

O que é *design for repair* e como ele auxilia no combate à obsolescência no contexto da economia circular

What is design for repair and how does it help combat obsolescence in the context of the circular economy?

Otávio Morato DE ANDRADE*

RESUMO: Diante da necessidade de se repensar o modelo de produção e consumo da atualidade, o debate sobre a economia circular tem encontrado novas possibilidades regulatórias, sobretudo no direito ao reparo. O presente estudo apresenta e investiga o Design for Repair (DfR), que propõe a criação de produtos fáceis de reparar, combatendo a obsolescência programada e promovendo o reparo. Utilizando uma abordagem indutiva, o artigo examina os casos do Kuba Audio e da cafeteira Kara, como exemplos de que é possível construir objetos técnicos mais duráveis e reparáveis. Conclui-se que o DfR pode ser introduzido em um contexto mais amplo de combate à obsolescência e nos projetos legislativos de direito ao reparo, enquanto incentivo a práticas industriais mais alinhadas com a durabilidade de bens, redução de detritos e consumo susten-

* Doctorando en Derecho por la Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), con estancia de investigación en la Université libre de Bruxelles. Es maestro en Derecho por la UFMG y especialista en Derecho Civil por la Pontificia Universidad Católica de Minas Gerais (PUC-MG). Posee también títulos de grado en Derecho (UFMG), Administración de Empresas (PUC-MG) y Contabilidad (PUC-MG). Actualmente es editor en jefe de la revista *Algorithms & Society Journal*. ORCID: 0000-0002-0541-7353. Contacto: <otaviomorato@gmail.com>. Fecha de recepción: 21/05/2025. Fecha de aprobación: 15/06/2025.

tável.

PALAVRAS-CHAVE: Design for repair; Obsolescência programada; Economia circular; Direito ao reparo; Cultura do reparo.

ABSTRACT: Given the need to rethink the current model of production and consumption, the debate on the circular economy has found new regulatory possibilities, especially regarding the right to repair. This study presents and examines Design for Repair (DfR), which proposes the creation of products that are easy to repair, combating planned obsolescence and promoting the repair. Using an inductive approach, the article analyzes the cases of Kuba Audio and the Kara coffee maker as examples that it is possible to build more durable and repairable technical objects. It is concluded that DfR can be introduced in a broader context of combating obsolescence and in legislative projects for the right to repair, while encouraging industrial practices more aligned with the durability of goods, waste reduction, and sustainable consumption.

KEYWORDS: Design for repair; Planned obsolescence; Circular economy; Right to repair; Repair culture.

I. INTRODUÇÃO

Na cidade de Livermore, na Califórnia (EUA), uma única lâmpada incandescente instalada em uma estação de bombeiros está acesa desde 1901. Fabricada na década de 1890 pela Shelby Electric Company, cujo slogan era “a vida mais longa com a maior economia”, a lâmpada contrasta com a efemeridade das atuais, que duram entre dois e cinco anos. Os mais de 120 anos de longevidade da chamada *Centennial Bulb* devem-se à alta qualidade de sua construção: a peça foi feita à mão, utilizando componentes de latão e vidro superiores, além de um filamento de carbono oito vezes mais espesso do que os filamentos de tungstênio típicos das lâmpadas modernas.¹

A constatação de que uma simples lâmpada confeccionada no século passado brilha há 1 milhão de horas, enquanto aquelas que compramos nos dias de hoje são projetadas para brilhar apenas 1000 horas (mil vezes menos) suscita algumas questões: por que alguns objetos técnicos da atualidade, em tese mais evoluídos, são menos duráveis que objetos antigos? Descartamos bens porque sua utilidade foi esgotada ou pela falsa percepção de que estão ultrapassados? Seria possível incentivar a indústria a adotar políticas que aumentem a vida útil dos produtos?

O século XX assistiu à implementação ostensiva da obsolescência programada, conjunto de estratégias adotadas por fabricantes para reduzir deliberadamente a vida útil das mercadorias, estimulando o consumo contínuo por meio da sua substituição.² A obsolescência estabeleceu-se enquanto prática industrial-capi-

¹ КΥΚΤΑ, Martin, “The Incandescent Light Bulb and the Mystery of the Centennial Bulb. Information Display”, *Society for Information Display*, 11 May 2021, consultado em: <www.sid.org/publications/journals/msid/0050001>.

² Cfr. NOVAES, Thiago; ANDRADE, Otávio Morato de, “Serialização de componentes e obsolescência programada: diálogos com Simondon pelo direito ao reparo”, No prelo, 2024.

talista e, com a ajuda de disciplinas como o design e a publicidade, criou uma cultura de descarte rápido dos bens que utilizamos.

As armadilhas da obsolescência foram percebidas com mais intensidade no final do século, quando consumidores, técnicos e estudiosos notaram que muitos produtos eram projetados para falhar ou se tornarem desatualizados rapidamente. Nas últimas décadas, a cultura de descarte e a obsolescência vêm se tornando cada vez mais inaceitáveis aos olhos da sociedade. A crescente conscientização ambiental surgida a partir dos anos 1970 aponta para a necessidade de alinhar o modelo de produção e consumo com políticas circulares e sustentáveis, que permitam a reintrodução dos recursos na cadeia produtiva por meio da reutilização, reciclagem e remanufatura.

No âmbito da economia circular, surgiu um movimento especificamente dedicado a prolongar a vida útil dos objetos técnicos com base na noção de *reparo*, no bojo do qual várias frentes podem ser identificados: i) o direito ao reparo, que visa sedimentar um framework legal para obrigar as empresas a favorecerem reparos; ii) a cultura do reparo,³ que consiste na transformação da mentalidade do indivíduo enquanto usuário da tecnologia e iii) o *Design for Repair* (DfR), que atua sobre o desenvolvimento dos bens para evitar a sua obsolescência.

Propondo um recorte metodológico para explorar melhor seu objeto, o presente artigo pretende examinar o DfR, aqui definido como *a concepção e o desenvolvimento de produtos de fácil reparabilidade*, enquanto resposta à obsolescência programada, inserida no movimento pelo reparo. O texto está estruturado em três partes. Primeiramente, será realizada uma problematização da obsolescência programada, no contexto da economia circular. A segunda parte do artigo apresenta o DfR e princípios inerentes. A terceira e última parte exemplifica e analisa o DfR por meio de casos: o da cafeteira Kara e dos headphones Kuba Audio.

³ Cfr. NOVAES, Thiago; ANDRADE, Otávio Morato de, *op. cit.*

Utiliza-se a metodologia indutiva, partindo da revisão bibliográfica e da observação de casos específicos de reparabilidade, permitindo sintetizar e identificar tendências de combate à obsolescência por meio do design. Além disso, a abordagem exploratória possibilita a análise de soluções baseadas em evidências práticas, como a implementação de políticas de sustentabilidade e incentivo ao reparo e à reutilização.

O estudo contribui para uma temática até então pouco explorada, uma vez que a maioria dos trabalhos científicos existentes é anterior aos debates e legislações sobre o reparo, que ganharam fôlego a partir de 2020. Nos últimos cinco anos, a discussão sobre a reparabilidade dos produtos tem sido levada extremamente a sério nas casas legislativas, sobretudo pela pressão de redes de técnicos e consumidores que buscam prolongar a vida útil dos bens. O debate também é catalisado por uma nova postura da sociedade sobre geração de resíduos no contexto da sustentabilidade ambiental e da responsabilidade das empresas.

II. OBSOLESCÊNCIA PROGRAMADA E ECONOMIA CIRCULAR

A obsolescência programada, estratégia que visa encurtar deliberadamente a vida útil dos produtos para estimular o consumo, tem sido uma característica dominante da economia moderna desde meados do século XX⁴. Essa prática envolve a criação de produtos

⁴ Historicamente, a obsolescência programada começou a se consolidar com a indústria automobilística. Na década de 1920, a General Motors (GM) implementou mudanças anuais no design de seus veículos para superar a saturação do mercado. Essa prática incentivou os consumidores a trocarem de carro com frequência, criando um ciclo de consumo contínuo. Simultaneamente, o Cartel Phoebus, formado por fabricantes de lâmpadas como Philips e General Electric, reduziu deliberadamente a durabilidade das lâmpadas para aumentar as vendas, um exemplo clássico dessa estratégia.

que se tornam ou são percebidos como ultrapassados após um período menor do que o necessário, o que induz os consumidores a adquirirem novos itens mais rapidamente.

A obsolescência foi defendida em livros e artigos técnicos, particularmente entre estudiosos norte-americanos que atribuíam o sucesso da economia aos altos índices de consumo. Escrevendo em 1929, a economista Christine Frederick critica o hábito dos europeus, especialmente dos ingleses, de comprarem sapatos, roupas e carros para durar o máximo possível. Ela vê com bons olhos o que chama de “obsolescência progressiva”, ou seja, a propensão dos norte-americanos ao abandono dos produtos antes do fim da sua vida útil, associando tal tendência à pujança da economia estadunidense:

Nós nos inscrevemos de todo coração na ideia revolucionária do consumidor de que os bens não devem ser consumidos até a última gota de sua utilidade; mas que, numa era industrial, a Sra. Consumidora é mais feliz e melhor servida se consumir bens na mesma taxa aproximada de mudança e melhoria que a ciência, a arte e a tecnologia podem tornar possível. (...) Existe um motivo ainda mais poderoso para comprar muitos bens novos antes que os antigos se desgastem. Isso aumenta a renda geral, enquanto se apegar aos bens antigos a diminui. Temos mais porque gastamos mais, este é o nosso paradoxo americano.⁵

Bernard London (1932), criador do termo “obsolescência programada” e Brooks Stevens (1954), entusiasta da sua implementação no design industrial, ajudaram a propagar essa ideia, que penetrou em múltiplos segmentos da produção na segunda metade do século XX. A lógica por trás dessas análises é clara: a obsolescência assegura um fluxo constante de compra/fabricação e, conseqüentemente, de lucro. Essa ideia foi levada ao extremo

⁵ FREDERICK, Christine, “Selling Mrs. Consumer”, New York, *The Business bourse*, 1929, pp. 250-251.

durante e após a Grande Depressão (1929-1939), a partir da qual os fabricantes passaram a empregar materiais inferiores para reduzir custos e estimular a demanda.⁶

Schallmo *et al.*⁷ distinguem a obsolescência entre *absoluta* (quando o objeto de fato ficou ultrapassado e perdeu a utilidade) e *relativa* (quando o objeto ainda é utilizável, mas ainda assim é substituído). A obsolescência *absoluta* pode ser *natural* (quando o envelhecimento natural de um produto faz com que suas funções sejam comprometidas), mas também pode ser calculadamente prevista pela fabricante, o que chamamos de “obsolescência *de projeto*”⁸. Já a obsolescência *relativa* divide-se em *funcional* (quando o bem foi ultrapassado em suas funções, mas não apenas pelo seu envelhecimento natural) ou *psicológica* (quando não houve perda funcional, mas há uma percepção ilusória desta perda).

⁶ Cfr. GOLDMARK, Sandra. “Planned Obsolescence: What Is It and How to Overcome It. Sierra Magazine”, consultado em: <<https://www.sierraclub.org/sierra/planned-obsolescence-what-it-and-how-overcome-it>> (20/09/2021).

⁷ Cfr. SCHALLMO, Daniel; BRECHT, Leo; HEILIG, Ines; KAUFFELDT, Julian e WELZ, Kirill, “Clarifying Obsolescence: Definition, Types, Examples and Decision Tool”, Proceedings of the 5th ISPIM Innovation Symposium: Stimulating Innovation: Challenges for Management, Science & Technology, Seoul, Korea, The International Society for Professional Innovation Management (ISPIM), 9-12 Dec. 2012.

⁸ Em nosso único ponto de discordância com Schallmo *et al.*, optamos por usar o termo “obsolescência de projeto” em vez de planejada, porque esta última pode ser premeditada também a nível psicológico, como no caso das propagandas de lançamentos acima mencionadas, ou mesmo projetada a nível funcional, como no caso de smartphones que param de atualizar após certo período de tempo.

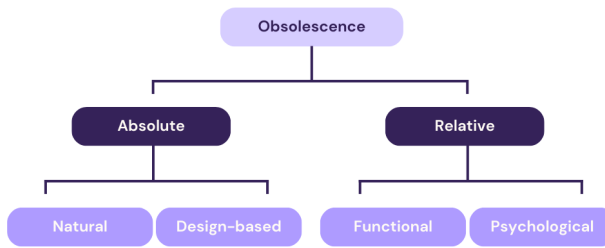


Figura 1: classificação da obsolescência. Elaboração própria a partir de Schallmo et al., 2012.

Um exemplo da obsolescência *psicológica* (ou perceptiva) pode ser encontrado na troca de automóveis sem que estejam tecnicamente superados de fato, em razão de mudanças incrementais ou simplesmente do novo design exterior. Embora um carro fabricado em 2018 continue 100% funcional, as propagandas de lançamentos “do ano” podem convencer os consumidores do contrário, ressaltando as “inovações” dos novos modelos. Outro exemplo é a *fast fashion*⁹, que produz grande volume de peças a baixo custo estimulando a alta rotatividade de vestuário, por meio de coleções sazonais, liquidações, e peças de baixa durabilidade –estratégias típicas de cadeias como a Zara e a C&A.

Por outro lado, a obsolescência *funcional* pode ser identificada nos smartphones, cujos sistemas operacionais param de receber atualizações poucos anos depois de sua compra. Ainda que seu hardware esteja operando normalmente, a funcionalidade do software desses dispositivos fica, de fato, comprometida, pois este não recebe atualizações de segurança, correções de bugs ou

⁹ O termo foi cunhado em uma reportagem do The New York Times em 1989 sobre a chegada da Zara em Nova Iorque. SCHIRO, Anne-Marie, “Fashion; Two New Stores That Cruise Fashion’s Fast Lane”, *The New York Times*, 31 Dec. 1989, Section 1, p. 46.

mesmo torna-se incompatível com aplicativos recém-lançados.¹⁰ Por outro lado, algumas atualizações podem propositalmente interferir no bom funcionamento de um smartphone, desativando recursos ou tornando-o mais lento.¹¹

Além dessas categorias, existem outras subespécies elencadas por Schallmo et al.¹² cujo aprofundamento não é pertinente para a presente discussão. O essencial é que as espécies descritas permitem visualizar que a premeditação da obsolescência pode se dar em diferentes searas: tanto a nível de projeto, como também em termos perceptivos/psicológicos e também no campo funcional. Para cada um desses campos, observa-se o emprego de estratégias subjacentes distintas, que têm por variável em comum a ação ativa dos fabricantes para induzir o comportamento de compra do consumidor, ainda que o produto não tenha perdido sua utilidade.

A obsolescência programada passou a enfrentar críticas crescentes por suas consequências ambientais e sociais negativas no fim do século XX,¹³ quando percebeu-se que produtos desenhados para se tornarem obsoletos não só resultam em maior gasto para os consumidores, mas também contribuem significativamente para a geração de resíduos e o consumo insustentável de recursos naturais.¹⁴ As estatísticas evidenciam o crescente descarte de lixo

¹⁰ SCHALLMO, Daniel; BRECHT, Leo; HEILIG, Ines; KAUFFELDT, Julian e WELZ, Kirill, *op. cit.*, p. 9.

¹¹ Cfr. NOVAES, Thiago; ANDRADE, Otávio Morato de, “Serialização de componentes e obsolescência programada: diálogos com Simondon pelo direito ao reparo”, No prelo, 2024.

¹² Cfr. *Ibidem*.

¹³ Cfr. PAPANÉK, Victor, *Design for the Real World*, Bantam, Nova Iorque, 1971. SLADE, Giles, *Made to Break: Technology and Obsolescence in America*, Harvard University Press, 2007.

¹⁴ Cfr. SATYRO, Walter, José SACOMANO, Celso CONTADOR, and Renato TELLES, “Planned Obsolescence or Planned Resource Depletion? A Sustainable Approach”, *Journal of Cleaner Production*, Elsevier, vol. 195, 10 Sept. 2018, pp. 744-752.

global, permitindo dimensionar o desafio: todos os anos, cerca de 2 bilhões de toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) são gerados no mundo. Só de resíduos eletrônicos, foram gerados 50 milhões de toneladas em 2019 –com previsão de chegar a 75 milhões de toneladas até 2030.¹⁵ Embora por muito tempo as grandes potências tenham protelado o problema exportando lixo para países em desenvolvimento, como China, Índia e Malásia, estes agora têm recusado o que ficou conhecido por *waste trade*, despertando a necessidade de que cada nação elabore estratégias próprias para lidar com seus resíduos.¹⁶

Em resposta a esses desafios, a *economia circular* surge como uma alternativa viável. Ao contrário do modelo linear tradicional de *extrair, produzir, usar e descartar*, ela promove um ciclo de uso no interior do qual os produtos são projetados para *durabilidade, reutilização e reciclagem*. O modelo não apenas reduz o desperdício, como também maximiza a reintrodução dos materiais e produtos ao longo de seu ciclo de vida. No plano ambiental, a mitigação do desperdício e a reutilização de materiais contribuem para a conservação dos recursos naturais e a diminuição das emissões de gases de efeito estufa.¹⁷ Para além da sustentabilidade, existem benefícios econômicos associados à inovação, geração de empregos e racionalização de gastos significativos tanto para consumidores quanto para empresas. A McKinsey, Sun e Ellen McArthur Fou-

¹⁵ Cfr. ALVES, Bruna, “Global Waste Generation-Statistics & Facts”, *Statista*,. Link: <www.statista.com/statistics/global-waste-generation/>. (18/12/2023)

¹⁶ Cfr. XU, Wen; CHEN, Wei-Qiang; JIANG, Daqian; ZHANG Chao; MA, Zijie; REN, Yan; SHI, Lei, “Evolution of the Global Polyethylene Waste Trade System”, *Ecosystem Health and Sustainability*, vol. 6, no. 1, 2020. LEONARD, Annie; FOX, Louis e SACHS, Jonah, “The Story of Stuff. Free Range Studios”, 2007. Link: <www.storyofstuff.org/movies/story-of-stuff/>.

¹⁷ ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, “Rumo à economia circular: o racional de negócio para acelerar a transição”, *Ellen MacArthur Foundation*, 2015, p. 13. Consultado em: <www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Rumo-a-CC%80-economia-circular_Updated_08-12-15.pdf>.

ndation¹⁸ estimam que a transição para uma economia circular resultaria em um benefício líquido de 1,8 trilhão de euros (aproximadamente 10 trilhões de reais) até 2030.

A economia circular funda-se em três pilares centrais: a) preservação e aperfeiçoamento do capital natural, controlando estoques finitos e equilibrando fluxos de recursos reparáveis; b) instituição de ciclos técnicos e biológicos que elevam o rendimento e utilidade dos produtos, componentes e materiais e c) promoção da eficiência do sistema, identificando e corrigindo externalidades negativas.¹⁹

Em revisão de literatura, Bauli²⁰ identificou que os aspectos inerentes à economia circular englobam três etapas: BOL (*beginning of life*); MOL (*middle of life*) e EOL (*end of life*). Cada uma dessas fases traz requisitos que, se aplicados adequadamente, tornam o produto mais circular. A BOL contempla: ecoeficiência na produção, cadeia de fornecimento verde, ecodesign, substituição de materiais e compartilhamento de subprodutos entre empresas. Estima-se que até 80% do impacto ambiental dos produtos é determinado nesta fase, especialmente porque é aqui que os materiais são selecionados.²¹ A MOL diz respeito à recuperação de materiais e produtos, produto como um serviço ou sistema de serviço do produto, sistema de devolução e troca, revenda de produtos. Por fim, a EOL compreende o fim da vida de um bem, que pode ser mais circular por meio da logística reversa, reciclagem e recuperação de energia.

¹⁸ ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, *op. cit.*, 11.

¹⁹ Cfr. ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, *op. cit.*

²⁰ Cfr. BAULI, Mariana Rodrigues, “Economia Circular: uma Análise das Estruturas de Governança”, Dissertação de Mestrado, São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2019.

²¹ UNIÃO EUROPEIA, “Plano de ação para a economia circular: para uma Europa mais limpa e competitiva”, *União Europeia*, 2020, p. 6. Consultado em: <<https://op.europa.eu/pt/publication-detail/-/publication/45cc30f6-cd57-11ea-adf7-01aa75ed71a1>>.

Vários países têm adotado políticas e estratégias para promover a economia circular. A Convenção da Basileia, que vigora desde 1992 e é assinada por mais de 190 países (os EUA assinaram, mas não ratificaram o acordo), reduziu o comércio global de resíduos, aumentando a responsabilidade de cada nação sobre seu próprio lixo e favorecendo políticas de gestão interna dos resíduos, dentre elas algumas práticas de circularidade.

No que tange à concepção dos produtos, medidas pioneiras em favor de um consumo mais sustentável foram trazidas pelo Acordo Verde Europeu de 2019, que visa transformar a UE em uma economia eficiente em recursos e com emissões líquidas zero até 2050.²² Posteriormente, o Plano de Ação para a Economia Circular, lançado em 2020, firmou diretrizes mais específicas quanto à *circularidade*, como: metas para redução de resíduos, incentivo à digitalização de documentos, inclusão do critério de sustentabilidade nas licitações,²³ bem como a introdução de rótulos informando os consumidores sobre a durabilidade e reparabilidade dos produtos. O Plano também destacou a economia circular como pré-requisito da neutralidade climática e capacitação dos consumidores para a transição ecológica e foi um dos documentos pioneiros no impulsionamento do direito à reparação, que ganharia força nos anos subsequentes.²⁴

Embora tenha um papel importante dentro da economia circular e seja frequentemente lembrada como uma “salvação” para

²² Cfr. COMISSÃO EUROPEIA, *The European Green Deal*. EUR-Lex, consultado em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52019DC0640>> (11/12/2019).

²³ Cfr. FONTENELLE, Bruno, “O desenvolvimento sustentável nas licitações do Brasil e da União Europeia”, *Revista de Ciências do Estado*, Belo Horizonte, v. 8, n. 2, p. 1–21, 2023. Consultado em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/revce/article/view/e46873>>.

²⁴ UNIÃO EUROPEIA, *Revista de Ciências do Estado*, Belo Horizonte, v. 8, n. 2, p. 1–21, 2023. Consultado em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/revce/article/view/e46873>>.

problemas climáticos globais, a reciclagem é incapaz de controlar sozinha o aumento dos detritos e a degradação ambiental.²⁵ Por exemplo, estima-se que de todo o plástico produzido no mundo, apenas 9% foi reciclado; o resto foi queimado, enterrado ou jogado em aterros sanitários ou no meio ambiente.²⁶ Um relatório da ITU²⁷ estima que dos 62 milhões de toneladas de lixo eletrônico do mundo gerados em 2022, apenas 22,3% foram reciclados.²⁸

O fato é que atualmente, a maioria dos produtos ainda não é projetada nem consumida levando em consideração seus impactos ambientais ao longo do ciclo de vida, e é difícil para consumidores fazerem escolhas sustentáveis.²⁹ Neste cenário, faz-se necessário o implemento, no âmbito da economia circular, de estratégias mais amplas e de forma sinérgica, envolvendo não apenas *reciclar*, mas também *reutilizar* e *reduzir*. Mais especificamente, podemos iden-

²⁵ Cfr. GUO, Jing; SALEEM, Ali; Xu, Ming, “Recycling is Not Enough to Make the World a Greener Place: Prospects for the Circular Economy”. *Green Carbon*, vol. 1, no. 2, 2023, pp. 150-153. Elsevier.

²⁶ Cfr. RIVO, Steve, “Broken: Recycling Sham. Documentário”, *Netflix*, 2019. Consultado em: <www.netflix.com/title/81002391>.

²⁷ Cfr. BALDÉ, Cornelis; Ruediger KUEHR; YAMAMOTO, Tales, MCDONALD, Rosie; D’ANGELO, Elena; ALTHAF, Shahana; BEL, Garam; DEUBZER, Otmar, FERNANDEZ-CUBILLO, Elena; FORTI, Vanessa; GRAY, Vanessa; HERAT, Sunil; HONDA, Shunichi; IATTONI, Giulia; KHETRIWAL, Deepali; DI CORTEMIGLIA, Vittoria Luda; LOBUNTSOVA, Yuliya; NNOROM, Innocent; PRALAT, Noémie; WAGNER, Michelle, *Global E-waste Monitor 2024. International Telecommunication Union (ITU) and United Nations Institute for Training and Research (UNITAR)*, 2024.

²⁸ Cfr. BALDÉ, Cornelis; Ruediger KUEHR; YAMAMOTO, Tales, MCDONALD, Rosie; D’ANGELO, Elena; ALTHAF, Shahana; BEL, Garam; DEUBZER, Otmar, FERNANDEZ-CUBILLO, Elena; FORTI, Vanessa; GRAY, Vanessa; HERAT, Sunil; HONDA, Shunichi; IATTONI, Giulia; KHETRIWAL, Deepali; DI CORTEMIGLIA, Vittoria Luda; LOBUNTSOVA, Yuliya; NNOROM, Innocent; PRALAT, Noémie; WAGNER, Michelle, *op. cit.*

²⁹ Cfr. COMISSÃO EUROPEIA, *op. cit.*

tificar um aspecto que perpassa as etapas BOL, MOL e EOL com especial importância: o *Design for Repair* (DFR), que leva em conta uma série de princípios, dentre eles: ergonomia, adaptabilidade e modularidade. Como mostraremos no capítulo a seguir, o DFR assume um papel relevante no contexto da economia circular, repercutindo na (e para além da) vida útil do produto.

III. DESIGN FOR REPAIR (DFR)

As decisões dos designers e engenheiros sobre componentes e materiais afetam diretamente a vida útil dos produtos. Por exemplo, a opção por plásticos de baixa qualidade em eletrodomésticos, embora reduza os custos de produção, resulta em fragilidade e menor durabilidade dos produtos. Além disso, a própria possibilidade de desmontar, consertar ou reciclar um produto no futuro dependerá das escolhas de design, já que os bens projetados com parafusos incomuns ou ocultos, ou componentes colados dificultam o processo de reparo e acabam contribuindo para o descarte prematuro.³⁰ Ainda, o design é responsável por introduzir benefícios ou estilos atrativos em novos lançamentos, que podem priorizar a estética sobre a funcionalidade, como superfícies de vidro facilmente danificáveis, reduzindo a durabilidade geral.

Levando em consideração os problemas da obsolescência e as estratégias de economia circular anteriormente descritas, podemos refletir sobre práticas de design e engenharia que enfatizem a sustentabilidade. Um dos pioneiros dessa ideia foi Victor Papanek, cujo livro *Design for the Real World*, impactou profundamente a comunidade de criadores. Papanek³¹ argumentava que os desig-

³⁰ RESEARCH COUNCIL FOR AUTOMOBILE REPAIRS–RCAR, “Repairability Working Group. RCAR Design Guide: A Manufacturers’ Guide to Ensure Good Design Practice for Repairability and Limitation of Damage”, 2008, p. 3. Consultado em: <https://www.rcar.org/Papers/DesignGuides/Design-Guide_v1_1.pdf>.

³¹ Cfr. PAPANEK, Victor, *Design for the Real World*, Bantam, Nova Iorque, 1971.

ners deveriam assumir uma postura mais consciente, abandonando a criação de produtos efêmeros para o mercado de consumo e focando suas habilidades criativas em atender às necessidades reais dos 80% da população mundial que são desfavorecidos.

Ao longo dos anos, na esteira do movimento ambientalista, surgiram diferentes ramos relacionados à uma mentalidade criadora mais consciente: “*green design*”; “*design for sustainability*”, “*design for recycling*”, etc.³² Essas terminologias possuem pontos de contato entre si, mas também apresentam especificidades. Para fins deste estudo, destacamos o conceito de “Design for Repair” (Dfr), que pode ser definido como o *desenvolvimento de produtos concebidos para facilitar o reparo e a manutenção ao longo de sua vida útil*.³³

Contrariando a tendência dos produtos projetados para falhar ou se tornarem obsoletos rapidamente, o Dfr prioriza a durabilidade e a capacidade de reparo, permitindo que os usuários prolonguem a funcionalidade dos objetos técnicos. Essa abordagem envolve a utilização de componentes modulares, facilmente desmontáveis e substituíveis, além da disponibilização de manuais de reparo detalhados, ferramentas apropriadas e peças de reposição. O objetivo do Dfr é minimizar o desperdício, promover a sustentabilidade e capacitar os consumidores a manterem e atualizarem seus próprios produtos.

O Dfr impacta nas três fases da economia circular: BOL, MOL e EOL. Na fase do BOL, o Dfr é determinante na escolha de materiais. Além disso, objetos mais duráveis, por si só, suprimem a necessi-

³² Cfr. FUAD-LUKE, Alastair, *Design Activism: Beautiful strangeness for a sustainable world*, Londres, Earthscan, 2009.

³³ Cfr. LOUSA, Rita Vagos Gomes Portovedo, in ALVES, Rui Miguel Pereira (Orientador), “Design for Repair: Proposta de Definição e Contributo para o Desenvolvimento de Produto em Design”, Instituto Politécnico do Porto, Escola Superior de Media Artes e Design, 2019. Repositório Científico do Instituto Politécnico do Porto. Consultado em: <<http://hdl.handle.net/10400.22/12822>>.

dade de produção de novos, reduzindo a quantidade de recursos utilizados. Já durante o MOL, as decisões de design repercutem radicalmente no reparo dos produtos, permitindo que os usuários realizem consertos e upgrades facilmente, com vistas a prolongar a sua vida útil. Por fim, no EOL, as decisões dos designers ainda reverberam, já que os materiais e estratégias escolhidos determinarão as possibilidades de reuso, reciclagem e reintegração dos componentes em novos produtos. Não havendo possibilidade de reintrodução na cadeia de consumo, a biodegradabilidade decorrente das decisões de design também será importante para reduzir a poluição decorrente do descarte do bem.

Hollander propôs princípios orientadores³⁴ que devem intervir no processo criativo de novos objetos técnicos. Optamos por reagrupar estes princípios para proporcionar uma compreensão mais clara e estruturada do tema, distribuindo-os em sete categorias: i) acessibilidade; ii) adaptabilidade; iii) correção de falhas; iv) ergonomia; v) modularidade; vi) navalha de Ockham e vii) resistência.

No âmbito do DFR, o princípio da *acessibilidade* garante que o desenho e posicionamento das peças de um produto possibilitem sua remoção e remontagem. A capa ou superfície do produto deve ser facilmente removível. No mesmo contexto, identificações e marcações claras nas peças permitem que os componentes sejam acessados, localizados e substituídos com facilidade. Essa abordagem não só economiza tempo durante reparos e manutenções, como também reduz a necessidade de ferramentas especiais

³⁴ i) acessibilidade; ii) adaptabilidade; iii) animacidade; iv) desmontagem/remontagem; v) ergonomia; vi) isolamento de falhas; vii) embalagem funcional; viii) identificação; ix) intercambialidade; x) chaveamento; xi) anúncio de malfuncionamento; xii) seleção de materiais; xiii) modularização; xiv) navalha de ockham; xv) redundância; xvi) elementos sacrificiais; xvii) padronização; xviii) seleção de tratamento de superfície.

(como a chave Pentalobe³⁵), tornando o processo mais acessível para os usuários e técnicos em geral.

O segundo princípio é o da *adaptabilidade*, que determina que o produto seja aberto a atualizações e remodelagens funcionais ao longo de sua vida útil. Assim, conforme novas tecnologias ou necessidades dos usuários surgem, o produto pode evoluir por intermédio em sinergia com as necessidades do próprio usuário, sem a necessidade de ser completamente substituído. Como exemplo, podemos citar um dispositivo eletrônico que recebe atualizações de firmware até o fim de sua vida útil, ou que possui slots para receber componentes de hardware mais novos, prolongando seu desempenho e relevância.

A *correção de falhas*, por sua vez, envolve a identificação e comunicação de defeitos ao usuário com especificidade tal que seja possível iniciar a resolução do problema a partir das informações dadas. Um exemplo é o fornecimento de um código de erro, por meio do qual é possível buscar mais informações, em manuais de reparo ou na internet, sobre a natureza do problema e quais as peças/procedimentos são necessários para resolvê-lo. Simultaneamente, é importante o isolamento da falha, permitindo que ela seja rastreada até a parte do conjunto que requer substituição. Isso facilita o diagnóstico e a correção de problemas, minimizando o tempo de inatividade e os custos de reparo.

No design, o princípio da *ergonomia* é essencial para promover uma interação eficaz, intuitiva e segura entre o usuário e o produto. Ela envolve o estudo e a aplicação de princípios que visam adaptar o produto às necessidades e limitações físicas e cognitivas dos usuários. Do ponto de vista do DFR, um design ergonômico considera fatores como o alcance fácil dos controles, a clareza das

³⁵ Esta ferramenta é usada especificamente para parafusos pentalobo, que têm uma cabeça em forma de estrela de cinco pontas arredondadas. Esses parafusos são comumente encontrados em dispositivos da Apple, como iPhones, MacBooks e iPads, e são projetados para dificultar o acesso não autorizado aos componentes internos desses dispositivos.

interfaces e o conforto durante o uso prolongado. Ao priorizar esses aspectos, os criadores garantem que os produtos sejam acessíveis e funcionais para um público mais amplo, colocando o usuário em aproximação com o objeto. Um dos recursos subjacentes à ergonomia é a *animacidade*, por meio da qual o produto exhibe características de um ser vivo, como no caso de um robô doméstico. De modo geral, os aspectos ergonômicos garantem que o uso do produto seja familiar, intuitivo e seguro para o usuário.

Outro princípio essencial ao DFR é a *modularidade*, que utiliza “blocos de construção” para compor o objeto. Esses blocos são facilmente identificáveis, e possuem, preferencialmente, tamanho, forma e interfaces padronizadas, em relação aos produtos anteriores e posteriores. A modularidade é um facilitador da acessibilidade, permitindo a remoção, encaixe, substituição de componentes, conectores e peças por outros de fácil acesso. Além disso, aumenta a adaptabilidade, tornando mais fácil a introdução de novas peças e funcionalidades sem a necessidade de uma reformulação completa. Em produtos modulares, é desejável que as peças sejam padronizadas em relação às demais versões do objeto e também ao mercado. Essa standardização garante a compatibilidade entre peças de diferentes produtos e até mesmo de fabricantes distintos, facilitando a interoperabilidade e a reciclagem eficiente.

A *Navalha de Ockham* ou princípio da economia é uma homenagem ao frade e filósofo Guilherme Ockham (1287–1347), autor da frase *pluralitas non est ponenda sine necessitate* (entidades não devem ser multiplicadas além do necessário). Aplicada ao design, a Navalha de Ockham é usada para selecionar a opção mais simples entre designs distintos mas funcionalmente equivalentes. Os criadores devem se valer deste princípio para eliminar peças que encarecem ou complexificam desnecessariamente o produto. Uma estrutura mais simples facilita o acesso e a substituição de peças, além de reduzir o número de componentes que podem falhar, aumentando a segurança operacional. Ainda, um design econômico, com menos peças, pode consumir menos de recursos durante a produção.

Por fim, o princípio de *resistência* envolve a seleção de materiais mais duráveis para compor um objeto, partindo da premissa que elementos mais resistentes, ainda que sejam mais caros quebram menos. Atualmente, há uma tendência de aplicação de materiais de qualidade inferior, atendendo a demandas econômicas de redução de custo de produção e até mesmo à obsolescência programada. O uso de materiais mais resistentes, como mostrado no caso das lâmpadas antigas inicialmente descritas, pode prolongar a vida útil do produto, evitando o emprego de novos e efêmeros materiais que serão rapidamente descartados. Além disso, integra a estratégia de resistência o *excesso de funcionalidade e/ou material*. Trata-se de inserir um “extra” de material, permitindo que o desgaste normal ou a remoção de material sirva a uma intervenção de recuperação. Insere-se, dentro do princípio da resistência, o uso de *elementos sacrificiais*, como peças baratas e fáceis de substituir que protegem peças mais caras (por exemplo, fusíveis). Esses elementos ajudam a prolongar a vida útil do produto e a reduzir os custos de manutenção.

Principles of Design for Repair (DfR)	
Principle of DfR	Summary
Accessibility	Design/positioning favors removal, replacement and reassembly; parts marked or identified.
Adaptability	Product can receive updates and adaptations.
Ergonomics	Promotes effectiveness in integration; may include animacy.
Fault Correction	Helps the user identify, isolate, and correct faults.
Modularity	The object is composed of building blocks, preferably using standardized parts.
Ockham's Razor	Choice of the simplest design; reduction in the number of parts.
Resistance	More durable materials; margin for wear; introduction of sacrificial elements.

Tabela 1: quadro-resumo dos princípios de design do Design for Repair (elaboração própria, a partir de Hollander, 2018).

Diante do exposto, vê-se que a importância do DFR está profundamente enraizada nas bases e metas da economia circular, que busca uma ruptura com o modelo linear de produção e consumo. Em vez da fabricação, uso e descarte rápidos, a economia circular promove um ciclo contínuo de reutilização, reparo e reciclagem de materiais, mitigando significativamente a geração de resíduos e o consumo de recursos naturais. A implementação do DFR concilia inovação tecnológica com sustentabilidade, beneficiando o meio ambiente, ao mesmo tempo em que fortalece a confiança do consumidor, oferecendo produtos mais duráveis e economicamente vantajosos a longo prazo.

Adotar o DFR (*Design for Reliability*) implica em uma mudança significativa nas práticas de design e desenvolvimento de produtos, demandando a conciliação da reparabilidade com os interesses financeiros e as estratégias corporativas das fabricantes. No entanto, os incentivos econômicos tendem a favorecer a produção em massa e a exacerbar o consumo. Não por acaso, grandes empresas como Apple, Samsung, Sony, etc., frequentemente optam por designs menos reparáveis, que oferecem custos de produção competitivos e incentivam, eventualmente, a obsolescência programada.³⁶ Diante disso, surge a necessidade de estabelecer diretrizes regulatórias que contemplem o DFR, reconhecendo a importância de projetos que vão além da produção em massa, promovendo práticas de consumo mais sustentáveis e incentivando a durabilidade e reparabilidade dos produtos.

IV. EXEMPLOS DE DESIGN FOR REPAIR (DFR)

A) PROTÓTIPO DE CAFETEIRA KARA

A cafeteira Kara, idealizada pelo designer italiano Thomas Mair, pode ser vista como um exemplo da incorporação dos princípios

³⁶ Cfr. NOVAES, Thiago; ANDRADE, Otávio Morato de, *op. cit.*

de DFR na construção de objetos técnicos. O design da Kara foi premiado internacionalmente por refletir uma resposta direta ao problema da obsolescência planejada, estudada por Mair na Design Academy Eindhoven (Holanda). Inspirado por conversas com um “café de reparos” local, Mair descobriu que muitos clientes levavam máquinas Nespresso quebradas que eram frequentemente impossíveis de consertar devido ao seu design fechado e não modular.³⁷

O protótipo de Mair é feito de plástico ABS, polímero composto de acrilonitrila, butadieno e estireno, conhecido por sua grande resistência e durabilidade. A arquitetura da cafeteira é totalmente modular, empregando blocos removíveis e alinhados por imãs, facilitando a limpeza e substituição de peças. A estrutura simples revela os componentes facilmente identificáveis, que são também etiquetados com QR code –que fornece informações detalhadas sobre os próprios materiais, instruções de reparo e opções de reciclagem.³⁸

Do ponto de vista da ergonomia, a Kara também apresenta inovações. Sua estrutura externa é transparente, o que desmistifica seu funcionamento interno e torna o processo de preparo do café mais familiar ao usuário leigo. Ao contrário das máquinas tradicionais, o tanque de água da Kara ocupa a parte frontal (e não traseira), permitindo que o usuário assista todo o processo, que se inicia com o aquecimento da água no tanque e o seu bombeamento por válvulas até o filtro com café moído, onde a água extrairá as essências do café.

Além disso, uma tela sensível ao toque e interativa é capaz de, juntamente com o manual de instruções, guiar o consumidor no

³⁷ Cfr. BRANDON, Elissaveta, “Nespresso Should Steal This Idea for a Repairable Coffee Machine”, *Fast Company*. Consultado em: <www.fastcompany.com/90823598/nespresso-should-steal-this-idea-for-a-repairable-coffee-machine> (19/12/2022).

³⁸ Cfr. ABBATTISTA, Patrick, “Kara Is a Repairable, Recyclable, Long-Lasting Coffee Machine. DesignWanted”. Consultado em: <www.designwanted.com/kara-repairable-recyclable-coffee-machine> (1/4/2023)

processo de manutenção, quando necessário. Percebe-se, aqui, uma ergonomia diferenciada, que atua sinergicamente ao princípio de correção de falhas, promovendo uma conexão mais intuitiva do usuário com o objeto. Essa ampliação do entendimento do usuário sobre seu objeto técnico, mediada pelo DfR, aumenta a probabilidade de reparos em vez de descarte.

O princípio da correção de falhas está contemplado em outros aspectos. A máquina inclui um kit de ferramentas embutido, incentivando os usuários a abri-la e realizar reparos básicos por conta própria –exatamente o contrário de máquinas atuais como Nespressos, cuja abertura e reparo doméstico é quase impossível para um consumidor comum. Quando uma peça da Kara está de fato danificada, novas peças podem ser geradas por impressora 3D (com exceção daquelas que ficam em contato com a água quente), a partir de especificações e esquemas fornecidas espontaneamente pelo criador, minimizando a dependência do usuário em relação ao fabricante.

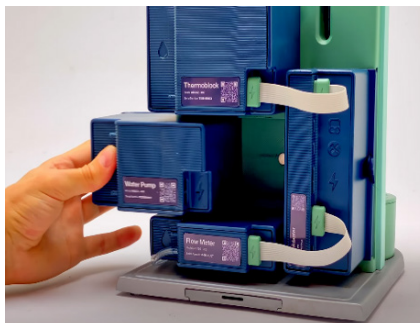


Figura 2: Usando o DFR, os componentes da cafeteira Kara são montados em uma estrutura transparente e removível. A melhor visualização da máquina permite que o usuário se familiarize e compreenda seus mecanismos internos, aumentando a propensão ao reparo.

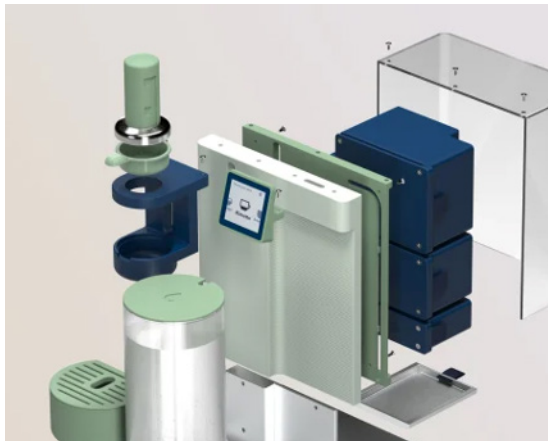


Figura 3: A estrutura do protótipo é altamente modular, com cada peça sendo destacada com um leve toque. Reparos básicos e substituição de peças são facilitados pela estrutura.

Vê-se, desta maneira, que o protótipo Kara, diferentemente da maioria das cafeteiras disponíveis no mercado, traz uma proposta

de objeto técnico durável, através de escolhas alinhadas com princípios do DfR descritos neste trabalho. Embora seja apenas um protótipo, a Kara traz um esquema acabado e facilmente replicável e que já é, em alguma medida, notado em alguns produtos. As cafeteiras da fabricante portuguesa Briel, por exemplo, são conhecidas pela durabilidade e reparabilidade.

B) KUBA AUDIO

Fones de ouvido (headphones) em geral são equipamentos de difícil reparo, devido ao design compacto e à integração de componentes eletrônicos minúsculos e difíceis de acessar. Quando ocorrem pequenas falhas, muitas vezes os consumidores são obrigados a descartar os dispositivos inteiros, contribuindo significativamente para o aumento do lixo eletrônico. O problema é ainda mais grave nos fones sem fio, que possuem uma vida útil radicalmente mais curta por utilizarem uma fonte autônoma de energia (geralmente uma bateria de lítio). Como as baterias funcionam à base do fluxo de íons (do ânodo para o cátodo e vice-versa), ao longo do tempo o processo de uso e recarga gera o acúmulo de íons de lítio (dendritos) nas paredes da bateria, aumentando a resistência elétrica e reduzindo sua capacidade até que não seja mais utilizável.

No segmento de headphones, a Kuba Audio, empresa brasileira do setor de áudio fundada em 2014 no Rio de Janeiro, tem se destacado ao fabricar fones mais duráveis e com design modular, com vistas a facilitar o reparo e a personalização. A startup foi criada pelo casal Eduarda Vieira e Leonardo Drummond, youtuber que mantinha o *Mind the Headphone*, maior canal dedicado a headphones do Brasil. Em 2017, a empresa recebeu investimento de Camila Farani e em 2018, os empreendedores participaram do

programa Shark Tank e receberam um aporte de 1 milhão de reais do investidor João Apolinário (dono da Polishop).³⁹

A Kuba Audio emprega a modularidade em seus headphones, de forma que um fone chega a ser desmontável em mais de dez peças pelo usuário, sem necessidade de ferramentas complexas. O desenho dos headphones projetados pela Kuba Audio também favorece a adaptabilidade e acessibilidade, permitindo que os usuários substituam componentes essenciais como arco, almofadas de ouvido, almofada superior, cabos e concha acústica.

Ainda, os materiais são selecionados para dar resistência: os arcos dos headphones são de madeira laminada e flexível, seus auto-falantes possuem titânio e algumas versões das almofadas são oferecidas em camurça, mais resistente que o poliestireno presente nas espumas da maioria dos aparelhos do segmento. Os fones da Kuba são produzidos à mão, em quantidades limitadas e em lotes, permitindo um cuidado maior de acabamento, e evitando o desperdício em linhas de produção massificadas.

A empresa não só fornece peças de reposição, mas também disponibiliza um kit de ferramentas para reparos básicos, sendo a principal delas a chave hexagonal, que permite substituir todas as peças do fone. Isso incentiva os consumidores a limpar, manter e reparar seus equipamentos em vez de descartá-los. O reparo evita a aquisição de um dispositivo completamente novo, e pode ser feito por conta própria, sem a necessidade de contratar um técnico ou levar o fone até uma loja autorizada.

³⁹ Cfr. GAZZONI, Marina, “Onde estão os tubarões? Conheça as 12 empresas que João Appolinário, dono da Polishop, investiu no Shark Tank”, Seu Dinheiro, consultado em: <<https://www.seudinheiro.com>> (3/6/2019).



Figura 4: Os acessórios desmontáveis do fone Kuba Disco. No site da Kuba Audio (2024) é possível adquirir peças de reposição para evitar o descarte do fone, entre elas: arco, almofadas de ouvido, almofada superior, cabos e concha acústica.

A Kuba também favorece a adaptabilidade, comercializando diversos tipos de cabos para dar suporte a um uso mais versátil do produto. Há, por exemplo, uma opção com microfone flexível para transformar o Kuba Disco em um headset, possibilitando a realização de chamadas, videoconferências e em jogos online. Também é possível usar o cabo P2 (3,5mm) nos fones bluetooth, o que não ocorre em todas as marcas. Outro exemplo da adaptabilidade foi o lançamento do arco bluetooth em 2023, que é totalmente compatível com os demais componentes dos fones com fio lançado anteriormente. Desta forma, após o lançamento da versão bluetooth, usuários que já possuíam versões anteriores do fone com fio, poderiam comprar apenas o arco bluetooth, conectando às demais peças (conchas, almofadas, auto-falantes, etc).⁴⁰

Além de suas práticas inovadoras de design, a Kuba Audio também se destaca pela garantia de cinco anos para componentes principais e suporte ao cliente no pós-venda, características que

⁴⁰ Cfr. MARTINS, Luiza, “Review: Kuba Disco 2 Bluetooth une qualidade, durabilidade e custo-benefício”, *TechTudo*, Editora Globo, consultado em: <<https://www.techtudo.com.br/eletronicos/fo-nes-de-ouvido/noticia/2024/03/review-kuba-disco-2-bluetooth-une-qualidade-durabilidade-e-custo-beneficio.ghtml>> (19/03/2024).

têm sido destacada no debate sobre ao direito ao reparo. A empresa promete atendimento personalizado e rápido, com soluções de problemas em até 24 horas e disponibilização de peças de reposição em um dia útil. A proximidade da produção e do suporte ao cliente não apenas otimiza a eficiência, mas também garante que os clientes possam confiar na durabilidade e manutenção de seus produtos.

Com efeito, a assistência no pós-venda é um componente crucial sob a ótica da durabilidade e do direito ao reparo, pois garante que os consumidores possam facilmente obter peças de reposição, instruções de reparo e assistência técnica, permitindo que os produtos sejam reparados e mantidos em bom estado por mais tempo. A Kuba Audio exemplifica esta abordagem com seu suporte ágil e eficaz, como evidenciado por suas boas notas no site Reclame Aqui. Essa excelência no atendimento pós-venda permite que os consumidores tenham acesso a reparos e substituições de peças de maneira eficiente, reforçando o compromisso da empresa com a longevidade dos produtos. Ao facilitar o acesso ao reparo e à manutenção, a Kuba Audio não apenas prolonga a vida útil de seus fones de ouvido, mas também fortalece o direito dos consumidores de consertar seus próprios dispositivos, alinhando-se com princípios de economia circular e consumo consciente

Company	Answered	Resolved	Response Time	Rating
Bose	0%	0%	N/A	N/A
Kuba Audio	100%	89,8%	1d 1h	8,3
JBL	92,6%	42,9%	6d 12h	4,4
Sony	100%	34%	3d 10h	3,8

Tabela 2: comparativo de reclamações entre fabricantes de fones de ouvido ReclameAqui, 2024.

Thus, it is possible to see that Kuba Audio aligns with the principles of DFR by prioritizing modularity, adaptability, and accessibility, allowing users to easily replace worn or damaged parts. This is exemplified by the ease of replacing ear pads, a common problem that usually leads to the premature disposal of many headphones on the market. In 2021, the company launched on the Equity Crowdfunding platform Beegin, raising over three million reais from nearly 300 investors. In 2023, it received an additional investment of two million reais from the Desenvolve Amazônia fund to expand its operations internationally, especially to other countries in Latin America and Europe. These financial investments will allow the company to increase its production capacity and open a new line in the Manaus Free Trade Zone, promoting the production of more national parts through the region's tax incentives. Additionally, the company plans to launch new product lines and accelerate its growth in the B2B (business-to-business) market, offering customizable headphones and differentiated support for the corporate market.

Desta forma, é possível perceber que a Kuba Audio se alinha aos princípios da DFR, na medida em que prioriza a modularidade, adaptabilidade, acessibilidade, permitindo os usuários troquem peças gastas ou danificadas facilmente. Isso é exemplificado pela facilidade de substituição das almofadas dos fones, um problema comum que geralmente leva ao descarte prematuro de muitos headphones existentes no mercado.

Em 2021, a empresa foi lançada na plataforma Equity Crowdfunding Beegin, onde captou mais de três milhões de reais com quase 300 investidores e, em 2023, recebeu um aporte de mais dois milhões de reais do fundo Desenvolve Amazônia, para expandir suas operações internacionalmente, especialmente para outros países da América Latina e Europa. Estes aportes financeiros permitirão à empresa aumentar sua capacidade produtiva e abrir uma nova linha na Zona Franca de Manaus, favorecendo a produção de mais peças nacionais a partir dos incentivos fiscais da região. Além disso, a empresa planeja lançar novas linhas de

produtos e acelerar seu crescimento no mercado B2B (*business-to-business*), oferecendo fones de ouvido personalizáveis e suporte diferenciado para o mercado empresarial.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A literatura especializada mostra que os atuais modos de produção e consumo de bens (especialmente aqueles ligados à tecnologia) promovem um uso insustentável dos recursos naturais, razão pela qual o modelo linear em vigor deve ser reavaliado criticamente. A economia circular emerge como resposta que prioriza a reutilização, a reciclagem e a remanufatura, visando a sustentabilidade e a redução de resíduos. Contudo, as estratégias de economia circular não devem ser implementadas pontualmente: a reciclagem, por exemplo, é insuficiente para reintroduzir os bens no circuito nas taxas necessárias para neutralizar os resíduos e a poluição. Faz-se necessária, portanto, colocar em funcionamento todo um conjunto de estratégias específicas que envolvem o incentivo da reutilização, da reparação e da produção de bens mais duráveis pode reduzir o desperdício e o consumo de recursos resultante da obsolescência programada

Após 2020, o estímulo ao reparo tem sido observado no panorama regulatório, havendo novos marcos legais que obrigam os fabricantes a disponibilizarem peças de reposição e manuais de reparo, facilitando a manutenção dos produtos pelos próprios usuários ou por técnicos independentes. Nos Estados Unidos, Canadá, EU e Reino Unido, viu-se a introdução de diversas legislações que visam assegurar que os produtos sejam mais duráveis, reparáveis e recicláveis.⁴¹ Medidas práticas passaram a exigir, por exemplo, que os fabricantes disponibilizem peças de reposição e informações de reparo.

⁴¹ Cfr. ANDRADE, Otávio Morato de, “Direito ao reparo no Brasil: perspectivas e limitações do PL 805/2024”.

Inserido neste contexto, o *Design for Repair* (dfr) emerge como uma abordagem fundamental para a economia circular. Dfr consiste na concepção e desenvolvimento de produtos com foco na facilidade de reparo, permitindo que componentes danificados possam ser substituídos ou consertados em vez de descartados. Este artigo definiu e detalhou os sete princípios do dfr: i) acessibilidade; ii) adaptabilidade; iii) correção de falhas; iv) ergonomia; v) modularidade; vi) navalha de Ockham e vii) resistência. Sua adoção pelos criadores pode contribuir diretamente para a economia circular, promovendo um ciclo de vida mais eficiente e responsável para os produtos.

Em alinhamento com o dfr, as empresas também precisam empregar, a nível corporativo e de comunicação, políticas que favoreçam o reparo. Essas políticas devem incluir o fornecimento de manuais de reparo e vídeos sobre como consertar, oferecendo aos consumidores recursos claros e acessíveis para manutenção de seus produtos. É preciso oferecer incentivos para devolução de produtos antigos, incentivando a reciclagem e reutilização de componentes. Por fim, a produção e tratamento do fim de vida (EOL) local, dentro de um sistema de ciclo fechado (*closed loop*), é essencial para assegurar que os materiais e componentes dos produtos retornem ao ciclo de produção, minimizando o desperdício e promovendo a sustentabilidade. Portanto, no contexto da economia circular, o dfr também pode contribuir, ainda que indiretamente, para a constituição de constituir redes de reparo e manutenção, tanto oficiais quanto comunitárias, capacitando os consumidores a consertar seus próprios produtos. A promoção de habilidades técnicas e de reparo, por exemplo, pode gerar empregos e capacitar indivíduos, reduzindo a dependência de novos produtos e diminuindo a quantidade de resíduos.

A adoção da economia circular é um passo crucial para enfrentar os desafios ambientais e econômicos do século XXI. A transição para este modelo requer um esforço conjunto de governos, empresas e consumidores, mas os benefícios potenciais tornam essa mudança não apenas desejável, mas essencial para um futuro mais sustentável e equitativo.