in_small_and_medium-sized_enterprises_Experiences_in_the_Flemish_region_of_Belgium. Acesso em: 8 out. 2025.

VENZKE, Claudio Senna. **A situação do Ecodesign em empresas moveleiras da região de Bento Gonçalves, RS**: análise da postura e das práticas ambientais. Porto Alegre, 2002. Dissertação - (Mestrado em Administração), Programa de Pós-graduação em Administração, UFRGS. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/2086>. Acesso em: 8 out. 2025.