



Design Circular na Indústria da Moda: o fechamento do ciclo de vida dos calçados

Circular Design in the fashion Industry: closing the footwear life cycle

Palloma Renny Beserra Fernandes¹, Cyntia Santos Malaguti de Sousa²

¹ Doutoranda em Design, FAU-USP, palloma_renny@hotmail.com

² Doutora em Arquitetura e Urbanismo, FAU-USP, cyntiamalaguti@usp.br

Resumo. A indústria da moda, especialmente o setor calçadista, enfrenta desafios significativos relacionados aos seus impactos socioambientais. Este artigo analisa a transição do modelo linear para o modelo circular na cadeia produtiva do calçado, enfatizando o papel estratégico do design como ferramenta transformadora. Fundamentado nos princípios da economia circular, a abordagem crítica sobre o design de produtos, destaca a importância de considerar o ciclo de vida completo, desde a escolha de materiais até o descarte. O estudo revela os entraves e potencialidades da circularidade no design calçadista e discute a viabilidade de práticas sustentáveis por meio da articulação de atores sociais, inovação tecnológica e modelos de negócio disruptivos. Conclui-se que o design circular, quando aplicado de maneira sistêmica e colaborativa, oferece caminhos promissores para mitigar os impactos ambientais e reestruturar a indústria rumo à sustentabilidade.

Palavras-chave. Design circular; indústria da moda; calçados; ciclo de vida.

Abstract. The fashion industry, especially the footwear sector, faces significant challenges related to its social and environmental impacts. This article analyzes the transition from a linear model to a circular model in the footwear production chain, emphasizing the strategic role of design as a transformative tool. Grounded in the principles of the circular economy, the critical approach to product design highlights the importance of considering the complete life cycle, from material selection to disposal. The study reveals the obstacles and potential of circularity in footwear design and discusses the feasibility of sustainable practices through the articulation of social actors, technological innovation, and disruptive business models. It concludes that circular design, when applied in a systemic and collaborative way, offers promising paths to mitigate environmental impacts and restructure the industry toward sustainability.



Keywords: *Circular design; fashion industry; footwear; life cycle*

1 Introdução

A moda configura-se como um dos setores econômicos mais influentes do cenário global, movimentando aproximadamente 1,3 trilhões de dólares em escala mundial. Trata-se de uma indústria altamente competitiva, marcada por um crescimento acelerado e por transformações significativas em suas estruturas e dinâmicas operacionais (Gazzola *et al.*, 2020). Contudo, a magnitude de sua relevância econômica está diretamente relacionada à extensão de seus impactos socioambientais. Atualmente, é considerada a segunda atividade industrial mais poluente do planeta, grande responsável pela extração intensiva de recursos naturais, além de elevados índices de consumo de energia e água (Mota; Silva; Júnior, 2017; Neumann; Martinez; Martinez, 2020). Estima-se que a indústria da moda utilize mais de 98 milhões de toneladas de matérias-primas não renováveis, como o petróleo (Gazzola *et al.*, 2020). Sua cadeia produtiva é estruturada em etapas integradas e interdependentes, abrangendo desde a obtenção das matérias-primas, passando pelo processo fabril, até a distribuição e consumo final (Andrade; Bezerra; Landim, 2015).

Neste setor, os consumidores exercem papel central, influenciando diretamente as rápidas mudanças que ocorrem para atender às suas exigências e desejos (Gazzola *et al.*, 2020; Rasmussen, 2020). A cultura do consumo acelerado, característica da sociedade atual, impulsionou o fortalecimento do modelo *fast fashion*, baseado na oferta constante de novidades a baixo custo. Este modelo prioriza a produção em massa de artigos com baixa durabilidade, operando sob o sistema *just in time*, que visa lançar tendências em prazos extremamente reduzidos (Gwilt, 2015). Apesar de ser eficiente do ponto de vista produtivo, esse modelo linear (figura 1) apresenta sérias limitações ambientais e sociais (Gazzola *et al.*, 2020).

Em contrapartida, observa-se que uma crescente conscientização por parte dos consumidores quanto aos danos gerados pela indústria da moda ao meio ambiente e à sociedade. Essa mudança de percepção tem influenciado diretamente os comportamentos de compra (Neumann; Martinez; Martinez, 2020). Além disso, pressões oriundas de instituições públicas e privadas vêm impulsionando a adoção de práticas mais responsáveis no setor. A sustentabilidade, nesse contexto, consolidou-se como uma pauta prioritária nos debates acadêmicos e institucionais (Gazzola *et al.*, 2020). Ainda assim, a ideia de “moda sustentável” carrega uma tensão conceitual, pois seus termos remetem a valores antagônicos. Para que a sustentabilidade seja efetiva, é imprescindível uma transformação profunda na estrutura da cadeia produtiva de moda (Vadicherla; Saravanan, 2015). A transição de um modelo linear para um modelo circular (figura 1) requer a reinvenção dos modelos de negócio, a reconfiguração da gestão de recursos e a harmonização entre desenvolvimento econômico, responsabilidade social e preservação ambiental. Embora algumas empresas já estejam explorando estratégias de circularidade, essa mudança ainda é gradual e exige soluções técnicas, financeiras e logísticas integradas (Gazzola *et al.*, 2020).



Figura 1. Transição da economia linear para a economia circular



Fonte: Assunção, (2019)

Diante deste cenário, a indústria calçadista, como parte significativa do setor da moda, enfrenta o desafio de implementar o design circular em seus produtos, buscando garantir a valorização e o reaproveitamento dos materiais ao final de seu ciclo de uso (Gazzola *et al.*, 2020). O design, nesse contexto, desempenha um papel fundamental na transição de sistemas. Ao repensar a forma como os produtos são concebidos, fabricados, utilizados e descartados, o design pode viabilizar alternativas que articulem soluções inovadoras que integrem funcionalidade, estética e sustentabilidade, promovendo a circularidade como princípio estruturante. Assim, este artigo tem como objetivo apresentar uma perspectiva da transição do sistema linear para o circular no setor calçadista, destacando o papel do design como agente de transformação na construção de novos modelos mais sustentáveis.

2 Economia Circular

A economia circular, fundamentada nos princípios da sustentabilidade e da ecologia industrial, propõe uma reestruturação do modo como produtos e serviços são concebidos, considerando todo o ciclo de vida. Sua proposta inovadora não se resume apenas à minimização dos danos ambientais, mas também visa à recuperação e à valorização do capital natural. Nesse sistema, os resíduos deixam de ser considerados lixo e passam a desempenhar a função de novos recursos, contribuindo para o fechamento do ciclo dos materiais (SENAI-SP, 2020).

De acordo com a Fundação Ellen MacArthur, três pilares sustentam essa abordagem: (i) eliminação de resíduos e poluição desde o princípio; (ii) manutenção dos produtos e materiais em uso pelo maior tempo possível, conservando seu valor máximo; e (iii) regeneração dos sistemas naturais (Ellen MacArthur Foundation, [s. d.]).

A economia circular, portanto, propõe o redesenho de processos produtivos com foco na redução, reutilização e reciclagem dos recursos empregados ao longo das etapas de fabricação, distribuição e consumo. A meta não é apenas mitigar os impactos negativos,



**X Simpósio
de Design
Sustentável**
Mundos por vir_

X SDS 2025 - Sustainable Design Symposium

**3 a 5
DEZ
2025**

São Luís - MA



PPGDg UFMA
Programa de
Pós-Graduação
em Design



INSTITUTO
FEDERAL
Maranhão

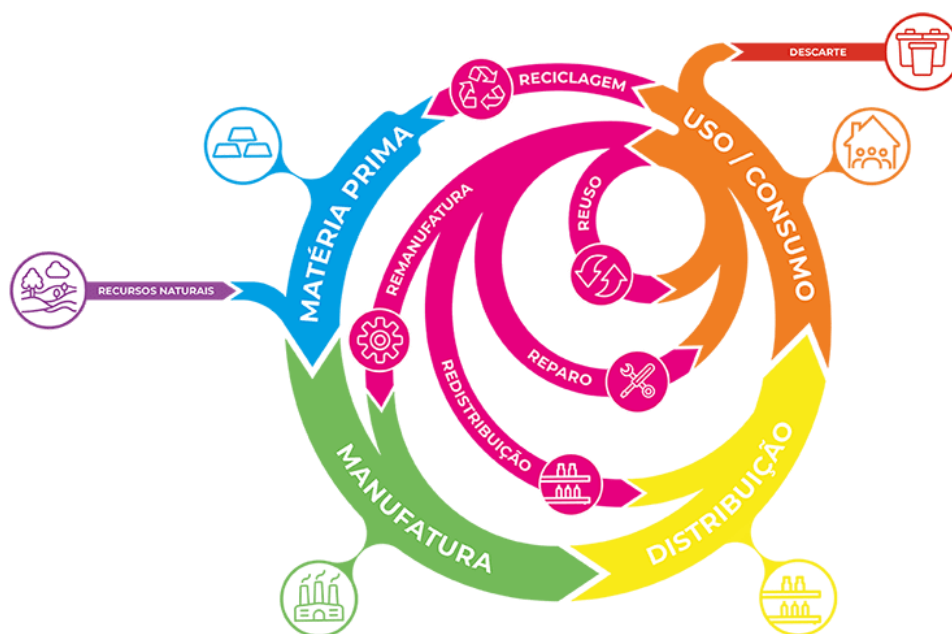
mas melhorar sistemicamente o design dos produtos em suas cadeias de produção (Murray; Skene; Haynes, 2017). Para tanto, é essencial que os recursos sejam utilizados de maneira inteligente, dentro de um sistema que promova a circularidade de forma estruturada, possibilitando o reaproveitamento eficiente de materiais e resíduos (Kirchherr; Reike; Hekkert, 2017; Korhonen; Honkasalo; Seppälä, 2018). O sistema circular apoia-se na regeneração de materiais, sejam eles de origem biológica ou renovável, que são projetados desde sua origem para serem reutilizados ou reinseridos em novas cadeias produtivas, com perda mínima de valor ou funcionalidade (Gazzola *et al.*, 2020).

Essa lógica impacta diretamente todos os setores da economia, em especial a indústria da moda, que está entre as mais afetadas por essa transformação paradigmática (Gazzola *et al.*, 2020). A economia circular se baseia na restauração dos sistemas econômicos por meio de estratégias que incluem, principalmente, o design como instrumento para reduzir o desperdício de recursos e estimular práticas regenerativas (Gazzola *et al.*, 2020; Wastling; Charnley; Moreno, 2018). A proposta é substituir o modelo linear por um cíclico, que promova a sustentabilidade econômica e ambiental, tanto dentro quanto fora dos limites organizacionais. Nessa perspectiva, o gerenciamento eficiente dos recursos torna-se uma responsabilidade compartilhada entre todos os elos da cadeia produtiva (Gazzola *et al.*, 2020).

O conceito de fechamento de ciclo, central na economia circular, é fundamentado na lógica *cradle to cradle* (do berço ao berço) (figura 2), que se contrapõe à tradicional abordagem *cradle to grave* (do berço ao túmulo). Existem dois tipos principais de ciclos fechados: o ciclo biológico, em que os materiais retornam com segurança à natureza; e o ciclo técnico, que inclui estratégias como manutenção, reuso, remanufatura, reciclagem e redistribuição (McCann, 2015; SENAI-SP, 2020). A inovação, portanto, deve estar presente desde a escolha das matérias-primas até a concepção do produto ou serviço, passando por todas as fases do design (SENAI-SP, 2020).



Figura 2. Estrutura da economia circular



Fonte: Ideia Circular, ([s. d.])

Com o crescimento das preocupações ambientais e sociais, o conceito de economia circular tem ganhado cada vez mais adesão por parte de empresas, governos e organizações (Slaper; Hall, 2011). As projeções indicam que a adoção dessa abordagem pode impulsionar o crescimento econômico, abrir novas oportunidades de negócios, gerar economia de recursos e reduzir significativamente os impactos ambientais (Kalmykova; Sadagopan; Rosado, 2018). No entanto, a mensuração efetiva das ações circulares ainda é um desafio, dificultando a avaliação do progresso rumo ao desenvolvimento sustentável (Slaper; Hall, 2011).

Entre os instrumentos utilizados para mensurar o desempenho circular de produtos, destaca-se o Indicador de Circularidade de Materiais (ICM), que avalia aspectos como: (i) proporção de materiais virgens utilizados; (ii) quantidade de materiais reciclados ou reutilizados; (iii) eficiência do produto para ser reciclado; (iv) fração dos materiais que são descartados em aterros ou incinerados; e (v) utilidade dos produtos ao longo de sua vida útil (Modifica; FGVces; Regenerate, 2021). Outra ferramenta importante é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), que permite analisar e comparar os impactos ambientais gerados em cada etapa do ciclo de vida dos produtos (Pereira, 2017).

Dados de 2018 já indicavam que a implementação de estratégias circulares poderia reduzir as emissões globais de carbono em até 56% até o ano de 2030. Esse compromisso está alinhado às diretrizes da Agenda 2030, documento pactuado em escala global, e conta com o apoio de diversas instituições internacionais, como a União Europeia, a OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico), a ISSO (Organização



Internacional de Normatização) e a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas, que tem desenvolvido estruturas regulatórias e ferramentas voltadas à consolidação da economia circular do país (SENAI-SP, 2020).

3 Design Circular de Produto

O design é reconhecido como um elemento-chave para a viabilização da economia circular. Diversas pesquisas desenvolvidas nessa área apresentam um leque de estratégias com o objetivo de atender aos princípios que orientam o design circular. A maioria dos estudos atuais com esse enfoque apresenta abordagens técnicas que dialogam diretamente com os preceitos da circularidade. No entanto, é essencial ressaltar que o desenvolvimento de produtos deve também contemplar aspectos relacionados ao comportamento do consumidor, levando em consideração suas expectativas, movimentações e necessidades (Wastling; Charnley; Moreno, 2018). Além das exigências funcionais, ergonômicas e técnicas, a escolha dos materiais se apresenta como uma questão crítica no protagonismo projetual (Herva; Álvarez; Roca, 2011).

A análise dos impactos ambientais de um produto desde as fases iniciais do projeto permite antecipar consequências e facilita decisões mais conscientes ao longo do desenvolvimento. Neste sentido, diversos autores destacam a importância de intervir nos momentos decisivos do processo para assegurar escolhas alinhadas às prioridades sustentáveis, sobretudo na etapa de manufatura (Cheah *et al.*, 2013). A atuação de novos profissionais de design tem se pautado em práticas mais conscientes, adotando métodos inovadores e incorporando dados que consideram os limites do ecossistema, bem como as implicações socioambientais e os fluxos de materiais (Alessio *et al.*, 2014). Esses profissionais assumem um papel de liderança na transformação dos sistemas industriais rumo à minimização de impactos ambientais (Kindlein Júnior; Cândido, 2009).

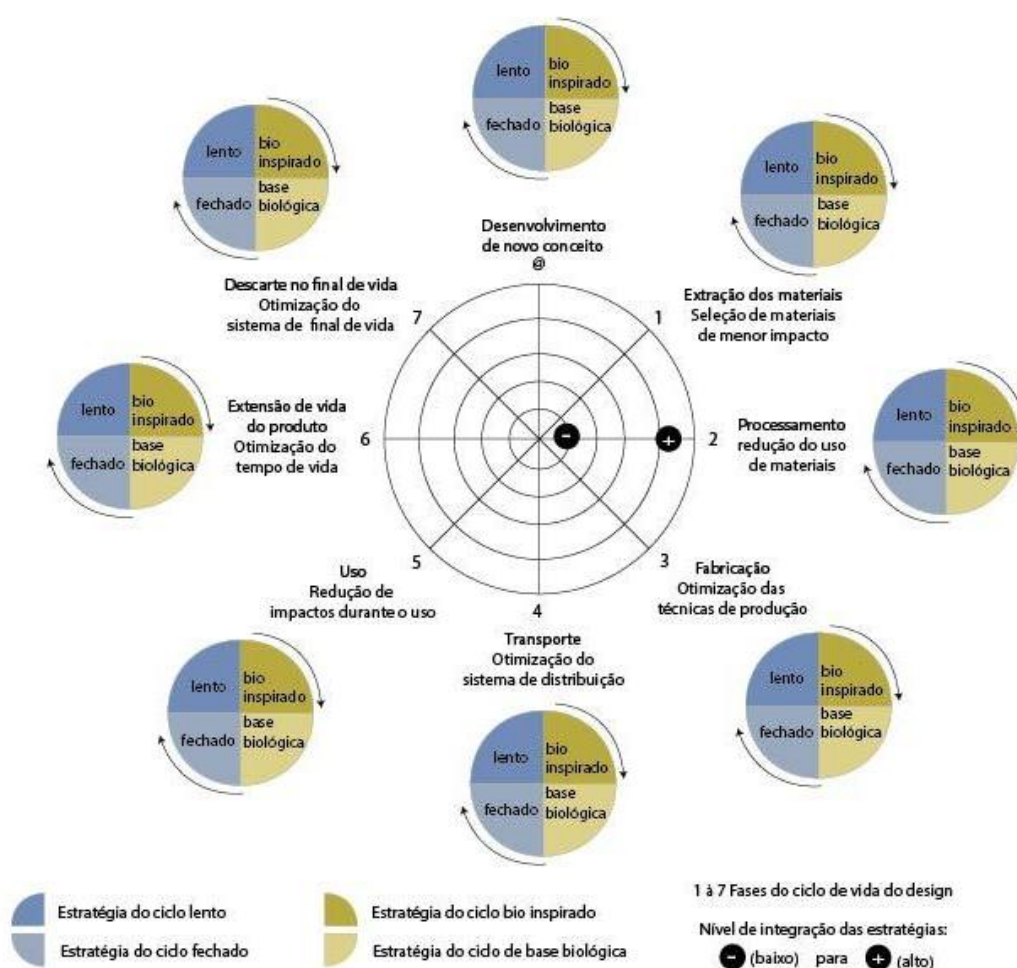
A eficácia do design circular depende de uma reformulação sistêmica e de uma mudança da mentalidade projetual, que inclui estratégias voltadas ao fim de vida útil dos produtos, como os sistemas de retorno e recolhimento (Medkova; Fifield, 2016). A manutenção planejada deve ter a mesma relevância dentro do processo, ao lado da aplicação das diretrizes dos “3Rs” – reduzir, reutilizar e reciclar –, que tem como meta racionalizar o uso de recursos e evitar descartes inadequados em aterros sanitários (Kindlein Júnior; Cândido, 2009; Medkova; Fifield, 2016; Muthu, 2013). Outra abordagem considera é que, caso o material chegue ao descarte final, ele não represente riscos ambientais em seu processo de decomposição (Muthu, 2013). Com a estruturação de processos contínuos e cíclicos, os materiais e componentes podem retornar aos seus respectivos ciclos de forma eficiente, prolongando a durabilidade dos produtos e multiplicando os seus ciclos de uso (Medkova; Fifield, 2016).

Como observado, a literatura apresenta uma diversidade de métodos e estratégias para o desenvolvimento de produtos circulares, sendo impossível determinar uma fórmula universal (Medkova; Fifield, 2016). Em vez disso, trata-se de um conjunto de ferramentas voltadas à criação de soluções projetuais mais resilientes e preparadas para o futuro



(Wastling; Charnley; Moreno, 2018). Mestre e Cooper (2017) propuseram uma série de abordagens que contribuem para o encerramento do ciclo no design circular, incluindo: design para a desaceleração do ciclo, design para fechamento de ciclo, design bioinspirado e design com base em ciclos biológicos (figura 3). Os autores apontam o design circular como uma diretriz estratégica com grande potencial de consolidação nas próximas décadas.

Figura 3 - Múltiplas medidas para o fechamento do ciclo em cada fazer do ciclo de vida do produto



Fonte: Traduzido de Mestre; Cooper, (2017)

Adicionalmente, outras ferramentas têm sido aplicadas na concepção de produtos com foco na circularidade, sendo os materiais os principais protagonistas nesse processo. A seguir, será explorada uma abordagem mais específica relacionada à escolha de materiais no contexto do design circular.



3.1 O Fechamento do Ciclo Técnico e Biológico

Para abordar o fechamento do ciclo no contexto do design circular, é essencial compreender o conceito de *cradle to cradle* (do berço ao berço), no qual os materiais são concebidos como nutrientes que alimentam novos ciclos, de forma analógica ao funcionamento da natureza e de seus ecossistemas. Assim, os produtos de consumo são planejados para retornar ao sistema produtivo como matéria-prima (McDonough; Braungart, 2002). O propósito da implementação desse modelo é eliminar a geração de resíduos inúteis ou nocivos ao meio ambiente, conservar recursos valiosos ao longo do tempo, diminuir a necessidade de extração de matérias-primas virgens e tratar resíduos como insumos para fluxos cíclicos e contínuos (Braungart et al., 2017).

A circularidade dos materiais pode ser pensada de modo a gerar dois tipos principais de nutrientes: biológicos e técnicos (figura 4). Os produtos podem conter elementos de ambos os ciclos, contudo, quando esses componentes estão combinados de maneira inseparável, podem comprometer a eficiência de cada processo. Em determinadas situações, a composição híbrida é inevitável, sendo necessário um projeto minucioso e consciente que preveja sua destinação adequada (Braungart et al., 2017). A articulação entre os diversos agentes da cadeia de valor, por meio do compartilhamento de informações, permite o uso mais eficiente do conhecimento, contribuindo para o aumento da produtividade e do valor desses materiais (Kara et al., 2022).

Figura 4 – Ciclo biológico (esquerda) e ciclo técnico (direita) de produtos de consumo



Fonte: Ideia Circular, (2017)

O ciclo biológico se fecha quando os materiais são planejados para retornar à natureza de forma segura, integrando-se ao metabolismo orgânico por meio de processos como a compostagem e a biodegradação, nutrindo novamente o ecossistema com o auxílio de microrganismos. Por outro lado, o fechamento do ciclo técnico refere-se aos materiais projetados para permanecerem em circulação no metabolismo industrial, mantendo seu valor e funcionalidade por meio de reuso, remanufatura ou reciclagem, sem que percam



suas propriedades ou causem contaminações (Abdalla; Freire Sampaio, 2018; Braungart et al., 2017).

A concepção de produtos orientados à circularidade demanda não apenas criatividade no design, mas também modelos de negócios disruptivos e inovadores, com critérios rigorosos na seleção dos componentes químicos que farão parte da composição dos produtos, garantindo que seu fim de vida seja compatível com os ciclos propostos. Neste sentido, cabe ao empreendedor o papel de investir em inteligências para que a inovações circulares se concretizem de maneira eficaz e sustentável (Braungart et al., 2017).

4 Impactos da Indústria Calçadista e o Desenvolvimento Sustentável

A indústria calçadista tem apresentado avanços significativos em seus processos de manufatura, incorporando inovações em maquinários e métodos produtivos. Contudo, a ampla diversidade de materiais empregados na composição dos calçados permanece gerando resíduos que, em muitos casos, são tóxicos, inflamáveis, patogênicos e corrosivos (Robinson, 2009).

A adoção de práticas sustentáveis no setor calçadista é especialmente relevante ao considerar o impacto ambiental negativo do seu processo produtivo, que frequentemente envolve substâncias nocivas como o cromo, utilizado principalmente no curtimento do couro; derivados do petróleo presentes em laminados sintéticos e diversos solados; e o chumbo encontrado em solados específicos. A constituição híbrida dos calçados, composta por materiais de diferentes naturezas interligados por colas e costuras, dificulta sua separação e inviabiliza processos eficientes de reciclagem, resultando em descarte final prejudicial ao meio ambiente (McDonough; Braungart, 2002).

A etapa de descarte, ao final da vida útil do calçado, enfrenta entraves consideráveis, sobretudo devido à complexidade dos materiais e ao uso intensivo de adesivos e costuras, originando resíduos sólidos heterogêneos que, ao serem destinados a aterros sanitários, comprometem a qualidade do solo e dos corpos d'água. Esse cenário é agravado pelo ritmo acelerado da indústria da moda, responsável por ciclos de vida cada vez mais curtos e um volume crescente de produção, consumo e descarte (Ashton, 2017; Francisco; Dias, 2015). A ampliação desse problema revela a urgência de um reposicionamento estratégico por parte das empresas do setor, especialmente frente à grande quantidade de calçados de baixa durabilidade, que geram um volume expressivo de resíduos (Francisco, 2016).

Projetar calçados que conciliem funcionalidade, apelo estético e capacidade de produção em larga escala, respeitando os princípios da sustentabilidade, configura um desafio complexo (Guarienti, 2018). Estudos demonstram que aproximadamente 90% dos impactos ambientais associados ao ciclo de vida do calçado concentram-se nas fases de obtenção de matéria-prima e produção (Muthu, 2013). A tabela 1 compara os impactos ambientais de três tipos de materiais comumente utilizados na produção de calçados (couro, polímeros sintéticos e materiais têxteis), conforme avaliação por categorias como



mudanças climáticas, saúde humana, qualidade dos ecossistemas, uso de recursos naturais e consumo de água (Chrobot *et al.*, 2018).

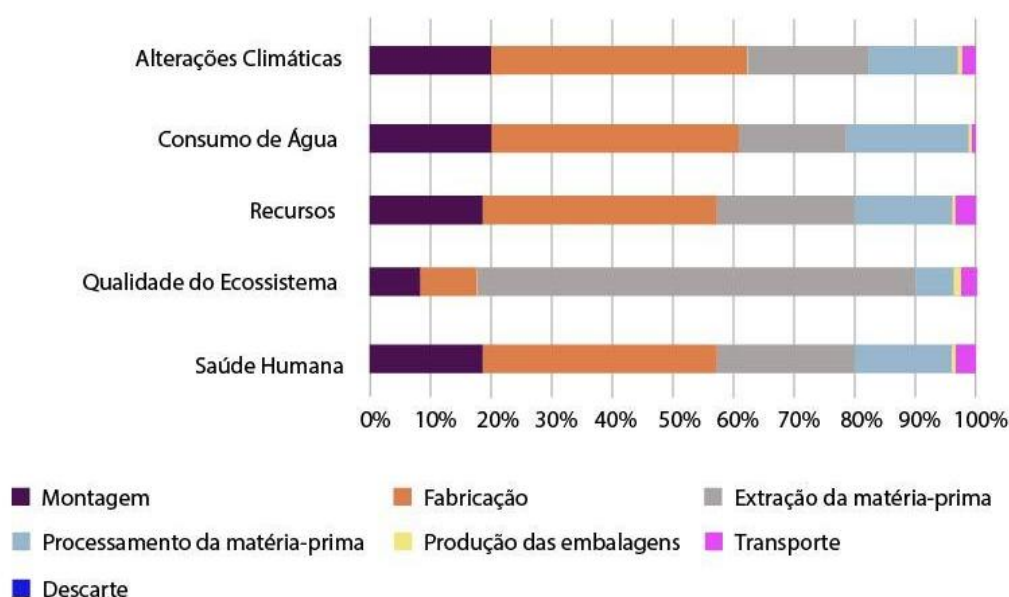
Tabela 1 – Impactos dos calçados por tipo de material e categoria

Categoria de Impacto	Calçado de couro (%)	Calçado de sintético (%)	Calçado têxtil (%)
Alterações Climáticas	34	50	16
Saúde Humana	36	48	16
Qualidade do Ecossistema	82	12	6
Recursos	30	54	17
Consumo de água	31	48	21

Fonte: Chrobot *et al.*, (2018)

Segundo esse estudo, as etapas de extração e produção de matéria-prima são as principais responsáveis pelos impactos ambientais, com destaque para extração, que responde sozinha por 70% dos impactos na categoria relacionada à qualidade do ecossistema. A análise abrangeu todas as fases do ciclo de vida do produto e considerou a produção global em milhões de toneladas, adotando como referência o peso médio de 1 kg por par de calçado. No entanto, vale ressaltar que os resíduos gerados durante a fabricação não foram contabilizados na categoria de manufatura, e a metodologia adotada pelo estudo, embora relevante, não foi descrita com detalhes (Chrobot *et al.*, 2018).

Figura 5 – Impactos da indústria calçadista por categoria



Fonte: Traduzido de Chrobot *et al.*, (2018)



Diante dos expressivos impactos causados pela indústria calçadista, intensificados pela complexidade de sua cadeia produtiva, torna-se imprescindível a comparação de desempenho ambiental entre materiais utilizados. Os principais componentes empregados incluem couros, têxteis, sintéticos e borrachas. Os têxteis, por exemplo, representam cerca de 7% dos resíduos sólidos urbanos, embora ainda haja dificuldades em estimar precisamente a parcela correspondente aos calçados (Van Rensburg; Nkomo; Mkhize, 2020).

A crescente busca por sustentabilidade é refletida em ferramentas como o Índice Higg, desenvolvido especialmente para o setor do vestuário em 2021, pela *Sustainable Apparel Coalition* (SAC), que permite às empresas avaliarem seus impactos ambientais em produtos, instalações e processos (Sustainable Apparel Coalition, [s. d.]).

A significativa geração de resíduos ao final da vida útil dos calçados evidencia a necessidade de desenvolver soluções inovadoras para a gestão desses resíduos, que supere os desafios relacionados à separação eficiente e sustentável dos materiais (Pacheco-Blanco; Collado-Ruiz; Capuz-Rizo, 2015; Van Rensburg; Nkomo; Mkhize, 2020). Tornar um calçado reciclável implica projetá-lo com matérias-primas passíveis de reaproveitamento e desmontagem viável, o que limita as opções de design e composição disponível ao fabricante (Pacheco-Blanco; Collado-Ruiz; Capuz-Rizo, 2015). Ainda assim, observa-se progresso no setor, com iniciativas voltadas à substituição de substâncias perigosas e ao uso de materiais ambientalmente mais eficientes (Van Rensburg; Nkomo; Mkhize, 2020).

Um dos avanços mais promissores reside no desenvolvimento de materiais biodegradáveis, motivado pela necessidade urgente de substituição dos insumos convencionais derivados do petróleo (Zhang *et al.*, 2016). Soluções projetuais vêm se orientando para o desenvolvimento de calçados com materiais biodegradáveis, reutilizados e recicláveis, entretanto não foram identificadas soluções estratégicas, guiadas por um sistema de fechamento do ciclo de vida.

5 Fechamento do Ciclo de Vida do Calçado

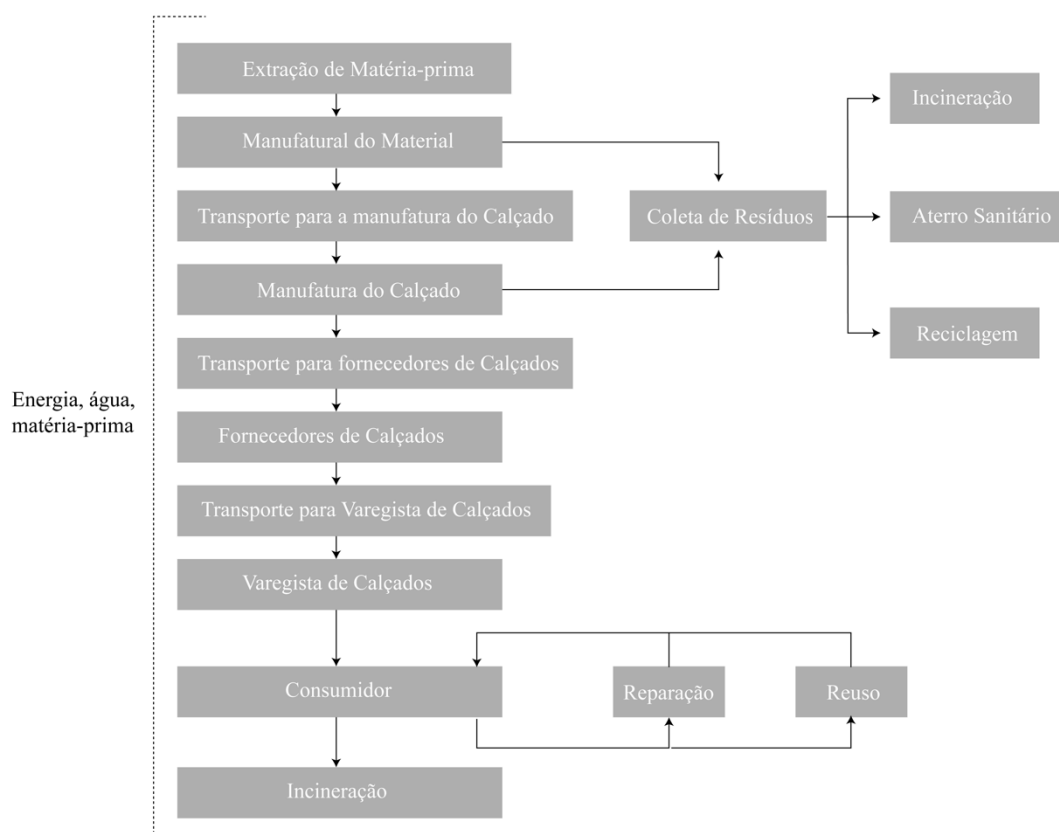
A promoção de impactos sustentáveis eficazes exige a adoção de estratégias ecoeficientes, guiadas por inovações tecnológicas e sociais, com ênfase na transparência e na mensuração dos impactos gerados. Nesse contexto, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) desponta como ferramenta fundamental para diagnosticar pontos críticos e identificar oportunidades de melhorias em todas as etapas de produtos e processos (Tatàno *et al.*, 2012).

A ACV permite analisar, de forma sistemática e científica, os impactos ambientais associados a um produto ao longo de todo o seu ciclo. O processo envolve o levantamento de dados sobre os insumos utilizados, a avaliação das cargas ambientais e os possíveis efeitos à saúde humana, com o objetivo de subsidiar decisões mais conscientes e sustentáveis (Muthu, 2013; Sonnemann *et al.*, 2017). No caso dos calçados, a avaliação do ciclo de vida abrange as etapas de obtenção de matéria-prima, produção, embalagem e



distribuição, uso e manutenção, bem como o destino final pós-consumo (Gazzola *et al.*, 2020; Tatàno *et al.*, 2012). A etapa inicial contempla a extração e o processamento das matérias-primas. A fase de manufatura refere-se à transformação dessas matérias em produto acabado, incluindo embalagens e logística. Já o uso compreende o período de consumo pelo usuário, enquanto o final da vida útil envolve a destinação adequada, seja por meio de reciclagem, reuso, compostagem ou incineração controlada (figura 6).

Figura 6 – Etapas do ciclo de vida do calçado e tratamento de resíduos na Suécia



Fonte: Gottfridsson; Zhang, (2015)

O exemplo ilustrativo do ciclo de vida do calçado é da Suécia, onde a incineração aparece como solução predominante para o descarte final, de acordo com as diretrizes locais de tratamento de resíduos (Gottfridsson; Zhang, 2015). Esse processo reduz em mais de 90% o volume dos resíduos e cerca de 75% do seu peso original. Quando controlada adequadamente, a incineração evita maiores impactos ambientais e, em alguns países, é utilizada para geração de energia (Kluge, 2009). Assim, a fase pós-consumo releva alternativas ao tradicional descarte em aterros sanitários, como o reparo e reuso de componentes, reciclagem de materiais ou compostagem (Manzini; Vezzoli, 2002).



Para que um calçado seja reciclável e assim ocorra o fechamento do ciclo pela via técnica, sua estrutura deve ser composta por materiais de fácil reaproveitamento. Contudo, quando fabricado com múltiplos materiais, a desmontagem torna-se indispensável para a separação correta e cada material receba a devida destinação, o que eleva os custos e dificulta a viabilidade econômica do processo. O ideal seria desenvolver modelos que pudessem ser facilmente desmontados sem comprometer sua integridade durante o uso. Uma alternativa é a composição do calçado ser em monomateriais (figura 7a), assim a necessidade de separação de materiais é evitada.

Entretanto, nem todos os materiais recicláveis garantem redução efetiva do impacto ambiental. Por essa razão, tem ganhado destaque o desenvolvimento de calçados com materiais biodegradáveis. Tais materiais permitem que o calçado se decomponha naturalmente, sem necessidade de separação complexa ou estrutura industrial de reciclagem. Para o fechamento do ciclo biológico (figura 7b), esses resíduos devem estar aptos a serem descartados junto a restos orgânicos, passando por processos de compostagem sem provocar danos ao solo ou aos recursos hídricos (Naime, 2011).

Figura 7 – (a) Calçado de material reciclado e reciclável (b) Calçados de materiais biodegradáveis



(a)



(b)

Fonte: APICCAPS, (2021)

6 Design Circular: desafios e potencialidades na interdisciplinaridade

A economia circular configura-se em um campo de pesquisa interdisciplinar, onde suas práticas e ferramentas propõem análise sob uma perspectiva ampla e sistêmica. A adoção de estratégias múltiplas para o fechamento dos ciclos produtivos requer a integração de diversos atores sociais e econômicos em ações colaborativas e coordenadas. O grande desafio do design circular está justamente na construção de redes colaborativas, nas quais todos os envolvidos partilhem um alinhamento estratégico em torno de um propósito comum (Moesch, 2019).



A implementação bem-sucedida da economia circular depende da sinergia entre diversos fatores: modelo de negócio, design de produto, logística reversa, contexto sistêmico e mecanismos facilitadores. Tal integração pressupõe o aprimoramento de tecnologias, o fortalecimento de redes de cooperação, a transparência nos processos e o compartilhamento de conhecimento (kuzma et al., 2020).

Para tanto, é essencial compreender a complementaridade entre dois conceitos fundamentais: ecoeficiência, que visa à redução dos impactos ambientais negativos; e a ecoeficácia, que busca potencializar os impactos positivos. A conjunção desses princípios tem conduzido à integração de ferramentas como o “Cradle to Cradle” e a ACV. É importante ressaltar que nem sempre a reciclabilidade técnica resulta em reciclagem efetiva, assim como materiais biodegradáveis nem sempre chegam a processos adequados de compostagem. Por isso, políticas públicas e regulatórias complementares são indispensáveis para garantir que nutrientes técnicos e biológicos sejam devidamente reinseridos em seus respectivos ciclos (Ceschin; Gaziulusoy, 2019).

Portugal tem se destacado por seus avanços estratégicos rumo à sustentabilidade no contexto da indústria calçadista. A APICCAPS (Associação Portuguesa dos Industriais de Calçados, Componentes, Peles e seus Sucedâneos) elaborou um plano estratégico com metas para 2030 (tabela 2), o que inclui ações voltadas à produtos e processos.

Tabela 2 – Medidas e ações propostas pela APICCAPS como plano estratégico 2030 do cluster calçadista

Medidas	Ações
Desenvolvimento de Matérias-Primas e Subsidiários	• Novos couros • Materiais substitutos do couro • Polímeros, formulações e compósitos; Componentes em materiais biológicos • Produtos sustentáveis para curtume ou recurtume; Acabamentos de base biológica ou aquosa; Adesivos de base aquosa
Novos Conceitos de Produto	• Produtos com menor pegada ambiental • Produtos com elevado conforto térmico e biomecânico • Produtos com elevado desempenho funcional • Produtos e processos “zero defeitos e resíduos”
Rastreabilidade e sustentabilidade	• Ferramentas para a rastreabilidade • Ferramentas para a sustentabilidade do cluster • Eco design • Avaliação da pegada ambiental



	• Bases de dados de materiais e tecnologias sustentáveis
Eco Processos de Produção e Controle	• Novos processos de produção sustentáveis e circulares para materiais, componentes, calçados e acessórios • Valorização de efluentes e de resíduos dos processos de produção de materiais, componentes e produtos • Metodologias e soluções para avaliação e controle dos novos produtos e processos
Economia Circular	• Modelos de negócio e gestão para a circularidade • Reciclagem e simbiose industrial entre empresas e clusters industriais • Processos de reciclagem de produtos e calçados pós consumo

Fonte: APICCAPS, (2022)

Entre as diretrizes do plano, destacam-se a aplicação dos princípios “*Cradle to Cradle*”, a Avaliação do Ciclo de Vida e a análise de criticidade dos materiais utilizados. Essas medidas reforçam a interdependência entre ecoeficiência e ecoeficácia, contribuindo para o fechamento do ciclo na cadeia de suprimentos, com benefícios ambientais, econômicos e sociais a longo prazo.

A partir dessa premissa, a implementação do design circular em arranjos produtivos locais apresenta elevado potencial de otimização de recursos e de manutenção de ciclos contínuos. A proximidade geográfica entre empresas de um mesmo cluster facilita ações colaborativas, especialmente no que se refere à logística, inovação tecnológica e articulação de interesses comuns (Oliveira; França; Rangel, 2019).

Por fim, a partir das estratégias de design aplicadas a cada etapa do ciclo de vida de um produto, conforme proposto por Mestre e Cooper (2017), é possível antecipar quais abordagens favorecem a circularidade (figura 8). Fica evidente que, a seleção dos materiais deve considerar a interação entre eles. Projetar para o fechamento do ciclo demanda soluções integradas para efetivar sua circularidade.

7 Considerações Finais

Promover o design circular nesse campo não exige, necessariamente, tecnologias sofisticadas, mas sim a capacidade de redesenhar modelos tradicionais com uma abordagem mais consciente. O fabricante que reconhece sua responsabilidade ambiental compreende o alcance de suas escolhas e sua influência na transformação cultural do setor. Dessa forma, empresas que buscam alcançar o design circular avançam rumo a melhorias



significativas em seus processos, seja operando dentro dos moldes convencionais do mercado, seja por meio da reinvenção de métodos e estratégias com base no design estratégico.

Ainda que existam avanços em iniciativas isoladas, a consolidação de um sistema verdadeiramente circular exige um esforço articulado entre empresas, governos, universidades e consumidores. A construção de redes colaborativas e a adoção de políticas públicas regulatórias são elementos-chave para superar as limitações técnicas, econômicas e culturais que dificultam o fechamento de ciclos produtivos no setor calçadista.

Além disso, a interdisciplinaridade entre design, engenharia, logística e gestão ambiental mostra-se essencial para a viabilidade de soluções integradas e resilientes. A integração entre ecoeficiência e ecoeficácia, bem como a adoção de ferramentas como o ACV e o "Cradle to Cradle", permite não apenas reduzir impactos negativos, mas potencializar efeitos positivos para o meio ambiente e a sociedade.

Portanto, o design circular não é apenas de uma tendência evolutiva, trata-se de uma necessidade urgente diante dos desafios ambientais globais. Sua adoção estratégica no setor calçadista pode representar um passo decisivo rumo a uma economia mais regenerativa, resiliente e ética.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

8 Referências

ABDALLA, Fernando Antônio; FREIRE SAMPAIO, Antônio Carlos. Os novos Princípios e Conceitos Inovadores da Economia Circular. **Entorno Geográfico**, [s. l.], n. 15, p. 82–102, 2018.

ALESSIO, Aparecida *et al.* Algodão Orgânico na Produção Sustentável. **ModaPalavra**, [s. l.], 2014.

ANDRADE, Raquel Rabelo; BEZERRA, Fabricio Maesta; LANDIM, Paula da Cruz. Cadeia Produtiva da Moda: Panorama e Descrição. **Projética**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 87–104, 2015.

APICCAPS. **Facts and Numbers 2021**. [S. l.: s. n.], 2021.

APICCAPS. **Plano Estratégico 2030 - Cluster do Calçado**. [S. l.: s. n.], 2022.

ASHTON, Elisa Guerra. **Design, Inovação e Sustentabilidade: Estudo de Reciclagem de Produtos Multi-materiais Poliméricos sem Semparação Prévia**. 2017. 1–124 f. Tese - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

ASSUNÇÃO, Gardênia Mendes de. A gestão ambiental rumo à economia circular: como o Brasil se apresenta nessa discussão. **Sistemas & Gestão**, [s. l.], v. 14, n. 2, p. 223–231, 2019.



BRAUNGART, Michael *et al.* **Do Berço ao Berço e a Lógica de Produzir com Foco na Reutilização.** [S. l.], 2017. Disponível em: <https://www.ideiacircular.com/do-berco-ao-berco-e-a-logica-de-produzir-com-foco-na-reutilizacao/>. Acesso em: 16 dez. 2022.

CESCHIN, Fabrizio; GAZIULUSOY, Idil. **Design for Sustainability: A Multi-level Framework from Products to Socio-technical Systems.** [S. l.]: Routledge, 2019.

CHEAH, Lynette *et al.* Manufacturing-focused emissions reductions in footwear production. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 44, p. 18–29, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.037>.

CHROBOT, Pauline *et al.* **Measuring Fashion: Environmental Impact of the Global Apparel and Footwear Industries. Study Full report and methodological considerations.** [S. l.: s. n.], 2018.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Circular Economy Introduction.** [S. l.], [s. d.]. Disponível em: Ellen Macarthur Foudation. Acesso em: 7 dez. 2022.

FRANCISCO, G. A. **Prevenção de Resíduos: Um estudo de caso na indústria calçadista brasileira.** 2016. 119 f. - Universidade de São Paulo, [s. l.], 2016.

FRANCISCO, Gabriela Amorozo; DIAS, Sylmara Lopes Francelino Gonçalves. Design para a Sustentabilidade e Resíduos: Reflexões a partir da Prática na Indústria de Calçados. **7o. Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade**, [s. l.], p. 11, 2015. Disponível em: <http://icongresso.itarget.com.br/tra/arquivos/ann.2/485.pdf>.

GAZZOLA, Patrizia *et al.* Trends in the fashion industry. The perception of sustainability and circular economy: A gender/generation quantitative approach. **Sustainability (Switzerland)**, [s. l.], v. 12, n. 7, p. 1–19, 2020.

GOTTFRIDSSON, Marie; ZHANG, Yuqing. Environmental impacts of shoe consumption: Combining product flow analysis with an LCA model for Sweden. [s. l.], p. 96, 2015.

GUARIENTI, G. R. **O Cenário Calçadista Ambientalmente Orientado e as Práticas de Design que Reduzem o Impacto do Fim de Vida Útil dos Calçados.** 2018. - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [s. l.], 2018.

GWILT, Alison. Exploring a Framework for Fashion Design for Sustainability. *In*: MUTHU, S. S. (org.). **Handbook of Sustainable Apparel Production.** [S. l.]: CRC Press - Taylor and Francis Group, 2015. p. 456–467.

HERVA, Marta; ÁLVAREZ, Antonio; ROCA, Enrique. Sustainable and safe design of footwear integrating ecological footprint and risk criteria. **Journal of Hazardous Materials**, [s. l.], v. 192, n. 3, p. 1876–1881, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.07.028>.



IDEIA CIRCULAR. **Do Berço ao Berço e a Lógica de Produzir com Foco na Reutilização.** [S. l.], 2017. Disponível em: <https://www.ideiacircular.com/>. Acesso em: 16 dez. 2022.

IDEIA CIRCULAR. **O que é economia circular?**. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: <https://www.ideiacircular.com/economia-circular/>. Acesso em: 5 jul. 2021.

KALMYKOVA, Yuliya; SADAGOPAN, Madumita; ROSADO, Leonardo. Circular economy – From review of theories and practices to development of implementation tools. **Resources, Conservation and Recycling**, [s. l.], v. 135, p. 190–201, 2018.

KARA, Sami *et al.* Closed-loop Systems to Circular Economy: A Pathway to Environmental Sustainability?. **CIRP Annals**, [s. l.], v. 71, n. 2, p. 505–528, 2022.

KINDLEIN JÚNIOR, Wilson; CÂNDIDO, Luis Henrique Alves. Design de produto e seleção de materiais com foco nos 3R's. *In*: CADERNOS DE ESTUDOS AVANÇADOS EM DESIGN - SUSTENTABILIDADE I. Barbacena: EdUEMG, 2009. p. 85–107.

KIRCHHERR, Julian; REIKE, Denise; HEKKERT, Marko. Conceptualizing the Circular Economy: An Analysis of 114 Definitions. **SSRN Electronic Journal**, [s. l.], 2017.

KLUGE, Anelise. **Contribuição ao Estudo do Aproveitamento de Resíduos de Couro: uma Abordagem Holística do Ecodesign Focado em Calçados Infantis.** 2009. 1–140 f. Dissertação - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

KORHONEN, Jouni; HONKASALO, Antero; SEPPÄLÄ, Jyri. Circular Economy: The Concept and its Limitations. **Ecological Economics**, [s. l.], v. 143, p. 37–46, 2018.

KUZMA, Edson Luis *et al.* Design no Método de Pesquisa em Economia Circular: uma revisão sistemática de literatura. **Revista Gestão Organizacional**, [s. l.], v. 13, n. 3, p. 93–118, 2020.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C.; **O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais.** 4. ed. São Paulo: Edusp, 2002.

MCCANN, Jane. Consumer Behavior and Its Importance in the Sustainability of the Clothing Field. *In*: MUTHU, S. S. (org.). **Handbook of Sustainable Apparel Production.** [S. l.]: CRC Press - Taylor and Francis Group, 2015. p. 231–279.

MCDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. **Cradle to Cradle: Remaking the way we make things.** New York: North Point Press, 2002.

MEDKOVA, Katerina; FIFIELD, Brett. Circular Design - Design for Circular Economy. **Lahti Cleantech Annual Review 2016**, [s. l.], n. February, p. 32–47, 2016.

MESTRE, Ana; COOPER, Tim. Circular product design. A multiple loops life cycle design approach for the circular economy. **Design Journal**, [s. l.], v. 20, n. January 2018, p. S1620–S1635, 2017. Disponível em: <http://doi.org/10.1080/14606925.2017.1352686>.



MODEFICA; FGVCS; REGENERATE. **Fios da Moda: Perspectivas Sistêmicas para Circularidade**. São Paulo: [s. n.], 2021.

MOESCH, Raísa Ayres. **Economia Circular: um framework conceitual**. 2019. Dissertação - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2019.

MOTA, Larissa Fernanda de Barros; SILVA, Tamires Maria de Lima; JÚNIOR, José Adilson da Silva. Inovação social e ecodesign como estratégia e prática no design de moda. *In: design e inovação social: ecodesign na moda*. [S. l.: s. n.], 2017. p. 221–238.

MURRAY, Alan; SKENE, Keith; HAYNES, Kathryn. The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. **Journal of Business Ethics**, [s. l.], v. 140, n. 3, p. 369–380, 2017.

MUTHU, S.S. The environmental impact of footwear and footwear materials. *In: handbook of footwear design and manufacture*. [S. l.]: Elsevier, 2013. p. 266–279. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780857095398500140>.

NAIME, R.; **Sapatos Biodegradáveis - Eco debate**. [S. l.], 2011. Disponível em: <http://www.ecodebate.com.br/2011/06/17/sapatos-biodegradaveis-a-rtigo-de-roberto-naime/>.

NEUMANN, Hannah L.; MARTINEZ, Luisa M.; MARTINEZ, Luis F. Sustainability efforts in the fast fashion industry: consumer perception, trust and purchase intention. **Sustainability Accounting, Management and Policy Journal**, [s. l.], 2020.

OLIVEIRA, Fábio Ribeiro de; FRANÇA, Sergio Luiz Braga; RANGEL, Luís Alberto Duncan. Princípios de economia circular para o desenvolvimento de produtos em arranjos produtivos locais. **Interações (Campo Grande)**, [s. l.], p. 1179–1193, 2019.

PACHECO-BLANCO, Bélgica; COLLADO-RUIZ, Daniel; CAPUZ-RIZO, Salvador. Identification of impacts of stages and materials on life cycle of footwear. **Dyna**, [s. l.], v. 82, n. 189, p. 134–141, 2015.

PEREIRA, Andréa Franco. Ecovisões sobre Ecodesign e Análise do Ciclo de Vida. *In: OLIVEIRA, Alfredo Jefferson de; FRANZATO, Carlos; GAUDIO, Chiara Del (org.). Ecovisões Projetuais: Pesquisa em Design e Sustentabilidade no Brasil*. [S. l.]: Blucher, 2017. p. 157–161.

RASMUSSEN, Nell Gray. “Clothes” The Loop: Raising Awareness of Sustainable Fashion Among Millennial Consumers Through Digital Platforms. **The Boller Review**, [s. l.], v. 5, 2020.

ROBINSON, L. C.; **Estudo sobre o nível de evolução da indústria calçadista para o desenvolvimento de calçados ecológicos**. 2009. - Universitário Feevale, [s. l.], 2009.

SENAI-SP. **Design e economia circular**. [S. l.]: Editora SENAI-SP, 2020.



**X Simpósio
de Design
Sustentável**
Mundos por vir_

X SDS 2025 - Sustainable Design Symposium

**3 a 5
DEZ
2025**

São Luís - MA



SLAPER, Timothy F.; HALL, Tanya J. The triple bottom line: What is it and how does it work. **ndiana business review**, [s. l.], v. 86, n. 1, p. 4–8, 2011.

SONNEMANZ, G. *et al.* **Life cycle management**. [S. l.: s. n.], 2017.

SUSTAINABLE APPAREL COALITION. **The Higg Index**. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: <https://apparelcoalition.org/>. Acesso em: 29 dez. 2022.

TATÀNO, Fabio *et al.* Shoe manufacturing wastes: Characterisation of properties and recovery options. **Resources, Conservation and Recycling**, [s. l.], v. 66, p. 66–75, 2012.

VADICHERLA, Thilak; SARAVANAN, D. Eco-Design/Sustainable Design of Textile Product. *In*: MUTHU, S. S. (org.). **Handbook of Sustainable Apparel Production**. [S. l.]: CRC Press - Taylor and Francis Group, 2015. p. 475–499.

VAN RENSBURG, Melissa L.; NKOMO, S’phumelele L.; MKHIZE, Ntandoyenkosi M. Life cycle and End-of-Life management options in the footwear industry: A review. **Waste Management and Research**, [s. l.], v. 38, n. 6, p. 599–613, 2020.

WASTLING, Thomas; CHARNLEY, Fiona; MORENO, Mariale. Design for circular behaviour: Considering users in a circular economy. **Sustainability (Switzerland)**, [s. l.], v. 10, n. 6, 2018.

ZHANG, Huixian *et al.* Toward high-performance poly(l -lactide) fibers via tailoring crystallization with the aid of fibrillar nucleating agent. **ACS Sustainable Chemistry and Engineering**, [s. l.], v. 4, n. 7, p. 3939–3947, 2016.