



Universidade de Brasília – UnB

Departamento de Design

Programa de Pós-Graduação em Design – PPG Design UnB

Linha de Pesquisa Design, Cultura e Materialidade

O DESIGN PARA A ECONOMIA CIRCULAR

Repensando a forma como fazemos as coisas

LUIZ CARLOS FERNANDES PEREIRA

Dissertação de Mestrado

Brasília – DF

2020



Universidade de Brasília – UnB

Departamento de Design

Programa de Pós-Graduação em Design – PPG Design UnB

Linha de Pesquisa Design, Cultura e Materialidade

O DESIGN PARA A ECONOMIA CIRCULAR

Repensando a forma como fazemos as coisas

LUIZ CARLOS FERNANDES PEREIRA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade de Brasília, como requisito para obtenção do título de Mestre em Design, sob orientação da professora Dra. Ana Cláudia Maynardes.

Brasília – DF

2020

LUIZ CARLOS FERNANDES PEREIRA

O DESIGN PARA A ECONOMIA CIRCULAR

Repensando a forma como fazemos as coisas

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade de Brasília, como requisito para obtenção do título de Mestre em Design, sob orientação da professora Dra. Ana Cláudia Maynardes.

Brasília, 14 de outubro de 2020

COMISSÃO EXAMINADORA

Professora Dra. Ana Cláudia Maynardes
Orientadora – Universidade de Brasília

Professora Dra. Izabel Cristina Bruno Bacellar Zaneti
Examinador Externo – CDS – Universidade de Brasília

Professora Dra. Nayara Moreno de Siqueira
Examinadora Interna - DIN - Universidade de Brasília

Professora Dra. Dianne Magalhães Viana
Suplente - ENM - Universidade de Brasília

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

PP436d Pereira, Luiz Carlos Fernandes
O Design para a Economia Circular, repensando a forma
como fazemos as coisas / Luiz Carlos Fernandes Pereira;
orientador Ana Cláudia Maynardes. -- Brasília, 2020.
153 p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado em Design) --
Universidade de Brasília, 2020.

1. Design. 2. Economia Circular. 3. Desenvolvimento
Sustentável. 4. Avaliação do Ciclo de Vida. 5. Logística
Reversa. I. Maynardes, Ana Cláudia, orient. II. Título.

“Vamos além da sustentabilidade! Vamos refazer nosso jeito de fazer as coisas. O futuro é circular!”

Manifesto por uma economia circular do berço ao berço – Ideia Circular

AGRADECIMENTOS

Ao concluir esta dissertação, gostaria de agradecer as pessoas que de alguma forma colaboraram na sua realização.

À minha família e em especial minha esposa e filhos que me apoiaram de todas as formas, compreendendo minha ausência e devaneios.

Aos amigos, que com uma luz especial estão sempre presentes na minha vida, incentivando e apoiando meus passos.

Aos meus colegas de trabalho que compartilharam conhecimento e experiência na área de engenharia do Banco do Brasil.

A Universidade de Brasília e ao Departamento de Design, pela oportunidade oferecida para a realização do Mestrado.

A minha brilhante e paciente orientadora e todo quadro docente do respectivo Departamento.

A todos, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

Em decorrência das revoluções tecnológicas e industriais, a sociedade em que vivemos vem passando por profundas e rápidas transformações, que tem efeito direto nas relações econômicas, sociais e ambientais. O modelo de desenvolvimento econômico-industrial linear tem favorecido a produção e o consumo desenfreado de produtos, resultando no esgotamento dos recursos naturais, no aumento exponencial do consumo de matéria e energia e na geração descontrolada de resíduos. As necessidades humanas e suas práticas insustentáveis de extração, transformação, distribuição, consumo e descarte estão exaurindo a capacidade de suporte do planeta. O enfrentamento dos impactos socioambientais requer uma mudança estrutural na forma como o sistema econômico opera e, para isso, precisa-se alinhar os objetivos rumo a um modelo econômico circular, centrado no fechamento de ciclos em toda a cadeia de valor. Neste sentido, esta dissertação pretende compreender a situação do design frente a estruturação recente de fluxos de logística reversa e de recuperação de valor de resíduos, em um cenário de preservação de ciclos e minimização de desperdícios. O objetivo desta pesquisa é, portanto, identificar e analisar recomendações para o design orientado a um modelo econômico regenerativo e restaurativo. Para responder a este objetivo, a metodologia utilizada estabelece relações entre dados obtidos por meio da revisão bibliográfica. Os resultados indicam que novas propostas de design baseadas em melhores relações com aspectos socioambientais e fluxos de materiais, podem resultar na melhoria da eficiência de processos e no uso de recursos, na manutenção de componentes e materiais em alto nível de utilidade e valor, configurando-se em estratégia determinante para a viabilização dos pressupostos da Economia Circular.

Palavras-chave: Design; Economia Circular; Desenvolvimento Sustentável; Avaliação do Ciclo de Vida; Logística Reversa; Consumo.

ABSTRACT

As a result of technological and industrial revolutions, the society in which we live has undergone profound and rapid transformations, which has a direct effect on economic, social and environmental relations. The linear economic-industrial development model has favored the production and unrestrained consumption of products, resulting in the depletion of natural resources, the exponential increase in the consumption of matter and energy and the uncontrolled generation of waste. Human needs and their unsustainable extraction, transformation, distribution, consumption and disposal practices are depleting the planet's carrying capacity. Coping with socio-environmental impacts requires a structural change in the way the economic system operates and, for that, it is necessary to align the objectives towards a circular economic model, centered on closing cycles throughout the value chain. In this sense, this dissertation intends to understand the design situation in view of the recent structuring of reverse logistics flows and recovery of waste value, in a scenario of preserving cycles and minimizing waste. The objective of this research is, therefore, to identify and analyze recommendations for a design oriented to a regenerative and restorative economic model. To answer this objective, the methodology used establishes relationships between data obtained through the literature review. The results indicate that new design proposals based on better relations with socioenvironmental aspects and material flows, can result in the improvement of the efficiency of processes and the use of resources, in the maintenance of components and materials at a high level of utility and value, configuring them a decisive strategy for making the Circular Economy assumptions viable.

Keywords: Design; Circular Economy; Sustainable development; Life Cycle Assessment; Reverse logistic; Consumption

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável	30
Figura 02 – Roda de Eco concepção	50
Figura 03 – Entradas, saídas e exemplos de impactos ambientais associados	53
Figura 04 – O ciclo de vida do sistema-produto	54
Figura 05 – Fases ciclo de vida	57
Figura 06 – Modelos de design na Economia Circular	58
Figura 07 – Fases de um ACV	64
Figura 08 – Relação entre logística direta e reversa	69
Figura 09 – Foco de atuação da Logística reversa	70
Figura 10 – Ciclo biológico e ciclo técnico	78
Figura 11 – Ciclo Economia Circular	79
Figura 12 – Diagrama sistêmico da EC	86
Figura 13 – Pilares I.4.0	97
Figura 14 – Os princípios da vida	105
Figura 15 – Fases do Design Thinking	107
Figura 16 – Etapas propostas Circular Design Guide	110
Figura 17 – Estratégias de design para gestão da obsolescência	128

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Dimensões do Desenvolvimento Sustentável	28
Quadro 02 – Barreiras à Economia Circular	88
Quadro 03 – Requisitos da Indústria 4.0	99
Quadro 04 – Etapa Entender – Circular Design Guide	111
Quadro 05 – Etapa Definir – Circular Design Guide	112
Quadro 06 – Etapa Fazer – Circular Design Guide	112
Quadro 07 – Etapa Lançar – Circular Design Guide	113
Quadro 08 – Ciclo Técnico EC	115
Quadro 09 – Correspondências Metodologias x Diagrama Sistêmico EC	117
Quadro 10 – Síntese premissas	120
Quadro 11 – Pilares da circularidade de produtos e serviços	127
Quadro 12 – Reversão da obsolescência	129
Quadro 13 – Critérios norteadores para a recuperação do valor de recursos	130
Quadro 14 – Recomendações aplicadas ao processo de design cíclico	132
Quadro 15 – Intenções voltadas à atividade de projeto	134
Quadro 16 – Tipologias de abordagens de design para integridade de produtos e sistemas	135

LISTA DE ABREVIATURAS

ACV	Avaliação de Ciclo de Vida
CNI	Confederação Nacional das Indústrias
CSCMP	Council of Supply Chain Management
DT	Design Thinking
EC	Economia Circular
EMF	Ellen Macarthur Foundation
G7	Grupo dos países mais industrializados do mundo, composto por Alemanha, Canadá, Estados Unidos, França, Itália, Japão e Reino Unido
G20	Grupo formado pelos ministros de finanças e chefes dos bancos centrais das 19 maiores economias do mundo mais a União Europeia
ICSID	International Council of Societies of Industrial Design
I.4.0	Indústria 4.0
LR	Logística Reversa
MMA	Ministério do Meio Ambiente
ONU	Organização das Nações Unidas
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
RSA	Royal Society for the Encouragement of Arts, Manufactures and Commerce
TBL	Tripé da Sustentabilidade (Triple Bottom Line)
WDO	World Design Organization

SUMÁRIO

1. Introdução	13
1.1. Problematização	16
1.2. Objetivos	19
1.3. Justificativa	20
1.4. Estrutura da Pesquisa	22
2. Fundamentos para uma transição sistêmica	24
2.1. Desenvolvimento Sustentável	24
2.1.1. Dimensões do Desenvolvimento Sustentável	28
2.1.2. Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável ONU	30
2.2. Consumo e Meio ambiente	33
2.3. Design de Produto	37
2.3.1. O Design e a Complexidade	42
2.3.2. Aspectos ambientais no projeto de produtos	45
2.4. Avaliação do Ciclo de Vida	60
2.4.1. Subsídios para tomada de decisões	63
2.5. Logística Reversa	66
2.5.1. Política Nacional de Resíduos Sólidos	72
2.6. Economia Circular	75
2.6.1. Princípios e ações	83
2.6.2. Limitações e críticas ao modelo circular	87
2.7. Indústria 4.0	93
2.7.1. Pilares da revolução	97
3. Frameworks Circulares	101
3.1. Metodologias de design	102
3.1.1. Biomimicry Thinking	103
3.1.2. Design Thinking	106
3.1.3. Circular Design Guide	110
3.2. Correspondências entre frameworks, ciclos biológicos e técnicos	114
4. Pensamento estruturado para o design cíclico	119
4.1. Síntese da revisão literária	119
4.2. Recomendações para o design orientado para a circularidade	124
5. Considerações finais	137
Referências	141

1. INTRODUÇÃO

Nesta dissertação considera-se que os impactos socioambientais relacionados à exploração de recursos naturais, emissões de carbono e descarte de resíduos podem ser considerados um problema decorrente do fluxo linear de extração-produção-distribuição-consumo-descarte-poluição vigente na economia global. Reconhecer a necessidade de mudança é tão importante quanto investigar formas de viabilizá-la, considerando que este modelo tem se mostrado ineficaz no enfrentamento dos principais desafios da sociedade contemporânea, entre eles a redução da pobreza e das desigualdades sociais, as mudanças climáticas, a escassez hídrica, a perda da biodiversidade, a exaustão de recursos naturais e a gestão de resíduos.

Para isto, acredita-se que uma das áreas em que se deve concentrar esforços é na concepção e desenvolvimento de produtos e processos industriais (HAWKEN, LOVINS et al., 1999; MCDONOUGH e BRAUNGART, 2002), conjugado a um modelo econômico circular, que associa o crescimento econômico a um ciclo de desenvolvimento positivo contínuo. Preserva e aprimora o capital natural, otimiza a produção de recursos e minimiza riscos sistêmicos, com a administração de estoques finitos e fluxos renováveis. Para atingir um desenvolvimento econômico que concilie prosperidade com sustentabilidade, é preciso migrar de uma economia baseada na escassez, de curto prazo e com foco no processo, para uma economia baseada no valor, de longo prazo e com visão sistêmica (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2019).

A reflexão aqui colocada repercute o período atual vivido pela sociedade, que vem estabelecendo como diretriz moral global a busca pela melhoria das condições do meio sócio ambiental, na qual o conceito de desenvolvimento sustentável consolida-se como princípio fundamental. Tem se estabelecido um consenso em escala global de que o desenvolvimento sustentável é uma necessidade imprescindível para a perenidade da vida no planeta. Esta

realidade incontestável e irreversível impõe mudanças de posicionamento, principalmente ao setor industrial, mesmo que de forma aparentemente lenta.

Tendências mundiais direcionadas à redução dos impactos ambientais têm provocado mudanças no setor produtivo no que tange à preservação, conforme relataram Manzini e Vezzoli (2016). A variável ambiental passou a fazer parte dos processos decisórios e de gestão das organizações, imprescindível para a manutenção e continuidade dos negócios. Não se trata de impedir ou reduzir o progresso econômico, mas realizá-lo de uma forma que “possibilite eficácia e eficiência na atividade econômica, mantendo a diversidade e a estabilidade do meio ambiente” (DONAIRE, 1999, p. 28). Isto posto, nota-se que a indústria tem um papel fundamental na incorporação da questão ambiental ao processo produtivo, considerando que a produção e o consumo são componentes chave da economia.

O aumento populacional, o crescimento da procura por recursos naturais e a conseqüente pressão sobre o meio ambiente, têm sublinhado a necessidade da evolução das sociedades modernas para um padrão mais sustentável, que assegure o desenvolvimento econômico com a melhoria das condições de vida e a regeneração do "capital natural". O paradigma vigente, baseado numa forma de organização econômica linear, confronta-se com questões relativas à disponibilidade de recursos e a geração de resíduos, extrapolando os limites dos serviços ecossistêmicos.

Um novo modelo econômico funcionando em circuitos fechados, catalisados pela inovação ao longo de toda a cadeia de valor, é defendido como uma solução alternativa para minimizar o consumo excessivo de materiais, as perdas energéticas e o desperdício. Uma economia "circular" tem sido apontada como um conceito operacional no caminho para a mudança de padrão, tendo em vista o enfretamento dos problemas ambientais e sociais decorrentes da globalização dos mercados. Ciclos de vida de produtos que seriam encerrados com o descarte são ressignificados e materiais passam a integrar novos ciclos. Propostas de

fluxos circulares de redução, reuso, remanufatura, reparo, simbiose e reciclagem passam a substituir o conceito de fim de vida.

A Economia Circular (EC) é um conceito estratégico assentado na redução, reutilização, recuperação e reciclagem de materiais e energia, substituindo o conceito de fim de vida da economia linear, por novos fluxos cíclicos perenes, num processo integrado. Entende-se que as atividades econômicas em uma EC geram e recuperam valor de produtos e serviços, mantidos por longo prazo e para todas as partes envolvidas no sistema econômico. Sua implantação baseia-se na preservação e na valorização do capital natural, minimizando desperdícios. O conceito atua nos diversos elos das cadeias, das etapas de concepção à reentrada nos ciclos produtivos.

No âmbito da indústria, o design tornou-se um valioso instrumento de fomento para a transição da lógica linear para a circular, na medida em que se projeta para vários ciclos de vida, economicamente viáveis e ecologicamente eficientes, considerando a viabilidade do desenvolvimento de produtos e serviços mais duradouros que utilizem menos recursos naturais e energéticos. Considera-se que é na fase de design que a maioria das características de um produto, ao longo de seu ciclo de vida, são definidas. Sob a ótica dos processos produtivos, o design passou a desempenhar um papel fundamental, tornando exequível a proposição de novos cenários, processos e sistemas baseados em diretrizes de desenvolvimento sustentável, assumindo novas funções diante do atual panorama socioeconômico e ambiental.

No que tange à indústria de bens de consumo, e apesar de muitas tentativas já realizadas, a proposição de respostas a essa demanda socioambiental é ainda bastante tímida, não somente nos países em desenvolvimento, mas também em muitos daqueles nas quais as indústrias dispõem de recursos tecnológicos de ponta. O reconhecimento da pertinência destas preocupações despertou a convicção de que o desenvolvimento da indústria e da economia deve ocorrer, levando em conta seus efeitos sobre o ambiente natural e a sociedade, de forma a

eliminá-los. Em consequência, fatores ecológicos, tais como a redução dos gastos energéticos e a redução da produção de resíduos, começaram a ser considerados relevantes no projeto de produtos industriais através da aplicação de metodologias distintas.

Contudo, muitos dos problemas ambientais causados ou agravados pela produção e uso dos artefatos produzidos em escala pela indústria, continuam a subsistir. Podemos observar, por exemplo, que o descarte dos resíduos de embalagens e materiais plásticos tornou-se um transtorno de escala global, o desmatamento de florestas nativas é ainda considerável, a exploração dos recursos naturais continua a ser realizada sem interrupção e a poluição atmosférica e hídrica nos meios urbanos permanece crescente – qual o papel do design de produtos e processos nesse cenário?

1.1. Problematização

Desde a Revolução Industrial, no século XVIII, a economia funciona de forma linear. As empresas extraem matéria-prima e a transformam em produtos, gerando resíduos e dissipando energia ao longo do processo. Os compradores consomem e descartam. O resultado é o uso excessivo dos recursos naturais numa ponta, e a geração de resíduos na outra. Esse modelo é insustentável. Em seu lugar está se instaurando uma Economia Circular, que unifica as pontas da cadeia de produção e consumo.

Muito difundida na Europa, a EC é um conceito essencial para o desenvolvimento sustentável dos países e que começa a ganhar espaço no Brasil. Uma pesquisa¹ inédita da Confederação Nacional da Indústria (CNI) realizada em 2019, mostra que 76,4% das empresas do setor produtivo de bens de consumo adotam alguma prática de Economia Circular.

¹Disponível em: <<http://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2019/9/pesquisa-sobre-economia-circular-na-industria-brasileira/>>. Acesso em: 01 out. 2019.

Nesse contexto, o paradigma de design dominante tem sido o de projetar para o mercado: artefatos produzidos industrialmente por um fabricante e dirigidos a um consumidor; caminhos alternativos têm recebido pouca atenção. O design, no entanto, configura-se em uma atividade extremamente dinâmica, interdisciplinar, fortemente influenciada pela economia, tecnologia e cultura (AMORIM, 2007). Ainda na década de 1970, Victor Papanek (1971) já evidenciava os designers socialmente responsáveis em conflito com um mercado comercial que prosperava com a concepção excessiva de produtos. Ressaltava que as responsabilidades sociais e morais do designer deveriam envolver necessidades básicas da humanidade. Alertava também que, ao desenvolverem um novo produto, os designers poderiam estar gerando um problema ao invés de solucionar uma necessidade – por meio de projetos que não atendem às verdadeiras demandas do público real, mas a interesses alheios a eles.

Entre os problemas do mundo real Papanek elencava, a responsabilidade do design e os problemas causados ao meio ambiente, decorrentes da produção industrial massificada, como a gestão hídrica e de resíduos, a mobilidade urbana, o aquecimento global, a poluição do ar e o consumo irresponsável, entre outros. Problemas esses que se tornaram ainda mais relevantes quatro décadas depois.

Na sociedade moderna perdura uma relação intrínseca entre produção de bens e serviços, riqueza, desenvolvimento econômico, consumo e qualidade de vida. Todavia, o modo de vida orientado por uma crescente propensão ao consumo está também, direta ou indiretamente, relacionada à degradação ambiental e ao esgotamento de recursos naturais que a sociedade provoca (COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPÉIAS, 2001)². O desenvolvimento de produtos industrializados é um importante processo que desencadeia a discussão sobre a sustentabilidade no ambiente industrial e empresarial, considerando que o

² Disponível em: < http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/committees/empl/20020416/doc05a_pt.pdf > Acesso em: 12 nov. 2019.

relacionamento das empresas com a sociedade é realizado fundamentalmente pela oferta de produtos e serviços.

Para Jacobi (2006), a incorporação do marco ecológico nas decisões econômicas e políticas implica reconhecer que as consequências ecológicas do modo como a população utiliza os recursos do planeta estão associadas ao modelo de desenvolvimento. A ideia de sustentabilidade em economia visa entender que o preço, no caso de esgotamento de recursos, será muito maior já no curto prazo, uma vez que essa realidade está muito mais próxima do que parece.

“Declaramos inequivocamente que a Terra está enfrentando uma emergência climática”, declara um manifesto assinado por mais de 11 mil cientistas de 153 países, publicado em novembro de 2019, na revista “BioScience”³. O texto nos prepara para o pior ao afirmar que as “mudanças climáticas podem provocar sofrimento sem precedentes”. A publicação marca o aniversário de 40 anos da primeira Conferência sobre Alterações Climáticas⁴, que aconteceu em Genebra, na Suíça, em 1979. Para chegar a essa conclusão, foram analisadas informações reunidas e publicadas de lá para cá. Entraram no estudo dados sobre o uso de energia, alterações de temperatura, crescimento populacional, desmatamento, degelo das calotas polares, índices de fertilidade, emissões de CO₂ e até o PIB dos países.

De acordo com Manzini e Vezzoli (2016), por muitos anos a indústria teve como objetivo principal o lucro, colocando em segundo plano requisitos como qualidade e segurança na produção de seus bens, negligenciando assim, o respeito ao meio ambiente e aos seres humanos. Razões éticas e práticas nos obrigam a mudar de rumo, viabilizando a transformação

³ Disponível em: <<https://academic.oup.com/bioscience/advance-article/doi/10.1093/biosci/biz088/5610806>> Acesso em 12 nov. 2019.

⁴ A primeira conferência da ONU para o meio ambiente aconteceu na Suécia, em 1972. Nela, foram criados os 26 princípios que iriam direcionar os indivíduos de todo o mundo a melhorar e preservar o meio ambiente. Nesse ano também houve a criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Fonte: <<http://www.meioambiente.go.gov.br/noticias/169-conheca-a-historia-das-convencoes-mundiais-sobre-o-clima.html>> Acesso em: 13 nov. 2019

da economia destrutiva da era industrial, em um sistema equilibrado, que restaure a saúde do nosso planeta e melhore a qualidade de nossas vidas, respeitando a capacidade regenerativa da natureza (MANZINI; VEZZOLI, 2016). Iniciativas com viés de sustentabilidade devem ser colocadas como prioridade pelas organizações, ainda que não configurem benefícios financeiros diretos a curto ou médio prazo. Tal afirmação configura-se como tendência face a realidade em que vivemos e dos compromissos assumidos pelos governantes em escala global, visando reduzir os impactos socioambientais e preservar os pilares do desenvolvimento sustentável.

Nesta perspectiva, o design deve deixar de ser parte do problema e passar a ser parte integrante de soluções factíveis, no que se refere aos desafios da sustentabilidade. O design pode contribuir efetivamente para a mudança de perfis culturais, de produção industrial e de consumo, conduzindo à resolução de problemas reais e a mudanças efetivas no sentido de uma maior sustentabilidade dos sistemas produtivos (MANZINI; VEZZOLI, 2016).

1.2. Objetivos

O objetivo geral desta pesquisa é identificar e analisar recomendações para o design orientado à Economia Circular, buscando contribuir para sua viabilização mediante o relacionamento de temáticas pertinentes, estruturando uma base teórica para fomento da discussão quanto à evolução das metodologias de projeto e sistemas produtivos. Como forma de direcionar essa investigação, os objetivos específicos da pesquisa são:

- Averiguar o debate técnico e os principais desafios do projeto de produtos e processos industriais voltado para a circularidade, identificando restrições conceituais, limitações técnicas, entre outras;

- Constituir um significativo repertório de informações sobre Economia Circular, sob a ótica das contribuições do Design.

1.3. Justificativa

A Economia Circular tem sido objeto de atenção nos principais fóruns de governança global (G7 e G20), reuniões setoriais e nas decisões estratégicas de grandes corporações. O Brasil enfrenta, no entanto, desafios institucionais para incluir novos modelos de negócio no processo produtivo. É preciso avaliar o potencial de inserção de práticas circulares na economia, identificar os obstáculos para a implementação dessa agenda e agir para viabilizá-la.

Dada a relevância dos impactos ambientais causados ao longo do ciclo de vida dos produtos industriais, surge a necessidade de integrar questões atreladas ao desenvolvimento sustentável de maneira consistente à gestão estratégica do desenvolvimento de produtos, ao promover uma releitura das técnicas de projeto, concepção e produção industriais, observando requisitos relacionados à sustentabilidade (BYGGETH et al., 2007).

Segundo Marcelo Thomé, presidente do Conselho Temático de Meio Ambiente e Sustentabilidade da CNI⁵:

A transição para a economia circular permitirá que a indústria brasileira esteja à frente das legislações e das normas nacionais e internacionais, colaborando para a construção de políticas públicas facilitadoras às mudanças sistêmicas. Em um primeiro momento, as empresas terão de investir, mas em uma etapa seguinte será possível diminuir custos operacionais, com processos mais eficientes e voltados para o reaproveitamento de resíduos e utilização de bens reciclados. (THOMÉ, 2019)

Para o presidente da CNI, Robson Braga de Andrade, a Economia Circular é um imperativo e uma oportunidade em um mundo que está em rápida transformação:

A economia circular aparece como alternativa desejável ao modelo tradicional, pois defende o uso dos recursos com menos desperdício. Além disso, permite que as empresas reduzam custos e perdas, gerem fontes alternativas de receita e diminuam a dependência de matérias-primas virgens. (ANDRADE, 2019)

⁵ Disponível em: <<https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/sustentabilidade/764-das-industrias-desenvolvem-alguma-iniciativa-de-economia-circular-mostra-pesquisa-da-cni/>>. Acesso em: 01 nov. 2019.

Numa realidade em que a inovação tecnológica ironicamente acelera a obsolescência (artificial ou estilística), e tem sido usada para criá-la de maneira programada, estimulando a constante aquisição e/ou reposição de produtos, chegamos a um ponto no qual a questão socioambiental tornou-se urgente, conforme abordado. Segundo Cardoso (2012), a produção voltada ao consumo incessante gera quantidades de resíduos praticamente impossíveis de administrar, dentre outros dilemas. Dessa maneira, é necessário não apenas discutir a ressignificação dos artefatos, mas debater de forma ampliada o impacto sociocultural e ambiental que o design estabelece nesse contexto, suas relações com o consumidor, usuário, produto e fabricante.

Observando o cenário das últimas décadas, tornou-se imperativa a abordagem das matrizes do desenvolvimento sustentável a partir da concepção de produtos e processos produtivos, considerando que cobranças por processos industriais limpos, produtos eficientes e ecologicamente saudáveis, descarte sem impactos e uso de energias renováveis são crescentes. Sendo assim, esta dissertação destaca termos importantes para a melhor compreensão das relações peculiares entre design e os princípios da EC.

A investigação é relevante na medida em que se vislumbra a contribuição sistemática do design na difusão de uma nova cultura industrial e de consumo. Tratar questões de sustentabilidade na indústria é um desafio constante, sendo necessário o acompanhamento das evoluções tecnológicas e de engenharia, criatividade e inovação para se alcançar novas formas de pensar soluções, quebrando paradigmas. É preciso avaliar o potencial de inserção de práticas circulares na economia, identificar os obstáculos para a implementação desse modelo e agir para viabilizá-lo. Finalmente, a dissertação procura elencar respostas para uma questão prática: quais recomendações devem ser integradas ao processo de design, enquanto elemento estratégico de transição para o modelo econômico circular?

1.4 Estrutura da pesquisa

O texto constitui-se em uma pesquisa bibliográfica e documental classificada como exploratória, reunindo conhecimentos a partir de referências de toda natureza, elucidando as diferentes contribuições científicas disponíveis sobre o tema e permitindo o aprofundamento teórico que norteia a pesquisa.

A metodologia adotada para o desenvolvimento da pesquisa é a descritiva (monografia), realizada por meio de consulta a autores diversos em produções científicas, como artigos, livros, dissertações e teses, assim como revistas especializadas e materiais disponíveis em internet, com a finalidade de obter dados sobre o assunto. “É usada para identificar e obter informações sobre o histórico e as características de um determinado problema ou questão” (COLLIS; HUSSEY, 2005, p.24).

O método de investigação adotado foi essencialmente epistemológico, consistindo no levantamento, organização e discussão de assuntos correlatos nas áreas de Design, Economia Circular, Desenvolvimento Sustentável, Avaliação do Ciclo de Vida, Logística Reversa, Indústria 4.0 e metodologias de projeto. Cada grupo de questões foi investigado e discutido em capítulos específicos. Por fim, o trabalho produzido tem a finalidade de contribuir para uma melhor compreensão das temáticas relacionadas.

As informações levantadas estão expostas na revisão teórica e analisadas ao longo da dissertação, caso a caso, com comparações entre autores e críticas, quando pertinentes. A revisão foi realizada com o intuito de levantar abordagens, perceber tendências e possíveis divergências entre autores, além de identificar os pontos que exibem relevância ao design, mercado consumidor e empresarial, alinhados aos pressupostos do desenvolvimento sustentável e da Economia Circular.

A pesquisa apresenta-se fragmentada em grandes temas elencando tópicos importantes para compreensão dos assuntos, consolidando entendimentos relacionados. Por fim é

evidenciada a complexidade do sistema ao confrontar os diversos interesses envolvidos no contexto, com o objetivo de identificar recomendações para o design.

Isto posto, o presente trabalho encontra-se estruturado em 5 capítulos que possibilitam a compreensão do estudo. O primeiro capítulo aborda a introdução que reúne a problematização, objetivos geral e específicos, justificativa e estrutura da pesquisa.

No segundo capítulo, conteúdos pertinentes ao estudo são expostos por meio de uma revisão de literatura. De início, são explorados entendimentos relacionadas ao desenvolvimento sustentável, sociedade de consumo e design, bem como a integração de aspectos ecológicos no processo de projeto e respectivas estratégias para Avaliação de Ciclo de Vida de produtos e materiais. Em seguida, são identificadas as características da Logística Reversa e da Economia Circular, além de movimentos e escolas de pensamento que antecedem ou complementam esses conceitos. Tais princípios fundamentam a justificada transição sistêmica.

No terceiro capítulo frameworks circulares são levantados e comparados ao diagrama sistêmico da Economia Circular, no intuito de contribuir para os objetivos da pesquisa de relacionar temáticas pertinentes, em uma abordagem evolutiva.

O quarto capítulo compreende a análise interpretativa aplicada aos temas, inter-relacionando os dados obtidos, perfazendo na sequência correspondências entre metodologias e conceitos, subsidiando a identificação de recomendações para um design cíclico. Considerações finais são por fim descritas, seguidas pelas referências utilizadas na pesquisa.

Dessa forma, esta dissertação constitui-se de um panorama bibliográfico, e um de seus objetivos é tornar-se um instrumento para futuras pesquisas direcionadas ao tema.

2. FUNDAMENTOS PARA UMA TRANSIÇÃO SISTÊMICA

Este capítulo destaca abordagens relevantes relacionadas aos conceitos de desenvolvimento sustentável, suas respectivas dimensões e a Agenda 2030 da ONU, explorando associações entre a sociedade de consumo atual e os respectivos desafios que se apresentam para as sociedades globais. Na sequência o conceito de design e seu processo são confrontados com aspectos ambientais, evoluindo para a circularidade no viés do pensamento sistêmico e da multidisciplinaridade inerente à atividade. A estratégia de análise de ciclo de vida de produtos é explorada como base para estruturação de fluxos de logística reversa, que convergem para o raciocínio de recaptura de valor de bens e materiais. Tal raciocínio define as bases do modelo da Economia Circular em um contexto de urgência na corrida para a 4ª revolução industrial, marcada pela convergência de tecnologias digitais, físicas e biológicas.

2.1. Desenvolvimento sustentável

As limitações dos serviços ecossistêmicos e da capacidade de suporte do planeta frente às necessidades humanas e as práticas insustentáveis de produção e consumo começaram a ganhar relevância perante a sociedade internacional quando o tema foi elencado como uma das prioridades na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, realizada em Estocolmo, em 1972⁶. O ambiente político internacional da época favoreceu a aceitação pelos países desenvolvidos da necessidade de um convívio equilibrado com o planeta.

⁶ Em 1972 a ONU convocou a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, em Estocolmo (Suécia). O evento foi um marco e sua Declaração final contém 19 princípios que representam um Manifesto Ambiental para nossos tempos. Ao abordar a necessidade de “inspirar e guiar os povos do mundo para a preservação e a melhoria do ambiente humano”, o Manifesto estabeleceu as bases para a nova agenda ambiental do Sistema das Nações Unidas. Fonte: <<https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>> Consulta em: 13 nov. 2019.

O conceito de desenvolvimento sustentável foi utilizado no discurso público pela primeira vez no Relatório *Brundtland*, documento intitulado "Nosso Futuro Comum"⁷, elaborado no âmbito da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, organizada pela ONU em 1983⁸, que apontou para o uso racional dos recursos naturais na satisfação das necessidades da atual geração, sem comprometimento à capacidade das gerações futuras em prover suas próprias necessidades.

Na sua essência, o desenvolvimento sustentável é um processo de mudança no qual a exploração dos recursos, o direcionamento dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional estão em harmonia e reforçam o atual e futuro potencial para satisfazer as aspirações e necessidades humanas. (RELATÓRIO BRUNDTLAND, NOSSO FUTURO COMUM, 1987)

A definição apontada pelo Relatório *Brundtland* reconhece a dependência dos seres humanos em relação ao meio ambiente para atender suas necessidades e seu próprio bem-estar em um sentido muito mais amplo do que simplesmente a exploração de recursos naturais (HOPWOOD et al, 2005).

Em contrapartida, Herculano (1992) argumenta que, para o Relatório *Brundtland*, a pobreza e a deterioração ambiental formam um círculo vicioso no qual cada termo é efeito e causa do outro. Para a autora:

Além da injustiça cega que é não mencionar com a mesma insistência a degradação ambiental trazida pelo crescimento exponencial e o consumismo do Primeiro Mundo, o Relatório não aventa a hipótese de que pobreza e deterioração ambiental sejam efeitos indesejáveis de um modelo de crescimento que prioriza o incremento de capital e não atender às necessidades humanas. Pobreza e degradação ambiental não são percebidas pelo Relatório enquanto características inerentes à lógica perversa de um modo de produção concentrador, mas como percalços inesperados, passíveis de serem contornados e controlados através de políticas de ajustes e correções (HERCULANO, 1992, p. 15).

Uma nova maneira de perceber soluções para os problemas globais, que não se reduzem apenas à degradação ambiental, mas incorporam também as dimensões sociais, políticas e

⁷ Disponível em: < <https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>> Acesso em: 12 nov. 2019.

⁸ No ano de 1983, a ONU retomou o debate das questões ambientais. A entidade indicou a primeira-ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland, para chefiar a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, sendo que essa comissão estaria encarregada de aprofundar estudos na área ambiental. Fonte: <<https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>> Consulta em: 13 nov. 2019.

culturais, é revelada com o desenvolvimento sustentável. A integração de interesses sociais e econômicos com as possibilidades e os limites que a natureza define passou a ser um caminho a ser percorrido para o desenvolvimento. Neste sentido, o desenvolvimento sustentável é concebido como um “novo paradigma ao relacionar as aspirações coletivas de paz, liberdade, melhores condições de vida e um meio ambiente saudável”. (CAMARGO, 2003, p.50)

Foi somente durante os preparativos para a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento conhecida como “Rio92”, que as negociações preliminares começaram a envolver debates acerca do estilo de vida, práticas de consumo, economia e problemas ambientais. Foi naquele momento que a comunidade política internacional admitiu que era preciso conciliar o desenvolvimento socioeconômico com a utilização sustentável dos recursos da natureza. Na oportunidade, os países reconheceram o conceito de desenvolvimento sustentável e começaram a moldar ações efetivas com o objetivo de proteger o meio ambiente. Desde então, estão sendo discutidas propostas para que o progresso ocorra em harmonia com a natureza, garantindo a qualidade de vida tanto para a geração atual, quanto para as futuras.

Os documentos produzidos durante a conferência apontaram para a responsabilidade dos estilos de vida e consumo. O princípio nº 8 da Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, produzida na “Rio92”, proclama que “para alcançar o desenvolvimento sustentável e uma qualidade de vida mais elevada para todos, os Estados devem reduzir e eliminar os padrões insustentáveis de produção e consumo, promovendo políticas demográficas adequadas” (NAÇÕES UNIDAS, 1992). De acordo com Amaro (2012), o termo “insustentáveis” é utilizado porque não é possível extrair mais recursos do que a natureza é capaz de repor, extrair indefinidamente recursos finitos, não renováveis, bem como descartar mais resíduos do que a natureza é capaz de assimilar.

O crescimento da população mundial e da produção, associado aos padrões não sustentáveis de consumo, mina de forma cada vez mais intensa a capacidade que nosso planeta tem de sustentar a vida. Segundo a Agenda 21, adotada durante a Conferência do Rio, as principais causas da deterioração ininterrupta do meio ambiente mundial são os padrões insustentáveis de produção e consumo, agravando a pobreza e os desequilíbrios socioambientais.

Eddine et all (2008) acreditam que o desenvolvimento sustentável, construído com base nos limites da economia de mercado, implica uma falsa interpretação da sustentabilidade, pois não se pode admitir que a substituição da natureza pelo capital seja algo sustentável, não havendo como separar a produção e o consumo da conservação da natureza. Para os autores, a verdadeira sustentabilidade exige que o mercado, o processo de produção e de consumo sejam reformulados.

Para que alcancemos o desenvolvimento sustentável, Silva (2011) pontua a necessidade da realização de práticas que envolvam um papel mais ativo do governo, responsabilidade socioambiental das empresas, avanços tecnológicos com substituição de matrizes energéticas, bem como uma maior consciência individual dos consumidores, ao modificar atitudes enquanto integrantes da sociedade. Logo, observa-se a complexidade das ações e políticas envolvidas na temática.

A degradação ambiental, o aquecimento global e a inevitável escassez dos recursos naturais demonstram que é necessária uma mudança no comportamento da sociedade para que a nossa geração e as futuras possam desfrutar de um meio ambiente equilibrado, o que garantiria um aumento na qualidade e expectativa de vida de toda a população mundial. O desenvolvimento sustentável busca justamente uma mudança no padrão de desenvolvimento, com o objetivo de promovê-lo de forma sensata e harmoniosa.

2.1.1. Dimensões do Desenvolvimento Sustentável

O Desenvolvimento Sustentável é baseado nos três pilares do conceito de sustentabilidade (econômico, ambiental e social), também conhecidos como “*Triple Bottom Line*”, 3BL ou TBL (SEURING, 2008). **Desenvolvimento econômico:** promoção de lucro, criação de empregos, atração de consumidores, redução de custos, antecipação e gerenciamento de risco e busca de competitividade a longo do prazo; **Responsabilidade ambiental:** conservação de energia e recursos, consumo de energia renovável e menos poluente, reciclagem, minimização de embalagens e redução de emissão de carbono; **Bem-estar social:** criação de normas e condições de trabalho, melhoria da comunidade e desenvolvimento de responsabilidade social nos produtos e serviços. O conceito de sustentabilidade é crucial para a transição de um modelo de desenvolvimento baseado na modificação dos padrões de produção e consumo vigentes.

No contexto de um novo paradigma, segundo Sachs (2009), existem ainda oito dimensões apontadas para o Desenvolvimento Sustentável, conforme o Quadro 01:

Quadro 01 – Dimensões do Desenvolvimento Sustentável

Dimensão	Descrição
Social	Alcance de um patamar razoável de homogeneidade social; distribuição de renda justa; emprego pleno e/ou autônomo com qualidade de vida decente; igualdade no acesso aos recursos e serviços sociais.
Cultural	Mudanças no interior da continuidade (equilíbrio entre respeito à tradição e inovação); capacidade de autonomia para elaboração de um projeto nacional integrado e endógeno; autoconfiança combinada com abertura para o mundo.
Ecológica	Preservação do potencial do capital natural na sua produção de recursos renováveis; limitar o uso dos recursos não-renováveis.
Ambiental	Respeitar e realçar a capacidade de autodepuração dos ecossistemas naturais.
Territorial	Configurações urbanas e rurais balanceadas; melhoria do ambiente urbano; superação das disparidades inter-regionais; estratégias de desenvolvimento ambientalmente seguras para áreas ecologicamente frágeis.
Econômico	Desenvolvimento econômico Inter setorial equilibrado; segurança alimentar; capacidade de modernização contínua dos instrumentos de produção; razoável nível de autonomia na pesquisa científica e tecnológica; inserção soberana na economia internacional.

Política (nacional)	Democracia definida em termos de apropriação universal dos direitos humanos; desenvolvimento da capacidade do Estado para implementar o projeto nacional em parceria com todos os empreendedores; nível razoável de coesão social.
Política (internacional)	Eficácia do sistema de prevenção de guerras da ONU na garantia da paz e da promoção da cooperação internacional; um pacote Norte-Sul de desenvolvimento baseado no princípio da igualdade; controle institucional do sistema internacional financeiro e de negócios; controle institucional de aplicação do Princípio da Precaução na gestão do meio ambiente e dos recursos naturais; prevenção das mudanças globais negativas; proteção da biodiversidade biológica; gestão do patrimônio global; sistema de cooperação científica e tecnológica internacional e eliminação parcial do caráter de commodity da ciência e tecnologia.

Fonte: Elaborado pelo autor

De forma geral as definições perseguem a viabilidade econômica com prudência ecológica e justiça social. As dimensões Política e Cultural se fazem necessárias no processo de evolução e na forma de exploração, tecnologia, controle, diálogos entre organizações governamentais e multilaterais, tanto da sociedade civil quanto do empresariado. A revolução científico-tecnológico dos anos 1980 encontrou um terreno favorável para a adoção de novas tecnologias em um campo político-ideológico e um mundo mais globalizado.

O enfrentamento dos impactos ambientais requer uma mudança estrutural na forma como o sistema econômico opera. A expansão acelerada da produção e do consumo, bases do crescimento econômico, este último entendido como vital para a manutenção ou obtenção de níveis considerados adequados ao bem-estar das populações de diferentes países, tem entrado em choque com as limitações do planeta, conforme já abordado. A busca de alternativas viáveis aos crescentes desafios emanados de problemas essenciais da humanidade, como a relação entre as sociedades humanas e a natureza, elevaram o debate sobre a produção e o consumo a um novo patamar.

Numa economia baseada na supremacia dos direitos do consumidor e na garantia de suas liberdades de escolha, confrontar o consumo sob a ótica da escassez, da desigualdade e da necessidade de limites parece temerário, ao mesmo tempo em que parece inevitável inserir o tema em debates acadêmicos para contribuir com os questionamentos, reflexões e até mesmo

na proposição de cenários para os grandes dilemas socioambientais frente aos “padrões culturais, econômicos e de desenvolvimento que apresentam indesejáveis efeitos colaterais na forma de exclusão social e degradação ambiental”. (DINATO; NASCIMENTO, 2003, p.35)

2.1.2. Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável ONU

Em setembro de 2015, líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e construíram um plano de ação com objetivo de erradicar a pobreza, proteger o planeta e garantir que as pessoas alcancem a paz e a prosperidade: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, contendo 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)⁹, Figura 01:

Figura 01 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável



Fonte: (PNUD, 2019)

A Agenda 2030 e os ODS defendem que para colocar o mundo em um caminho sustentável é necessária a tomada de medidas ousadas e transformadoras. Os ODS constituem uma ambiciosa lista de tarefas para todas as sociedades, em todas as partes do mundo, a serem

⁹ Disponível em: <https://nacoesunidas.org/conheca-os-novos-17-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-da-onu/>. Acesso em: 06 nov. 2019.

cumpridas até 2030. Caso as metas sejam cumpridas, acredita-se que seremos a primeira geração a erradicar a pobreza extrema, poupando as gerações futuras dos piores efeitos adversos das mudanças do clima (PLATAFORMA AGENDA 2030 ONU, 2015)¹⁰. A Agenda é estruturada em 03 eixos principais:

Pessoas - estamos determinados a acabar com a pobreza e a fome, em todas as suas formas e dimensões, e garantir que todos os seres humanos possam realizar o seu potencial em dignidade e igualdade, em um ambiente saudável.

Planeta - estamos determinados a proteger o planeta da degradação, sobretudo por meio do consumo e da produção sustentáveis, da gestão sustentável dos seus recursos naturais e tomando medidas urgentes sobre a mudança climática, para que ele possa suportar as necessidades das gerações presentes e futuras.

Prosperidade - estamos determinados a assegurar que todos os seres humanos possam desfrutar de uma vida próspera e de plena realização pessoal, e que o progresso econômico, social e tecnológico ocorra em harmonia com a natureza (PLATAFORMA AGENDA 2030 ONU, 2015).

O esgotamento dos recursos naturais e os impactos negativos da degradação ambiental, incluindo a desertificação, secas, a degradação dos solos, a escassez de água doce e a perda de biodiversidade acrescentam e exacerbam a lista de desafios que a humanidade enfrenta. A mudança climática é uma das maiores adversidades do nosso tempo e seus efeitos negativos afetam a capacidade de todos os países de alcançar o Desenvolvimento Sustentável. Os aumentos na temperatura global e no nível dos mares, a acidificação dos oceanos e outros impactos das mudanças climáticas estão afetando seriamente as zonas costeiras e os países costeiros de baixa altitude, incluindo muitos países menos desenvolvidos e pequenos estados insulares em desenvolvimento. A sobrevivência de muitas sociedades, bem como dos sistemas biológicos do planeta, está em risco.

Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável perfazem 169 metas associadas que são integradas e indivisíveis. Nunca antes os líderes mundiais comprometeram-se a uma ação comum e um esforço via uma agenda política tão ampla e universal. Trata-se de um caminho rumo ao Desenvolvimento Sustentável, dedicado coletivamente à busca da evolução social e da

¹⁰ Disponível em: < <http://www.agenda2030.org.br/sobre/>> Acesso em: 12 nov. 2019.

cooperação vantajosa para todos, que podem trazer enormes ganhos para todos os países. Os novos objetivos e metas entraram em vigor no dia 1º de janeiro de 2016 orientando as decisões ao longo dos próximos quinze anos. Há o compromisso de que todos os países trabalhem para implementar a Agenda em nível regional e global. Dentre os objetivos elencados, um deles tem relação direta com os padrões de produção e de consumo sustentáveis atrelado às seguintes metas:

Objetivo 12. Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis

12.1. Implementar o Plano Decenal de Programas sobre Produção e Consumo Sustentáveis, com todos os países tomando medidas, e os países desenvolvidos assumindo a liderança, tendo em conta o desenvolvimento e as capacidades dos países em desenvolvimento;

12.2. Até 2030, alcançar a gestão sustentável e o uso eficiente dos recursos naturais;

12.4. Até 2020, alcançar o manejo ambientalmente saudável dos produtos químicos e todos os resíduos, ao longo de todo o ciclo de vida destes, de acordo com os marcos internacionais acordados, e reduzir significativamente a liberação destes para o ar, água e solo, para minimizar seus impactos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente;

12.5. Até 2030, reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso;

12.6. Incentivar as empresas, especialmente as empresas grandes e transnacionais, a adotar práticas sustentáveis e a integrar informações de sustentabilidade em seu ciclo de relatórios;

12.7. Promover práticas de compras públicas sustentáveis, de acordo com as políticas e prioridades nacionais;

12.8. Até 2030, garantir que as pessoas, em todos os lugares, tenham informação relevante e conscientização para o desenvolvimento sustentável e estilos de vida em harmonia com a natureza;

12.a. Apoiar países em desenvolvimento a fortalecer suas capacidades científicas e tecnológicas para mudar para padrões mais sustentáveis de produção e consumo;

12.b. Desenvolver e implementar ferramentas para monitorar os impactos do desenvolvimento sustentável para o turismo sustentável, que gera empregos, promove a cultura e os produtos locais;

12.c. Racionalizar subsídios ineficientes aos combustíveis fósseis, que encorajam o consumo exagerado, eliminando as distorções de mercado, de acordo com as circunstâncias nacionais, inclusive por meio da reestruturação fiscal e a eliminação gradual desses subsídios prejudiciais, caso existam, para refletir os seus impactos ambientais, tendo plenamente em conta as necessidades específicas e condições dos países em desenvolvimento e minimizando os possíveis impactos adversos sobre o seu desenvolvimento de uma forma que proteja os pobres e as comunidades afetadas. (PLATAFORMA AGENDA 2030 ONU, 2015).

2.2. Consumo e Meio ambiente

O conceito de consumo está umbilicalmente ligado à economia. Consumir é, antes de tudo, comprar, despendendo parcela econômica de capital para adquirir algo. O consumo corresponde à despesa suportada pelas famílias na aquisição de bens e serviços de vários tipos (alimentares, vestuário, calçado, automóveis, eletrodomésticos, serviços médicos etc.) como forma de satisfazer necessidades e maximizar a sua utilidade, o que faz girar a economia.

Quanto mais se consome, mais o ativo financeiro circula, criando empregos e renda. Ao mesmo tempo, a importância do consumo a nível macroeconômico é crucial, correspondendo normalmente à forte parcela do PIB de uma economia.

Segundo Vasconcellos (2003), a teoria da demanda parte da hipótese de que os consumidores são racionais, ou seja, os agentes econômicos (compradores e vendedores) ponderam os benefícios e os custos de sua decisão de forma a obterem vantagem máxima. Isto é, farão as melhores escolhas, aquelas que do ponto de vista individual lhes proporcionarão a maior satisfação, restritas às possibilidades orçamentárias. Para Heineck (2010): “[...] são as necessidades psicológicas dos indivíduos que determinam a posse e o consumo de bens, além das necessidades fisiológicas básicas dos seres humanos” (HEINECK, 2010, p.107).

O desenvolvimento econômico e, principalmente, o crescimento industrial ocasionaram uma vertiginosa ampliação nos índices de consumo, por outro lado, este incremento trouxe preocupações com a preservação ecossistêmica. O ato de consumir está diretamente ligado ao meio ambiente, uma vez que os bens de consumo provêm direta ou indiretamente dos recursos naturais disponíveis na biosfera. Entretanto, como a mercadoria é voltada para o consumidor final, cresce a inquietude quanto ao papel do indivíduo no âmbito do Desenvolvimento Sustentável, conforme já evidenciado.

A sociedade prestigia o poder aquisitivo do indivíduo e o toma como um indicador de sucesso e de felicidade. O ato de consumir está ligado à realização pessoal, sucesso profissional, ascensão social dentre outros atributos. O incentivo ao consumo vem de todos os lados: marketing e meios de comunicação que criam novas necessidades e até mesmo do Estado que proporciona incentivos fiscais e de crédito para que o consumo das famílias e o PIB aumente, elevando, assim, o desenvolvimento econômico. Desta forma a nossa sociedade promove o consumo desenfreado caracterizando, assim, o consumismo. Para o mercado, não basta que a pessoa consuma o que lhe é útil e minimamente necessário, é preciso que haja o escoamento de toda produção, que é cada vez maior. Por essa razão a produção de bens descartáveis é uma estratégia de venda para um número cada vez maior de produtos.

Temas como a escassez de recursos naturais, a degradação do meio socioambiental e a necessidade de implementação do Desenvolvimento Sustentável são amplamente debatidos em escala global, mesmo que providências objetivas tomadas neste sentido sejam vertiginosamente menores em relação aos esforços voltados ao desenvolvimento econômico e financeiro. Neste cenário de consumo cada vez mais amplificado por exigência, principalmente, da necessidade de fomento do desenvolvimento econômico do país, a pressão sobre os recursos naturais tem se tornado crítica.

Há que se ponderar ainda que vivemos uma fase “líquida moderna”, segundo Bauman (2008), onde impera uma sociedade de desejos instáveis na qual o instantâneo e o efêmero ditam a regra. O desejo passou a sustentar a economia, assim como a frustração tornou-se essencial para a movimentação do mercado. A transição nos hábitos e práticas de consumo, entre a funcionalidade do que denominávamos “necessidades” e os imperativos muito mais voláteis e etéreos do desejo, foi radical. O uso é imediato e o que se compra, se usa no mesmo instante, se descarta e se adquire algo novo mais adiante. Os termos em voga são o descarte e a substituição, gerando assim, um montante de produtos que são consumidos e descartados

imediatamente. A sociedade de consumo depende da não satisfação dos consumidores, na qual a atração por novas compras significa o começo de um processo cíclico de consumo que não tem fim. “A sociedade de consumo prospera enquanto consegue tornar a não satisfação de seus membros (e assim, em seus próprios termos, a infelicidade deles)” (BAUMAN, 2008, p.64).

Vivemos em uma sociedade em que instrumentos de manipulação controlam e moldam os ideais do sujeito. Observa-se, entretanto, que a sociedade precisa compreender que deve consumir apenas aquilo que tem necessidade, pois quanto maior o volume de produtos em circulação de forma irracional e desnecessária, maior o desgaste socioambiental. O consumo de novos produtos e a falta de responsabilidade em seu manejo são fatos que inevitavelmente provocam a degradação.

De acordo com Manzini e Vezzoli (2016) um produto que é mais durável que o outro, exercendo a mesma função, determina geralmente um impacto ambiental menor; se um produto tem ciclo de vida menor, ele de fato não só gera precocemente mais resíduo, mas determina também outros impactos indiretos, como a necessidade de substituí-lo (MANZINI; VEZZOLI 2016, p.182). No cenário de desmaterialização que se anuncia, no caminho inverso do hiperconsumismo, o designer consciente passa a projetar tomando por base princípios de sustentabilidade, disseminando a responsabilidade e o bom senso por meio dos seus produtos auxiliando a reduzir, dessa forma, possíveis impactos ao ambiente.

Desde o início do século XX os fabricantes e seus designers industriais se habituaram a vender o “desejo” e a “insatisfação” através da manipulação do estilo, nos quais a “luxúria” inicial atribuída aos objetos passava rapidamente para um desencanto subsequente. Durante muitos anos os “valores que originaram a obsolescência enfatizaram o bem-estar imediato dos indivíduos” (PAPANNEK, 1971, p.160).

Em um mundo em transformação o consumo exagerado passou a ser, de fato, questionado. Com o engajamento de um novo consumidor, mais atento aos problemas reais da

humanidade e com a adoção de valores éticos, o “designer passou a contribuir, para a promoção do desenvolvimento sustentável, tangibilizando a preocupação com as gerações futuras e a preservação do planeta” (SCHULTE, LOPES, 2008).

O consumo consciente tem emergido nesse cenário, buscando a preservação ambiental, uma vez que através dele o consumidor assume a responsabilidade sobre os bens que adquirir. E ainda vai além pois seguindo esse ideal, o consumidor ao escolher o produto que irá adquirir também se torna responsável, de maneira compartilhada, pelos impactos diretos e indiretos que este bem produziu ou produzirá ao meio ambiente durante seu ciclo de vida. Ressalta-se aqui que compete a ele não apenas ser consciente em seu uso, como também encontrar destino apropriado para o seu descarte.

É primordial, portanto, que haja uma perfeita sintonia entre o consumidor e o produto, no qual o objetivo de um seja o resultado de outro, validando esse novo padrão de consumo. Isso porque o consumidor consciente passa a observar os desperdícios em todas suas práticas diárias, atento aos pormenores. Também passa a selecionar produtos menos tóxicos no ato da compra, privilegiando marcas que invistam na preservação ambiental, analisando rótulos, observando certificações, origem e a forma como são produzidos. Esse consumidor não consome menos necessariamente, mas “de uma forma diferente, valorizando aspectos como reciclagem, utilização de energias limpas, redução dos desperdícios e o desenvolvimento do mercado verde” (PORTILHO, 2005; REFOSCO, 2012).

Apesar do número de consumidores adeptos do consumo consciente ainda ser discreto, a forma de pensar em relação aos reflexos causados ao meio ambiente está mudando progressivamente e significativamente. A expectativa é que em um curto prazo de tempo, os próprios consumidores farão exigências, obrigando as indústrias a adaptarem-se à nova realidade para garantir a sua sobrevivência e a do planeta.

Entende-se, desse modo, que muito mais do que mediar produção e uso, o design faz a interface entre a produção e o consumo, acrescentando complexidades de ordem ambiental, econômica, social e cultural que não podem deixar de ser administradas.

2.3. Design de Produto

A palavra design tem vários significados segundo como e quem a emprega e isto acontece pela abrangência de sentidos que o termo possui em inglês. Pode significar: um produto, um projeto, um processo, um desenho. No texto de Heskett (1987), “*design means designers design designs by means of designs*” (HESKETT 1987, p.110-133 apud GOMES 2004, p.57). Pode-se perceber que o uso da palavra design tem um significado misto de substantivo e verbo. Em português teríamos: “design significa designers projetarem produtos por meio de desenhos.” Ao longo do capítulo e da dissertação, a palavra design deve ser interpretada de acordo com o aspecto específico em discussão, não sendo objetivo do presente estudo aprofundar suas definições, mas apenas clarificar o seu uso aplicado. Em alguns momentos o conceito de design é ampliado e em outros, reduzido.

O design de produto industrial envolve um processo técnico e criativo relacionado com a concepção, elaboração e especificação de um artefato. Este processo é orientado por um objetivo ou um propósito. É uma ideia, um projeto ou um plano para a solução de um problema determinado. Seu conceito compreende a concretização de uma ideia em forma de projetos ou modelos, mediante a transformação de materiais, construção e configuração física, resultando em um produto industrial passível de produção em série (LOBACH, 2001, p.20).

Jones (1978) considerava que os objetivos do designer têm pouca relação com o produto e maior relação com as influências que os fabricantes, distribuidores, usuários e a sociedade realizam para se adaptar e se beneficiar do mesmo. Para o autor, definir o design pelo processo,

não era uma base sólida, como defini-lo a partir da sociedade ou do mundo, já que a sociedade não é a mesma depois do lançamento de um novo objeto. Este pensamento embora tenha sido formulado na década de 1970 é ainda muito atual, pois o design está inserido na sociedade, é dela que ele surge e para ela que retorna. O design trafega por uma via de mão dupla em que influencia e ao mesmo tempo em que sofre influências da sociedade e, portanto, da cultura.

Para Jones (1978), os agentes que faziam parte do processo eram: Clientes, Fornecedores, Fabricantes, Distribuidores, Compradores, Usuários e a Sociedade (JONES, 1978, p.31). O autor considerava que o processo de design obedecia a uma série de passos que determinavam uma etapa na história de vida do produto e que cada passo dependia do anterior. Hoje, se tem uma percepção diferenciada sobre as sequências de passos, a de que não necessariamente uma etapa deve ser realizada na sequência de outra, pois, dependendo do problema de projeto e do estilo de pensamento do designer ou equipe de projeto, as etapas podem acontecer simultaneamente.

Ampliando tal conceito, podemos considerar que o design também é um processo de transformação de materiais, objetivando a produção de um produto ou sistema de produtos que satisfazem às exigências do ambiente humano. Começa pelo desenvolvimento de uma ideia, concretiza-se em uma fase de projeto e tem por finalidade a resolução dos problemas que resultam das necessidades humanas. É também um poderoso estímulo ao consumo, que se tornou indispensável na contemporaneidade fornecendo aos objetos características estéticas, culturais, de personalidade e de funcionalidade.

Para o início de qualquer projeto existe um padrão em que o designer é acionado para resolver um problema, realizar um redesign ou atender a uma necessidade específica. Na bibliografia de design é comum encontrar referências sobre o designer como alguém que resolve problemas. Entretanto, na maioria das intervenções são as necessidades, oportunidades e desejos que dão o início ao processo de desenvolvimento de objetos. Os produtos hoje

atendem a maioria dos problemas da sociedade e a cultura material está saturada. Os produtos sofrem modificações e otimizações para conquistar um espaço no mercado. Dessa forma, seria apropriado considerar que o designer atende necessidades e desejos da sociedade e resolve problemas de clientes ou empresas.

É preciso reconhecer que, o projeto de um produto surge do interesse em satisfazer as necessidades, anseios sociais e tendências comportamentais, que podem ser atendidas por meio do uso de artefatos ou serviços capazes de competir no mercado. As necessidades do ser humano e, portanto, os problemas de design apresentam diversos graus de complexidade, atendem diversos requisitos e restrições e tem um número elevado de possíveis soluções.

O design industrial também pode ser entendido como o processo de adaptação dos artefatos de uso, fabricados industrialmente, às necessidades físicas e psíquicas de usuários ou grupos de usuários (LOBACH, 2001). A partir da origem etimológica, percebe-se a ambiguidade do termo, que ao mesmo tempo abrange um aspecto concreto, no sentido de designar, formar, configurar e outro abstrato que envolve desenhar, conceber, projetar. Bürdek (1999), ao discutir a definição de design cita Horst Oehlke (1977) que ao invés de definir design, descreve-o como:

(...) a tentativa de designar as metas, as tarefas e o objeto a ser produzido pela indústria a partir da experiência prática da atividade criativa e educadora (OEHLKE apud. BÜRDEK, 1999, p. 14).

Nessa mesma linha de pensamento que relaciona o design com a produção industrial de maneira a se fazer uma clara distinção entre ele e as atividades artesanais, é interessante citar a conceituação de Souza (2001), segundo ele:

(...) o design moderno é a atividade praticada visando o projeto de produtos industriais que utilizem processos decorrentes do desenvolvimento tecnológico pós Revolução Industrial (SOUZA, 2001, p. 9).

Na segunda metade do século XIX, a Europa foi marcada pela explosão do consumo, antes disso, as lojas ofereciam uma pequena gama de opções de produtos industrializados,

considerando que o comércio era realizado na própria fábrica. Em 1860, com o surgimento das primeiras lojas de departamento, o consumo passou a configurar-se em uma atividade de lazer, um fenômeno social de larga escala (CARDOSO, 2008). Heskett (1997) descreveu que: “(...) acompanhando o amplo desenvolvimento da produção em massa, aspectos puramente visuais do design vieram a predominar como meio de atrair o consumidor” (HESKETT, 1997, p.182), assim, o consumo do supérfluo tornou-se uma espécie de desejo da sociedade, que além do design, é estimulada também pela mídia que se intensifica e ganha poder na era pós-moderna.

Segundo Couto (1991), o design, é um conjunto organizado de conhecimentos, tem *status* de disciplina e pode ser ensinado por meio de uma estrutura curricular adequada, utilizando métodos para organizar seu trabalho e aumentar sua eficácia, não se limitando a propor soluções meramente intuitivas, cuja justificativa não possa convincentemente defender (COUTO, 1991, p.35). O design não se descuida de utilizar os melhores postulados da estética para refinar a forma e usa conhecimentos científicos disponíveis para conferir desempenho funcional adequado aos objetos e sistemas materiais que concebe, ou para desenvolver e fundamentar suas teorias.

Quando se fala em atendimento a necessidades humanas, a intenção é tornar explícito o compromisso do designer com o usuário, o homem, que é o responsável direto não só pelo seu próprio crescimento, mas, também, pelo adequado manejo e pela preservação de todas as coisas inanimadas e de todos os seres vivos que existem na natureza.

Nas últimas duas décadas, desde que o conceito de Desenvolvimento Sustentável passou a fazer parte das políticas internacionais de modo mais efetivo, o meio ambiente passou de uma fonte inesgotável de recursos e receptor de resíduos infinito, para o status de ativo da sociedade global e tem sido o foco de contínuas discussões em nível mundial conforme afirmaram Borges e Tachibana (2005). Neste contexto, os tradicionais domínios do design, até então profundamente interconectados com os padrões de produção e consumo determinados pelo

meio industrial e social, passaram a sofrer influências e a incluir questões ecológicas na pauta de discussões e ações em níveis nacionais e internacionais.

Santos (2008) defendeu que somente uma abordagem ampla e integrada das competências do designer poderia viabilizar a passagem do projeto unicamente focado no desenvolvimento econômico, para projetos sistêmicos, baseados em requisitos ambientais e sócio éticos (SANTOS, 2008, p.135). Tornou-se evidente e necessária uma profunda reavaliação dos fundamentos do design, de modo que a atividade de projeto se tornasse mais eficiente, acessível, eficaz e coerente, capacitando o designer para atuar de forma crítica e participativa e não como mero executor de projetos, submisso a interesses comerciais e mercadológicos.

Para fins da presente pesquisa, o design é definido como uma atividade de projeto, multidisciplinar que, por meio de um processo de análise, síntese e criatividade, transforma, modifica e melhora o ambiente satisfazendo as necessidades e anseios das pessoas. A modificação do ambiente se dá pela configuração de objetos fabricados industrialmente com características estéticas, funcionais, ecológicas, mercadológicas, culturais, sociais, tecnológicas, econômicas, entre outras.

Como atividade multidisciplinar, o design é constituído pela simultaneidade dos conhecimentos, ou métodos das diversas áreas envolvidas, tais como ergonomia, estética, sociologia, marketing, semiótica, entre outras, que permitem a configuração de produtos concretos que atendam às mais diversas necessidades. A justaposição entre as diversas disciplinas envolve um conjunto de princípios teóricos, práticas, métodos, técnicas, processos implícitos em cada interação. Destaca-se dessa maneira a complexidade atrelada a esse conjunto de trocas, inclusive culturais e de identidade.

2.3.1. O Design e Complexidade

Em um mundo continuamente mais complexo, no qual questões ambientais, políticas, sociais, culturais, de negócios, de tecnologia e tantas outras mais, tornaram-se dilemas emergentes e urgentes, é cotidiano ao designer estar envolto em problemas e situações complexas. A discussão entre design, complexidade e sustentabilidade, permite tratar questões socioambientais a partir de uma abordagem transdisciplinar e holística.

O pensamento complexo, teoria ou paradigma da complexidade postulado por Morin (2011) subsidiado por Le Moigne (2000), Tinti (1998) entre outros estudiosos, surgiu para complementar e, em alguns contextos, substituir, o pensamento simplificador, reducionista, do paradigma cartesiano da ciência. Visto que a realidade é complexa para ser entendida e explicada de forma simplificada ou reducionista segundo essa teoria, “é complexo o que não se pode resumir numa palavra-chave, o que não pode ser reduzido a uma lei nem a uma ideia simples” (MORIN, 2011, p. 5). A complexidade, inicialmente, mostra-se como irracionalidade, incerteza, confusão, desordem (MORIN; LE MOIGNE, 2000); tecida de constituintes desiguais paradoxais (MORIN, 2011, p.5). Posteriormente, torna-se o próprio tecido de eventos, ações, interações, retroações, determinações, acasos, que compõem o mundo (MORIN, 2011, p.5).

No paradigma da complexidade há uma relação dialógica, portanto, entre ordem x desordem, uno x múltiplo; simples x complicado; entre a visão sistêmica composta pelo todo e não simplificada apenas das partes. Deste modo, pode-se entender que conhecer as partes, permite conhecer melhor o todo; e a partir desse todo, conhecer cada vez mais as partes, oportunizando um conhecimento sistêmico, holístico e ininterrupto (MORIN; LE MOIGNE, 2000).

Apesar de as ideias mencionadas anteriormente serem paradoxais, há uma relação entre elas, a qual se pode denominar complexidade, pois essas ideias influenciam e interagem umas

com as outras (MORIN, 2011). Alguns autores ratificam esse pensamento paradoxal, porém complementar e chamam a atenção para o fato de que “a noção de complexidade envolve a convivência com paradoxos, como ordem e desordem atuando de forma auto generativa” (VAN DER LINDEN; LACERDA, 2012, p. 88) e que, “complexidade e caos andam juntos” (CARDOSO, 2012, p. 230). Este ainda afirma que a complexidade de um sistema se relaciona com a dificuldade de prever as inter-relações possíveis entre as partes componentes. Deste modo, combina o sentido literal da palavra com características de incerteza, insegurança, definidas por Morin (2011). No entanto, como a palavra complexidade pode ser apropriada pelo design, mediante conceituações aparentemente heterogêneas?

Nessa medida, Cardoso (2012) afirma que se deve aceitar a complexidade como uma condição existente para projetar soluções. Logo, pode-se associar o conceito de complexidade ao design, visto consistir no ato de projetar soluções que atendam às necessidades dos seres humanos. No design, observa-se que o significado da palavra complexidade pode ser aplicado com um sentido consonante ao literal e ao proposto por Morin (2011). Conforme argumenta Cardoso (2012): “por complexidade, entende-se aqui um sistema composto de muitos elementos, camadas e estruturas, cujas inter-relações condicionam e redefinem continuamente o funcionamento do todo” (CARDOSO, 2012, p. 25). Essas inter-relações podem não se restringir apenas ao sistema físico e ao seu funcionamento e de suas partes, mas também ao profissional do design e sua rede de relações com outros profissionais. Segundo Bürdek (2006), em “um mundo cada vez mais complexo não pode ser mais dominado pelo designer individualmente” (BURDEK, 2006, p. 226). Assim como corroborado por Cardoso (2012), “no mundo complexo em que vivemos, as melhores soluções costumam vir do trabalho em equipes e em redes” (CARDOSO, 2012, p. 23).

A partir de Morin (2011), Cardoso (2012) trabalha com a ideia de que a complexidade faz parte do mundo, portanto deve-se aceitá-la. Por conseguinte, pode-se insinuar que essa

complexidade possui uma estreita associação com o design na medida em que marca presença em atividades de suas subáreas e também nos problemas de design e processos, nas discussões e no projeto dos artefatos, entre outros. A ideia de complexidade atrelada à metodologia projetual “esteve sempre presente no discurso projetual, mas ligada principalmente ao número de componentes do problema, sejam peças ou disciplinas envolvidas” (VAN DER LINDEN; LACERDA, 2012, p. 88). Também Zamenopoulos e Alexiou (2005) complementam que a complexidade pode estar relacionada à dificuldade de compreender e solucionar problemas de design; bem como a um problema na prática projetual ou no entendimento dos processos e produtos do projeto que interfiram nessa prática.

Logo, os problemas mal definidos do design podem ser considerados complexos à medida que se relacionam com a incerteza, característica do pensamento complexo proposto por Morin (2011).

No que diz respeito à configuração dos objetos, Zamenopoulos e Alexiou (2005) consideram complexidade como um atributo dos sistemas e objetos de design, que possuem composição complexa e expõem habilidades complexas. Já Bürdek (2006) afirma que a complexidade da forma do conteúdo (semântico) do produto pode ser diferente, pois um objeto aparentemente simples pode ter uso complexo. Assim como exemplifica que a complexidade formal pode ser obtida por meio de formas, materiais, superfícies, estruturas, etc. e a complexidade funcional, como se aplica em produtos eletrônicos e interativos.

Assim, além de ligar-se a ideia de inter-relações supracitadas, pode-se fazer uma analogia do design com a própria complexidade, o qual seria uma tarefa tecida de constituintes desiguais (MORIN, 2011) que interagem para propor soluções às necessidades dos usuários.

No que tange aos desafios do desenvolvimento sustentável, apesar de existir a consciência parcial dos perigos que ameaçam o meio ambiente natural das sociedades, estas se contentam em abordagens dos campos dos danos industriais, a partir de uma perspectiva

tecnocrática. Na medida que a proposta do desenvolvimento sustentável se estrutura em escala planetária, ela opera uma revolução nos campos político, social e cultural reorientando assim a produção de bens materiais e imateriais. Entretanto, num contexto de mercados liberalizados impera a pressão para desqualificação da regulamentação socioambiental, considerada como entrave ao desenvolvimento. Ao procurar maximizar lucros de empreendimentos individuais e externalizar custos para o ambiente e a sociedade, o mercado é incapaz de garantir a sustentabilidade. Nesse contexto, o paradigma da complexidade promove conceitos que ampliam a forma de ver, atuar e responsabilizar o ser humano e as organizações na construção de relações e estruturas integrativas, saudáveis, regenerativas e sustentáveis.

Para que haja uma mudança efetiva se faz necessário que além de mudanças no pensamento e na percepção, haja mudanças de valores e superação do que nossa cultura cultua como valor. O design parece definir a construção de significados a partir das relações que o homem estabelece com seus objetos. Portanto, a posse de determinado objeto é capaz de construir representações, significados invisíveis, que passam a determinar o reconhecimento do indivíduo em sua esfera social e, dessa forma, estabelecer um ambiente artificial, uma experiência particular do indivíduo sobre si mesmo. O projeto vai além dos aspectos funcionais e materiais, compreendendo a concepção de significados intangíveis impregnados na materialidade e complexidade do objeto industrializado. O design transforma-se em agente articulador de mudanças socioculturais, o que reforça a necessidade de investigar aspectos relacionados a questões urgentes da sociedade contemporânea.

2.3.2. Aspectos ambientais no projeto de produtos

O consumo desenfreado acompanhado pela criação de novos produtos, cada vez mais descartáveis devido à constante renovação das formas com ciclos de vida mais curtos,

contribuiu imensamente para o sucateamento dos bens de consumo, gerando um volume cada vez maior de resíduos sólidos (BRUNETTI; SANT'ANNA, 2003). O acúmulo de resíduos sólidos é apenas uma parcela dos problemas ambientais observados pelo desequilíbrio do modo de vida humano.

De acordo com Cardoso (2008), apesar das preocupações com o impacto ecológico negativo do industrialismo datarem, pelo menos, do século XIX, foi apenas no final da década de 1960 que os movimentos ambientalistas começaram a se configurar como os conhecemos hoje. A partir desse momento, surgiram novas abordagens de design atreladas ao meio ambiente. Os procedimentos voltados à gestão ambiental de produtos tiveram início por volta da década de 1970, mas se encontravam restritos a estudos acadêmicos de um grupo de designers que promoviam ideias e conceitos avançados para a época. Atualmente, no âmbito do design, essa categoria se divide em dois diferentes aspectos: o foco no produto, por meio do redesign ou do “eco design”¹¹ e o foco na Análise do Ciclo de Vida (ACV). Essas interferências no projeto assumiram diferentes níveis de atuação sobre requisitos de sustentabilidade ambiental, variando desde a escolha de materiais de baixo impacto ambiental, redução de materiais, minimização do consumo de energia na fabricação, reutilização/reaproveitamento, modularidade, biocompatibilidade até a minimização e eliminação de externalidades negativas decorrentes da avaliação das fases do ciclo de vida do produto. Segundo Manzini e Vezzoli, “eco design” é a "atividade que, ligando o tecnicamente possível com o ecologicamente necessário, faz nascer novas propostas que sejam social e culturalmente aceitáveis." (MANZINI; VEZZOLI, 2016)

Acerca das tendências percebidas pelos autores citados acima, é interessante frisar que nos últimos 20 anos, a partir de uma interpretação mais exata do Desenvolvimento Sustentável,

¹¹ É todo o processo que contempla os aspectos ambientais onde o objetivo principal é projetar ambientes, desenvolver produtos e executar serviços que de alguma maneira irão reduzir o uso dos recursos não-renováveis ou ainda minimizar o impacto ambiental dos mesmos durante seu ciclo de vida. Fonte: < <https://www.mma.gov.br/informma/item/7654-ecodesign.html> > Consulta em: 13 nov. 2019.

o foco do posicionamento estratégico foi parcialmente deslocado para o design portando sistemas eco eficientes, ou seja, aportando a avaliação do design em uma dimensão maior do que a do produto isolado. A estratégia desloca-se das ideias de negócios e venda de produtos isolados, para a oferta de produtos e sistemas de serviços conjuntos (STRAIOTO; FIGUEREDO, 2011).

O design é uma atividade criativa contínua, complexa e retroalimentada, que deve alcançar a fase de fim de vida do produto e de seu retorno na cadeia produtiva. Valorizando as demandas dos usuários e demais partes interessadas, ponderando em todas as fases do ciclo de vida do produto os aspectos e possíveis impactos ambientais, atuando na definição e revisão do modelo conceitual do produto e de seu processo de produção, distribuição e consumo, com o objetivo de minimizar o emprego de recursos e geração de resíduos, bem como da prevenção de perdas (MIGLIANO, 2015). Tem-se então dessa forma, a aproximação das variáveis ambientais e ecológicas com o processo de design.

Posteriormente o “eco design” ganhou uma dimensão maior sendo associado ao ciclo de vida do produto, alicerçando o conceito de que o final do ciclo de vida do produto não é o fim da vida dos materiais que o compõe (NAIME; GARCIA, 2004; NAIME, 2005). De qualquer forma, o design passou a ser reconhecido como uma atividade imprescindível para a sustentabilidade. Segundo Brunetti e Sant’anna (2003): “O design passa a ser o novo marco diretivo da humanidade para o gerenciamento de conflitos ambientais na produção industrial” (BRUNETTI E SANT’ANNA, 2003 p. 8).

Como abordado anteriormente, o design, enquanto atividade de projeto e de planejamento, engloba vários aspectos, atuando de maneira ampla e complexa. O desafio é fazer tudo isso respeitando o meio ambiente e a sociedade. A partir daí, ganha destaque a integração sistêmica de aspectos socioambientais no projeto de produtos (VENZKE; NASCIMENTO, 2002). De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA), o design deve ter por objetivo

o desenvolvimento de produtos e serviços que reduzam o uso de recursos não-renováveis e diminuam seus impactos ambientais durante seu ciclo de vida (MMA, 2019)¹². Em outras palavras, evidencia a inclusão do pensamento do ciclo de vida no projeto, de forma a elaborar produtos que consumam menos materiais e energia, durem e reduzam a geração de resíduos.

As questões voltadas à sustentabilidade associadas à produção consciente de novos produtos, ganharam destaque. Seguindo esta visão, o “*International Council of Societies of Industrial Design*” (ICSID, 2008) descreveu e identificou o design como fator de inovação tecnológica capaz de contribuir para o Desenvolvimento Sustentável. Abordou o design sob uma ótica mais ampla e definiu como uma de suas principais missões tomar conhecimento e avaliar as interconexões estruturais, organizacionais, funcionais, expressivas e econômicas com o objetivo de reforçar a sustentabilidade global e a proteção ambiental (ética global). Para o ICSID (2008) o design também devia propiciar benefícios e liberdade para toda a comunidade humana, individual e coletiva, incluindo usuários, produtores e protagonistas do mercado (ética social); apoiando a diversidade cultural apesar da globalização mundial (ética cultural); fornecendo produtos, serviços e sistemas, que são as formas expressivas (semiologia) e coerentes com (estética) sua própria complexidade.

Atualmente, o Comitê de Prática Profissional da Organização Mundial de Design¹³ (WDO, 2019) apresenta uma definição renovada de design industrial da seguinte maneira:

O Design Industrial é um processo estratégico de solução de problemas que impulsiona a inovação, gera sucesso nos negócios e leva a uma melhor qualidade de vida através de produtos, sistemas, serviços e experiências inovadoras (WDO, 2019)

Ainda segundo o WDO, uma versão estendida desta definição é a seguinte:

O Design Industrial é um processo estratégico de solução de problemas que impulsiona a inovação, gera sucesso nos negócios e leva a uma melhor qualidade de vida através de produtos, sistemas, serviços e experiências inovadoras. É uma profissão transdisciplinar que utiliza a criatividade para resolver problemas e criar soluções com a intenção de melhorar um produto, sistema, serviço, experiência ou negócio. Na sua essência, o Design Industrial oferece uma maneira mais otimista de olhar para o futuro,

¹² Disponível em: < <https://www.mma.gov.br/informma/item/7654-ecodesign.html> > Consulta em: 13 nov. 2019.

¹³ Disponível em: < <https://wdo.org/> > Acesso em: 12 nov. 2019.

reformulando os problemas como oportunidades. Ele une inovação, tecnologia, pesquisa, negócios e clientes para fornecer novo valor e vantagem competitiva nas esferas econômica, social e ambiental. (WDO, 2019)

Designers industriais adquirem uma compreensão profunda das necessidades do usuário por meio da empatia e aplicam um processo pragmático de solução de problemas centrado no usuário para projetar produtos, sistemas, serviços e experiências. Eles são interessados estratégicos no processo de inovação e estão posicionados de maneira única para preencher diversas disciplinas profissionais e interesses comerciais. Eles valorizam o impacto econômico, social e ambiental de seu trabalho e sua contribuição para a criação de uma melhor qualidade de vida.

A redução do impacto ambiental é obtida pela adoção de princípios alicerçadores tais como a seleção criteriosa de materiais, esforços pela eficiência energética, qualidade, durabilidade, adoção de técnicas de modularidade, assim como a reutilização e o reaproveitamento de produtos (BRONES et al., 2014), conforme já exposto. Braun e Gomez (2007) afirmaram que o design passa a ter por objetivo principal o projeto de produtos e serviços que, de alguma forma, reduzam o uso de recursos e minimizem externalidades negativas.

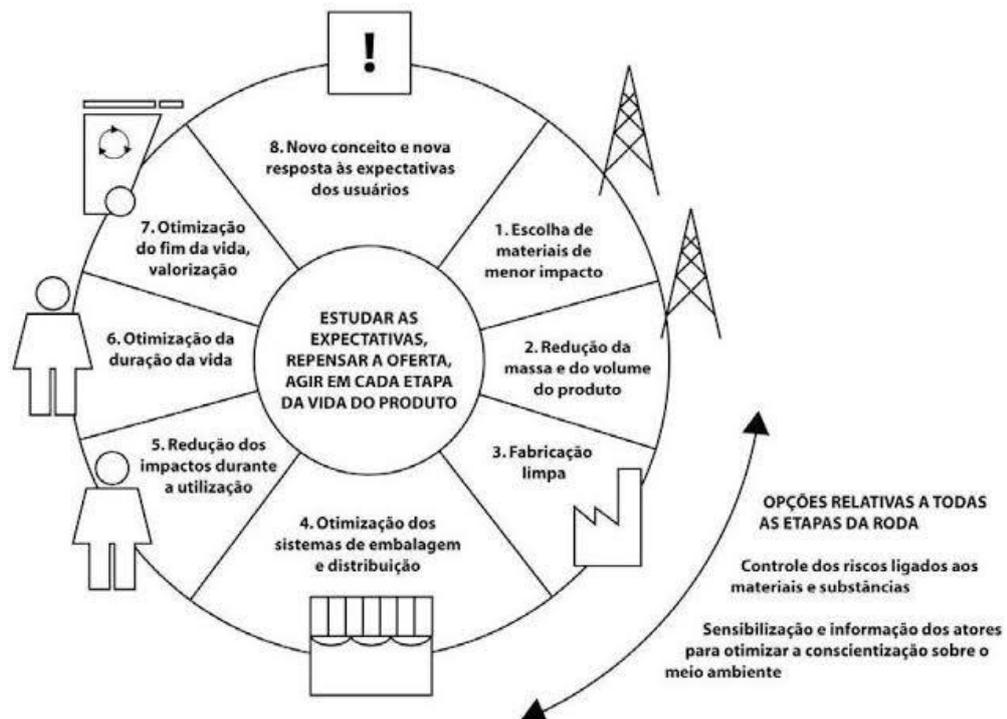
Para Stefano e Ferreira (2013) o design assegura que um produto seja derivado do uso consciente de energia, de água e matéria-prima. Esta prática torna-se essencial para aquelas organizações que reconhecem a responsabilidade socioambiental como de vital importância para o sucesso no longo prazo, pois proporciona vantagens atreladas à redução dos custos, menor geração de resíduos, além de gerar inovações em produtos e atrair novos consumidores. Mackenzie apud Giudice et al. (2006) sugeriram que o processo de design passou a adotar ações articuladas objetivas para a otimização do desempenho ambiental, tais como:

- Escolha de materiais de baixo impacto ambiental: menos poluentes, não tóxicos, de produção sustentável ou reciclados, ou ainda que requeiram menos energia na fabricação;
- Eficiência energética: minimização do consumo de energia para os processos de fabricação;
- Qualidade e durabilidade: produtos mais duráveis e que funcionem melhor, a fim de reduzir desperdícios e gerar menos resíduo;

- Reutilização/Reaproveitamento: projetar produtos para sobreviver ao seu ciclo de vida, podendo ser reutilizados ou reaproveitados para outras funções após seu primeiro uso.
- Otimização do processo de produção, planejamento de processos que são energeticamente eficientes, com emissões reduzidas e melhor aproveitamento do produto na fase de utilização, visando, sobretudo à redução de recursos ou a necessidade de recursos adicionais durante o seu funcionamento. (MACKENZIE APUD GIUDICE ET AL. 2006)

As ações citadas por Mackenzie (2006) sugeriram uma reformulação do conceito do design industrial, de forma a aproximar os sistemas de gestão produtivos à gestão ambiental. Tal relação torna-se mais evidente na medida em que grande parte da geração de resíduos está relacionada às etapas do planejamento dos produtos, principalmente quando não se considera a fase pós-consumo. O processo de design pressupõe uma avaliação tanto da vida útil do produto, como de seus materiais, antecipando como e quais serão os impactos ambientais. Através dessa avaliação, é deliberada a adoção de materiais alternativos, eliminação de processos que causem contaminação, redução do número de materiais constituintes entre outras ações, conforme ilustra a Figura 02:

Figura 02 – Roda de Eco concepção – opções relativas a etapas do ciclo, com sensibilização de stakeholders.



Fonte: Adaptado de (KAZAZIAN, 2005).

Para Fiksel (1996) o design elenca um conjunto específico de práticas de projeto, orientadas à criação de produtos e processos eco eficientes, tendo respeito aos objetivos ambientais, de saúde e segurança durante todo o ciclo de vida destes artefatos. Processos eco eficientes são caracterizados por possuírem uma grande ligação entre a eficiência dos recursos que buscam produtividade e lucratividade com a responsabilidade ambiental. Tais apontamentos, ainda que positivos sob a ótica ambiental, podem provocar efeitos adversos no âmbito do ciclo de vida dos produtos, exigindo por exemplo, a estruturação de processos logísticos que podem elevar a “pegada de carbono” (quantidade total das emissões de gases do efeito estufa causadas diretamente e indiretamente por uma pessoa, organização, evento ou produto), dentre outros prejuízos para a cadeia.

Segundo Boks existem fatores estimulantes que influenciam a implementação do design de produtos sustentáveis, dentre eles:

- Pressão externa e requisitos legais;
- Influências econômicas originárias dos interesses dos parceiros da cadeia de valor;
- Tendência favorável à valorização do consumidor pelos aspectos relativos ao impacto ambiental de um produto;
- Desenvolvimento de novas tecnologias (BOKS, 2006, p.31).

Para o ambiente industrial, o design pode contribuir na melhoria dos indicadores de eco eficiência em termos econômicos e ecológicos, estimulando a criação de um sistema de produção inteligente. É responsabilidade do designer, projetar artefatos que sejam ecologicamente corretos, definindo uma cadeia de produção sustentável.

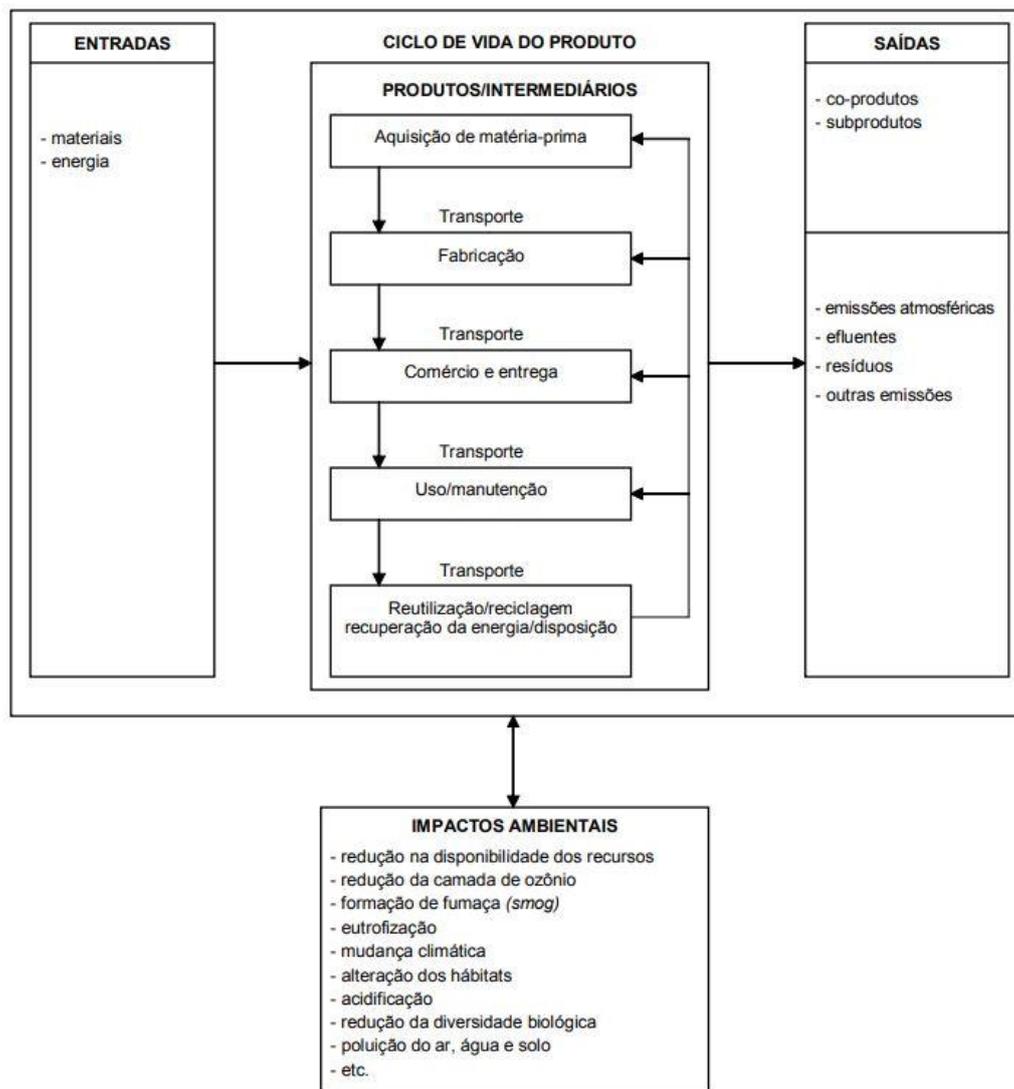
Cabe salientar que é nas etapas finais do ciclo de vida dos produtos que os ganhos são mais visíveis, principalmente pelo prolongamento da fase de uso e pelas possibilidades ambientalmente mais corretas de fim de vida, incluindo retornos para o próprio ciclo. Indiretamente, essas alterações surtem efeitos positivos nas etapas anteriores, por exemplo, exigindo menos consumo de matérias-primas virgens, reduzindo processos de fabricação e diminuindo logísticas.

De acordo com a *ABNT ISO/TR 14062:2004 Gestão Ambiental – Integração de aspectos ambientais no projeto e desenvolvimento do produto* (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p.3), mais organizações estão se conscientizando de que existem benefícios substanciais na integração de aspectos ambientais no projeto e desenvolvimento dos produtos. Alguns desses benefícios podem fomentar a redução de custos, o estímulo à inovação, a oportunidades de novos negócios e a melhoria na qualidade dos produtos. O aspecto socioambiental de um produto deve ser ponderado com outros fatores, como o desempenho funcional, saúde, segurança, custo, aceitação de mercado, qualidade e requisitos legais e regulatórios.

O interesse dos clientes, usuários e desenvolvedores está aumentando em relação aos aspectos ambientais dos produtos. Este interesse é refletido nas discussões entre empresas, consumidores, organizações governamentais e não governamentais relacionadas a desenvolvimento sustentável, eco eficiência, projeto para o meio ambiente, administração de produtos, acordos internacionais, tratados comerciais, legislação nacional, governamental ou setorial baseadas em iniciativas voluntárias. Este interesse é também refletido na economia de vários segmentos do mercado que reconhecem e obtêm vantagens destas novas abordagens de projeto de produto. Essas propostas podem resultar na melhoria da eficiência dos processos de fabricação e no uso dos recursos, no potencial de diferenciação do produto, na redução da carga regulatória, da responsabilidade potencial e na redução de custos. Além disso, a globalização dos mercados, mudanças de fontes, fabricação e distribuição influenciam toda a cadeia de suprimentos e, portanto, podem resultar em impactos diretos ou indiretos no meio ambiente.

Os produtos apresentam diversos aspectos que resultam em impactos ambientais. Os referidos impactos são em grande parte determinados pelas entradas e saídas de materiais e energia, geradas em todos os estágios do seu ciclo de vida, de acordo com a Figura 03:

Figura 03 – Entradas, saídas e exemplos de impactos ambientais associados ao ciclo de vida de um produto.



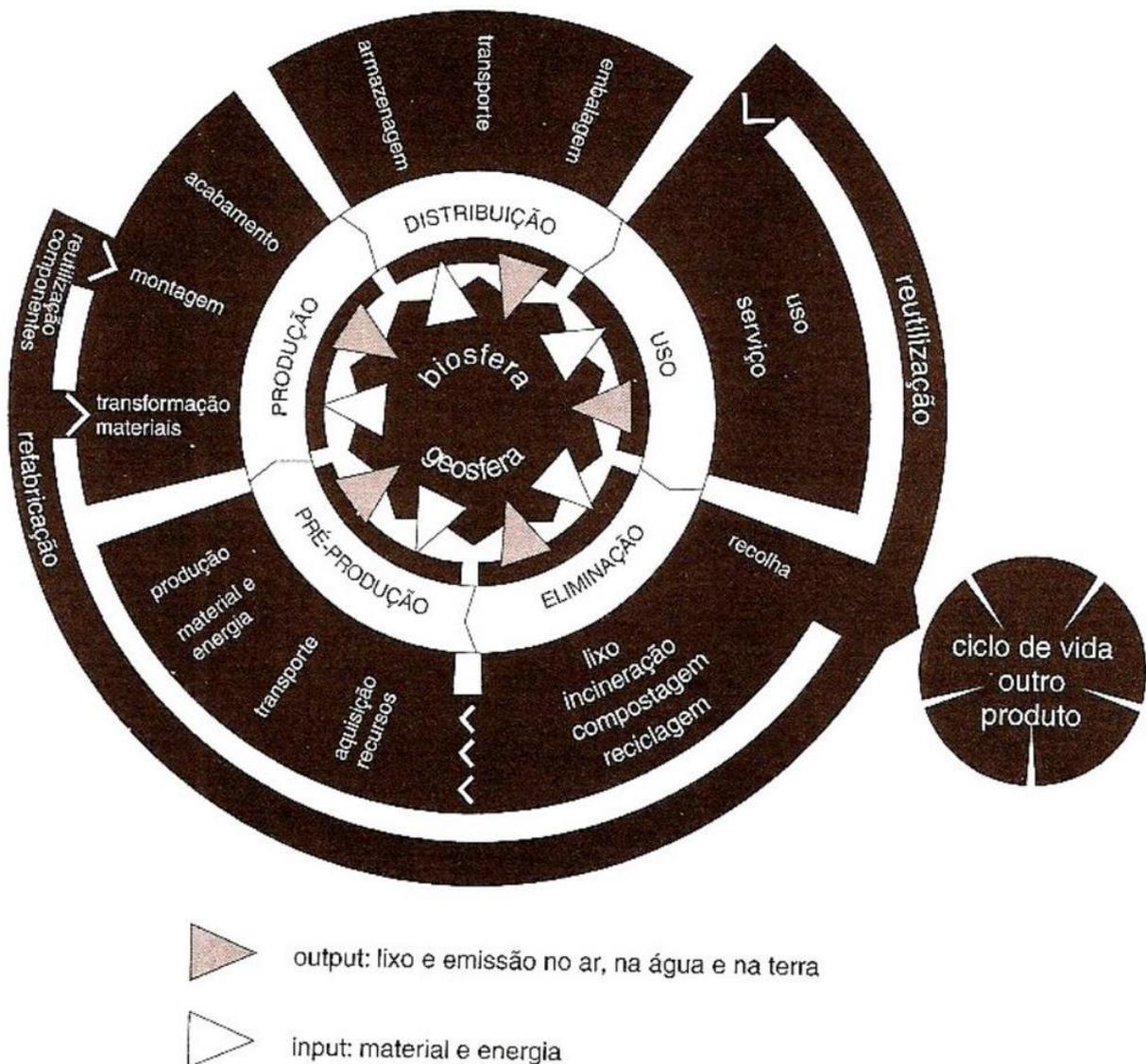
Fonte: (ABNT ISO/TR 14062:2004 p.9)

A compreensão do design como elemento chave neste contexto, nos faz pensar na atuação do designer não apenas na concepção do produto em si, mas em todas as etapas necessárias à sua produção, distribuição e descarte. Dessa maneira, Papanek (1971) dividiu o processo de desenvolvimento de produto em etapas, das quais todas são potencialmente causadoras de impactos ambientais e merecem uma atenção especial no caso de um projeto de design:

- Escolha de Materiais e processos de fabricação;
- Embalagem, estocagem e transporte;
- Uso do produto acabado;
- Geração de resíduos sólidos (PAPANEK, 1971, p. 38).

Observa-se o quão atual permanece tal interpretação, na medida em que a Figura 04, apresenta o ciclo de vida sistema-produto (MANZINI; VEZZOLI, 2016), alinhado a tais requisitos. A partir desse diagrama é possível compreender a relação existente entre o processo de desenvolvimento de produto (ciclo de vida sistema-produto) e o ambiente, no caso, a biosfera e a geosfera. Em todas as etapas do ciclo existem interferências na natureza, os chamados inputs e outputs, sendo os inputs relacionados aos recursos retirados dela (matéria-prima e energia) e os outputs o que sobra do processo e é lançado na natureza (resíduos, emissões e fluidos).

Figura 04 – O ciclo de vida do sistema-produto.



Fonte: Adaptado de (MANZINI;VEZZOLI, 2016)

As ações preventivas baseadas no design consideram os elementos que compõem as cinco fases principais, representadas na Figura 04 pelo círculo branco interno, ou seja, aquelas que são planejadas pelo designer para prevenir impactos negativos. Já as medidas corretivas estão representadas pelo semicírculo externo, que envolve a refabricação, reutilização de componentes e a reutilização pelo consumidor. Dessa maneira, o produto descartado no pós-consumo, pode ser recuperado por meio do reprocessamento e reinserção em um novo processo produtivo, dando origem ao ciclo de vida de outro produto.

Os elementos que compõem a **fase de pré-produção**, segundo Manzini e Vezzoli (2016) são, essencialmente, a aquisição dos recursos, seu transporte e a sua transformação. Esses recursos ou são a matéria prima e a energia utilizadas, que podem ser recursos primários (renováveis ou não) ou secundários, aqueles que provém do pré-consumo, descartados de uma linha de produção e reutilizados em outra, ou do pós-consumo, no caso de produtos reciclados e reprocessados para serem utilizados novamente em outros produtos. No caso da utilização de recursos secundários, já se fala em uma ação corretiva, pois se encaixa no ciclo alternativo, de reutilização de componentes, refabricação e reutilização pelo consumidor, ao contrário da utilização de recursos renováveis ou secundários do pré-consumo como matéria prima, que configuram uma ação preventiva em relação ao meio ambiente.

Na **fase da produção**, os elementos principais são a transformação dos materiais, a montagem e o acabamento. A transformação do material em componente é feita através da utilização de maquinário, que pode ser mais ou menos poluente conforme o processo produtivo determinado pelo designer, da mesma maneira, o acabamento também pode determinar maior ou menor impacto ambiental (MANZINI; VEZZOLI, 2016).

A **distribuição**, de acordo com Manzini e Vezzoli (2016), envolve três momentos fundamentais: embalagem, transporte e armazenagem. Aqui é importante levar em conta o tipo de transporte assim como a embalagem para facilitar o armazenamento e ao mesmo tempo

promover o menor impacto ambiental possível, seja na escolha do material, na quantidade do mesmo ou nas formas de união das partes da embalagem.

Em relação à **fase de uso**, deve-se pensar em duas atividades: o uso ou consumo e o serviço. Manzini e Vezzoli (2016) apontaram que muitos produtos dependem de algum tipo de energia para serem utilizados, o que conforme a escolha do designer caracteriza maior ou menor impacto ao ambiente. Além disso, durante o uso, podem ocorrer eventuais falhas e danos ao produto, cujo projeto deva facilitar a manutenção e troca das peças para estender a vida útil do mesmo. Todas essas escolhas feitas pelo designer, configuram ações preventivas, não apenas na fase de uso, mas também nas fases anteriores de distribuição e produção.

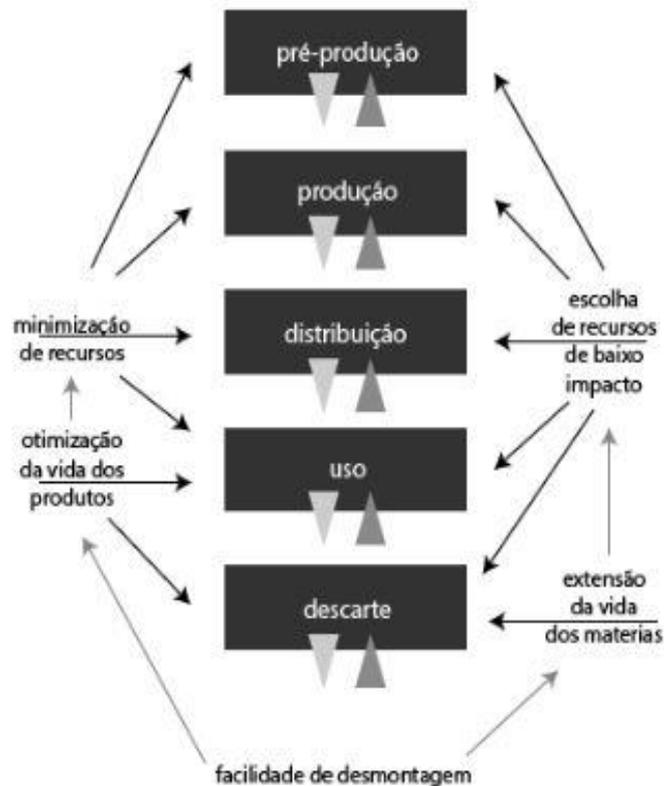
A última fase descrita pelos autores é a do **descarte**, que deve ser considerada essencial no caso de desenvolvimento de produtos sustentáveis, aqui abre-se uma série de opções sobre o destino final do produto. De acordo com os autores, são três as possibilidades:

- (a) recuperar a funcionalidade do produto ou de qualquer componente;
- (b) valorizar as condições do material empregado ou conteúdo energético do produto;
- (c) optar por não se recuperar nada. (MANZINI; VEZZOLI, 2016)

Nos dois primeiros casos, em que se tem reutilização de recurso pós-consumo, entra-se em um ciclo alternativo de produção que caracteriza um design de processos subsidiando o conceito de Economia Circular, que será abordado a frente.

O design para uma Economia Circular desafia uma geração de produtos, processos e materiais de forma a minimizar o uso de matérias-primas primárias. Como o nome indica, o foco está em reduzir a perda de valor incorporada em produtos e materiais, mantendo-os circulando em ciclos fechados. Esses ciclos, materializados na reutilização, reparo, remanufatura, reforma ou reciclagem, prolongam o ciclo de vida do produto e melhoram a produtividade dos recursos. No final da vida, inspirado pela natureza, um produto, sua parte ou um material se tornará um recurso dentro ou mesmo fora do ciclo original, conforme Figura 05:

Figura 05 – Fases ciclo de vida.



Fonte: (MAZINI E VEZZOLLI, 2016)

A chave está em como um produto ou material é projetado e em como diferentes aspectos e requisitos são equilibrados. A fase de design influencia a vida do produto e a facilidade de seu reprocessamento. Os designers têm a oportunidade de considerar funções de durabilidade, compatibilidade, modularidade ou multitarefa de produtos projetados. No entanto, isso não depende exclusivamente da atividade dos designers (RSA 2016).

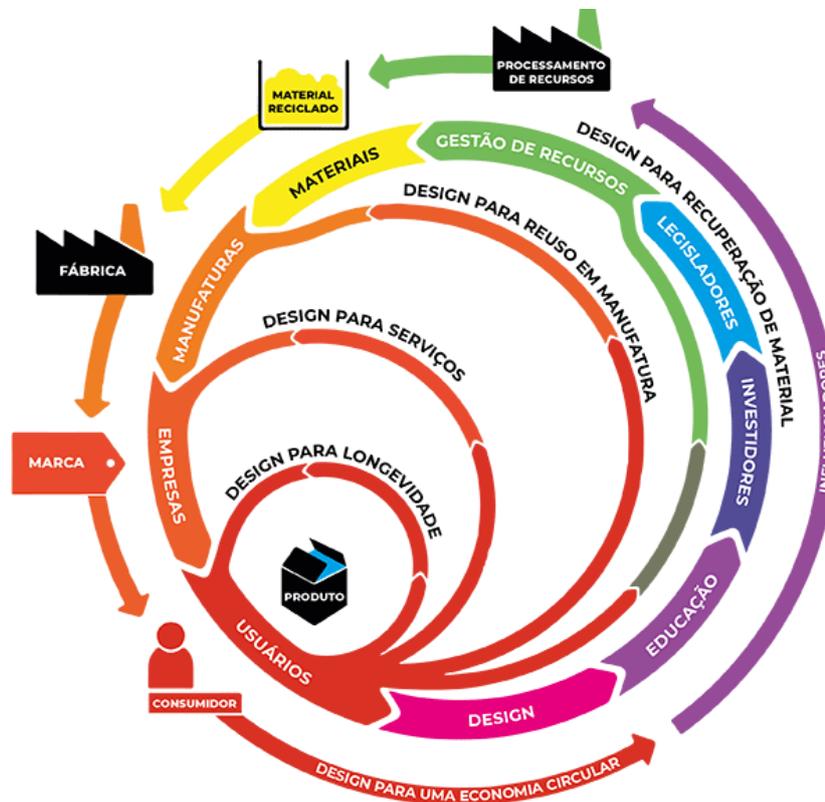
De acordo com o relatório "*Investigating the Role of Design for the Circular Economy*"¹⁴ produzido pelo projeto britânico "*The Great Recovery Project*"¹⁵ (2019) que analisou os desafios do desperdício e as oportunidades de uma Economia Circular através das lentes do design, foram identificados quatro modelos de design. Tais modelos guiam

¹⁴ Disponível em: < <https://www.thersa.org/discover/publications-and-articles/reports/the-great-recovery-exec-summary>>. Acesso em: 06 nov. 2019.

¹⁵ Disponível em: < <http://www.greatrecovery.org.uk/>>. Acesso em: 06 nov. 2019.

abordagens complementares para o processo de transição econômica, com foco no desenho de produtos e sistemas para uma “Economia Circular”, conforme Figura 06:

Figura 06 - Modelos de Design na Economia Circular.



Fonte: (THE GREAT RECOVERY PROJECT 2019)

Modelos	Descrição
Design para longevidade	Inclui formas de estender o tempo de uso de um produto. Isso ocorre não apenas através de materiais e componentes duráveis, mas também pela possibilidade de serem facilmente consertados ou atualizados pelos próprios usuários
Design para serviço	Propõe a criação de novos modelos de negócios, em que produtos passam a ser serviços, e consumidores se tornam usuários. Isso beneficia tanto as empresas quanto seus clientes, e facilita a recuperação de componentes e materiais. O design para serviço já vem sendo implementado com sucesso em diversas áreas, fazendo com que as empresas se mantenham responsáveis pelo conserto e encaminhamento de equipamentos quando estes deixam de servir a seus usuários
Design para remanufatura	Se a empresa é a responsável pelo destino de um produto, torna-se mais vantajoso concebê-lo de forma que possa ser mais facilmente desmontado, consertado e reutilizado ou revendido. Ou projetar componentes e materiais que possam ser aproveitados em diversas linhas de produtos
Design para recuperação	Envolve o aproveitamento de materiais através da reciclagem, quando não possam mais ser aproveitados pelos modelos anteriores. Vale lembrar aqui que a avaliação criteriosa de cada um dos materiais que compõem um produto, na etapa de concepção e design, está diretamente ligada ao sucesso dessa estratégia.

Nesse contexto, Beatriz Luz, Karen Cesar e Rodrigo Bautista (2016) no “Manifesto do Design na Economia Circular”¹⁶, defendem o termo “Design Circular” estabelecendo que:

- O design de produto, serviço ou modelo de negócio deve trazer soluções para melhorar a vida das pessoas e do planeta. Deve inspirar mudanças com o intuito de transformar a relação dos consumidores com os produtos;
- O design deve ser inclusivo. Deve inspirar as empresas a gerar valor para as pessoas e a estimular o consumo consciente. A cadeia produtiva deve beneficiar pessoas;
- O design deve estender a vida útil do produto, aumentar seu valor com o tempo e proporcionar um incentivo para o reuso, remanufatura ou reciclagem;
- O design deve estimular a troca de conhecimento, gerar experiências positivas e inspirar as próximas gerações;
- O design deve ser imaginado como parte de um ecossistema. Ele deve buscar inspiração na natureza e deve usar menos energia na produção do resultado final;
- O design deve incentivar a pesquisa de novas matérias primas. Deve considerar a utilização de material natural, durável, renovável e reciclado para o pensamento de fechamento de ciclo. (LUZ; CESAR; BAUTISTA, 2016)

O Design com viés “circular” pode estabelecer benefícios atrelados à fidelidade de clientes, geração de valor na marca e ganho de reputação, responsabilidade na cadeia, reconstrução do capital natural e social, menos toxidade, menos impactos socioambientais e menos resíduos, partindo do princípio de que a geração de lixo pode caracterizar uma falha de design, enquanto processo de planejamento e projeto de produtos. Para entender o que é design ‘circular’, é preciso perceber como o design de produto ‘tradicional’ contribuiu para o desenvolvimento insustentável da economia linear, e o papel crucial de um novo olhar para o design, em um necessário processo de transição econômica.

“O design em uma Economia Circular é complexo e requer uma transformação no pensamento, de um foco centrado no produto para uma abordagem baseada em sistemas”, de acordo com a “*Royal Society for the Encouragement of Arts, Manufactures and Commerce*”¹⁷, organização britânica, com sede em Londres, empenhada em encontrar soluções práticas para os desafios sociais (RSA 2016). Observa-se, dessa maneira, que o desenvolvimento de projetos

¹⁶ Disponível em <<https://www.ideiacircular.com/manifesto/>>. Acesso em: 06 nov. 2019.

¹⁷ Disponível em <<https://www.thersa.org/discover/topics/circular-economy>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

neste contexto, exige um olhar mais apurado para os materiais e, nesse sentido, a Avaliação do Ciclo de Vida dos produtos ganha destaque, conforme definiram Manzini e Vezzoli (2016):

(...) o conceito de ciclo de vida, que aqui introduzimos, refere-se às trocas (input e output) entre o ambiente e o conjunto dos processos que acompanham o ‘nascimento’, ‘vida’ e ‘morte’ de um produto (MANZINI; VEZZOLI, 2016, p. 91).

2.4. Avaliação do ciclo de vida

Atualmente, novos cenários impõem às empresas a adequação de processos, da produção e dos produtos a diferentes contextos socioculturais e políticos. Isto requer a observação de especificidades culturais em um mundo cada vez mais globalizado e a ponderação de questões ambientais, definidas como política de sociedade para uma nova orientação de desenvolvimento. Entretanto, a questão do meio ambiente é considerada de forma secundária nos processos de projeto, em relação a outros fatores tais como a funcionalidade, o tempo de vida do produto no mercado, etc. A análise ambiental é uma especialidade conduzida de forma independente ao processo de desenvolvimento de produtos, sendo atribuída a especialistas externos.

Uma das ferramentas utilizadas, principalmente na Europa, para apoiar as políticas de sustentabilidade, é a Avaliação do Ciclo de Vida de produtos, processos e serviços. A ACV é um instrumento de gestão ambiental que permite às organizações entenderem as incidências ambientais dos materiais, dos processos e dos produtos, podendo a informação obtida conduzir ao desenvolvimento de novos produtos e à detecção de melhorias a serem aplicadas, além de subsidiar a formulação de estratégias comerciais específicas (CHEHEBE, 1997).

A mais recente versão da ABNT NBR 14.001 (2015), referente ao Sistema de Gestão Ambiental define como ciclo de vida os estágios consecutivos e encadeados de um sistema de produto (ou serviço), da aquisição da matéria-prima ou de sua geração, a partir dos recursos naturais, até a disposição final. Os estágios do ciclo de vida incluem a aquisição da matéria-

prima, projeto, produção, transporte/entrega, uso, tratamento pós-uso e disposição final (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015, p.8).

Um dos objetivos de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) é prover a alta direção da empresa com dados importantes para o seu sucesso a médio e longo prazo, criando alternativas mais sustentáveis por meio da perspectiva de ciclo de vida. O conceito é utilizado também na delimitação do escopo, identificação de aspectos e impactos ambientais, planejamento e controle operacional, e tem sido o principal motor da busca por informações padronizadas, para melhor conhecer os impactos ambientais associados a todo o ciclo de vida de produtos e serviços, subsidiando a tomada de decisões.

Segundo definição utilizada pelo Instituto Nacional de Metodologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), o ciclo de vida é o conjunto de todas as etapas necessárias para que um produto cumpra sua função na cadeia de produtividade, desde a extração e processamento da matéria-prima até o descarte final, passando pelas fases de transformação, produção, transporte, distribuição, uso, reuso, manutenção e reciclagem. O mesmo INMETRO aprovou, por meio da Resolução 04, de 15 de dezembro de 2010¹⁸, o “Programa Brasileiro de Avaliação do Ciclo de Vida” (PBACV), tendo por objetivos:

- (a) implantar no País um sistema reconhecido em âmbito internacional, capaz de organizar, armazenar e disseminar informações padronizadas sobre inventários do Ciclo de Vida da produção industrial brasileira;
- (b) disponibilizar e disseminar a metodologia de elaboração de inventários brasileiros;
- (c) elaborar os inventários base da indústria brasileira;
- (d) apoiar o desenvolvimento de massa crítica em ACV;
- (e) disseminar e apoiar mecanismos de disseminação de informações sobre o pensamento do ciclo de vida;
- (f) intervir e influenciar nos trabalhos de normalização internacional e nacional afetos ao tema;
- (g) identificar as principais categorias de impactos ambientais para o Brasil, considerando que informações reunidas pelos estudos de Avaliação do Ciclo de Vida - ACV constituem importantes instrumentos de avaliação quantitativa de efeitos ambientais oriundos de toda a cadeia produtiva, das ações operacionais que são executadas, facilitando a definição de estratégias para as mesmas. (PBACV, 2010)

¹⁸ Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/resc/pdf/RESC000236.pdf>> Acesso em: 06 nov. 2019.

A ACV é uma ferramenta que possibilita realizar um diagnóstico do impacto ambiental causado durante toda a jornada de um artefato industrializado. Por meio dela é possível identificar as etapas mais críticas e adequar as atividades, comparando alternativas de acordo com o nível de impacto ambiental, nas diferentes etapas do desenvolvimento de produto, processos e serviços.

Couto ponderou que a ACV permite:

- O gerenciamento e a preservação dos recursos naturais;
 - A identificação dos pontos críticos de um determinado processo/produto;
 - Otimização dos sistemas de produtos;
 - Desenvolvimento de novos serviços e produtos;
 - Otimização de sistemas de reciclagem mecânica e/ou energética;
 - Definição de parâmetros para atribuição de rótulo ambiental.
- (COUTO, 2007, p. 20),

De acordo com a ABNT NBR ISO 14040:2014 também referente à Gestão Ambiental, a ACV enfoca os aspectos ambientais e os impactos ambientais potenciais, ao longo de todo ciclo de vida de um produto, subsidiando:

- (a) a identificação de oportunidades para a melhoria do desempenho ambiental de produtos em diversos pontos de seus ciclos de vida;
- (b) o nível de informação dos tomadores de decisão na indústria e nas organizações governamentais ou não-governamentais (visando, por exemplo, ao planejamento estratégico, à definição de prioridades ou ao projeto ou reprojeito de produtos ou processos);
- (c) a seleção de indicadores de desempenho ambiental relevantes, incluindo técnicas de medição;
- (d) o marketing (por exemplo, na implementação de um esquema de rotulagem ambiental, na apresentação de uma reivindicação ambiental ou na elaboração de uma declaração ambiental de produto. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.5)

Com base em uma perspectiva sistemática, a transferência de cargas ambientais potenciais entre estágios do ciclo de vida ou entre processos individuais pode ser identificada e possivelmente evitada. Dessa forma, configura-se em uma poderosa ferramenta de pensamento sistêmico de apoio à tomada e decisões, na medida em que gera informações, avalia impactos e permite a comparação de desempenhos das alternativas associadas. Segundo a norma retro citada a ACV trata da:

(...) compilação de avaliação das entradas, saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida e os estágios consecutivos e interligados de um sistema de produção, desde a aquisição de matéria-prima ou geração de recursos naturais até a disposição final. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.8).

Este princípio-chave da ACV busca visualizar o processo de produção como um todo, avaliando consequências negativas para o meio-ambiente e à saúde humana, associadas a produtos, serviços, processos ou materiais, minimizando o uso de itens tóxicos, reduzindo o consumo de água e energia, diminuindo a geração de resíduos e os custos dentro do processo, avaliando a utilização de máquinas e equipamentos, e ainda gerenciando outras atividades ambientais referentes ao processo industrial, entre outros fatores, reunindo um conjunto de informações sobre a quantidade de energia e materiais, fundamentais para decisões de projetos e processos, utilizados ao longo de toda a cadeia do produtos ou serviços.

2.4.1. Subsídios para tomada de decisão

Os dados de um estudo de ACV em conjunto com dados de custos e performance, podem auxiliar os responsáveis pelas tomadas de decisões, na seleção de materiais ou processos que resultem em menores impactos para o ambiente.

De acordo com a normatização da série ISO 14040 de Gestão ambiental referenciada, por meio de um estudo ACV, é possível:

- Desenvolver uma sistemática avaliação das consequências ambientais associadas com um dado produto, analisando os balanços (ganhos/perdas) ambientais associados com um ou mais produtos/processos específicos;
- Quantificar as descargas ambientais para o ar, água, e solo relativamente a cada estágio do ciclo de vida e/ou processos que mais contribuem, assistindo na identificação de significantes trocas de impactos ambientais entre estágios de ciclo de vida e o meio ambiental;
- Avaliar os efeitos humanos e ecológicos do consumo de materiais e descargas ambientais para a comunidade local, região e o mundo, comparando os impactos ecológicos e na saúde humana entre dois ou mais produtos/processos rivais ou identificar os impactos de um produto ou processo específico. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.9)

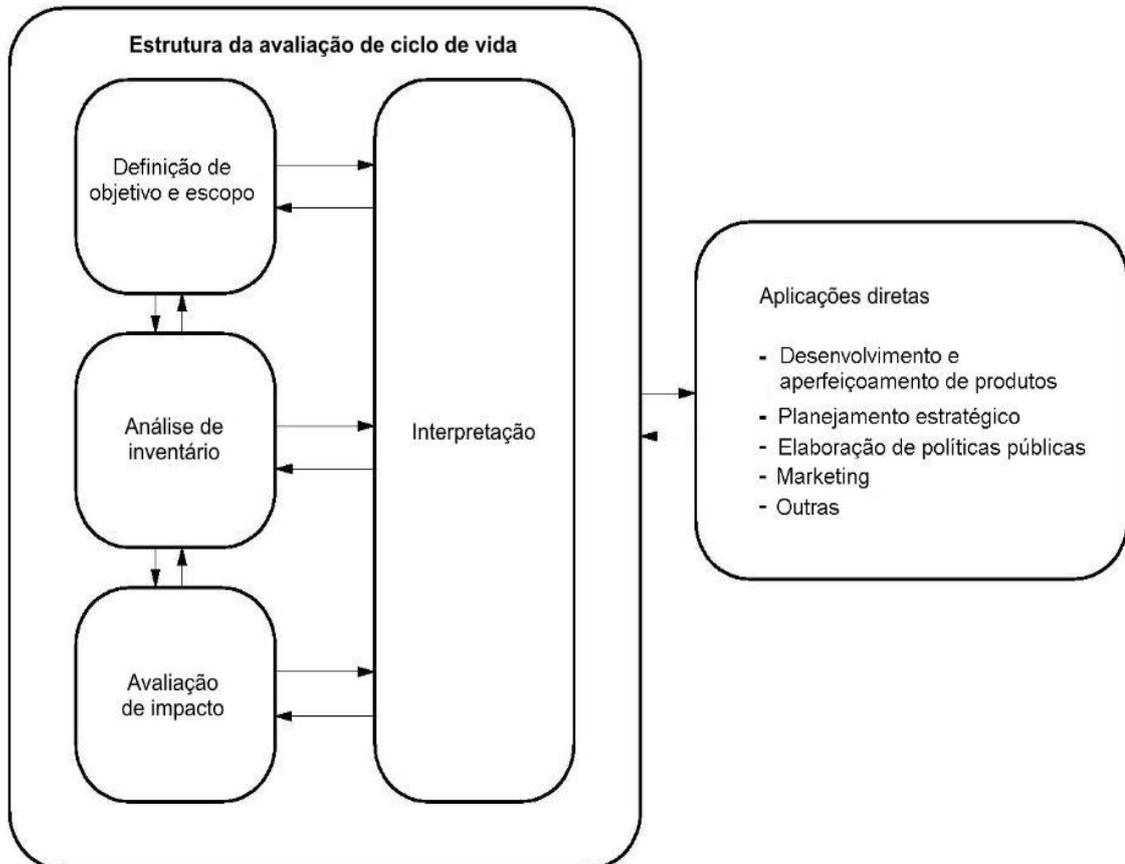
Os diversos estágios do ciclo de vida, os processos e fluxos correlatos são abordados na avaliação, tais como:

- Aquisição de matéria-prima;
 - Entradas e saídas cadeia principal de manufatura/processamento;
 - Distribuição e transporte;
 - Produção e uso de combustíveis, eletricidade e calor;
 - Emissões atmosféricas, descargas para água e solo;
 - Uso e manutenção de produtos;
 - Disposição final de resíduos de processos e de produtos;
 - Recuperação de produtos usados (reuso, reciclagem e recuperação energética);
 - Manufatura de materiais auxiliares;
 - Manufatura, manutenção e descomissionamento de equipamentos;
- Operações adicionais, como iluminação e aquecimento. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.9)

O processo da ACV, inclui quatro fases distintas: (I) definição de objetivo e escopo, (II) análise de inventário, (III) avaliação de impactos e (IV) interpretação de resultados, conforme

Figura 07:

Figura 07 – Fases de um ACV.



Fonte: (ABNT NBR ISO 14040:2014 p.8)

Na primeira fase é o momento em que se determina como o estudo de ACV será conduzido, se define o propósito do estudo e sua dimensão.

Na fase do **inventário do ciclo de vida** (ICV), é realizada a coleta de dados e o procedimento de cálculo para que sejam quantificadas as entradas e saídas que irão construir a base de dados para a avaliação do impacto do ciclo de vida. A ISO 14044:2009 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009) apresenta uma sequência de procedimentos para a análise do inventário que deve incluir principalmente: preparação para a coleta, validação e agregação dos dados.

A terceira fase corresponde à **avaliação do impacto do ciclo de vida** (AICV), que utiliza os resultados da análise do inventário para avaliar a significância dos impactos ambientais potenciais. Segundo Luz (2011): “neste momento da ACV a escolha dos impactos avaliados e das metodologias utilizadas bem como o nível de detalhes é diretamente relacionado ao objetivo e escopo do estudo” (LUZ, 2011, p.17).

A **interpretação**, a etapa final da ACV, visa alcançar conclusões e recomendações. São identificados os pontos críticos do ciclo de vida, sendo obtidos diversos indicadores quanto aos impactos gerados pelas entradas e saídas do sistema analisado. Os indicadores são divididos em seis grupos principais: consumo de energia; consumo de recursos naturais; uso do solo; emissões para o ar; emissões para a água e resíduos sólidos gerados.

No momento em que se usam estes indicadores para a fase final do ACV, tem-se a possibilidade do uso de outras ferramentas para a correta destinação ou retorno dos resíduos ao ciclo produtivo. Neste caso, a Logística Reversa (LR) figura como crucial ao ser utilizada em conjunto com a ACV, materializando a possibilidade de redução dos impactos apontados no final do ciclo de vida, na medida em que pode permitir a recaptura de valor aos resíduos, conforme detalhado a seguir.

2.5. Logística Reversa

As corporações estão sendo cada vez mais pressionadas pela sociedade para assumirem responsabilidades perante as externalidades negativas causadas ao meio socioambiental. Tais pressões derivam de legislações e na influência exercida pelos diferentes stakeholders na adoção de políticas de responsabilidade e desenvolvimento sustentável. Por um lado, a Logística Reversa vem marcando presença nas agendas empresariais a partir da Lei de Resíduos Sólidos 12.305, de 2 de agosto de 2010 (Brasil, 2010), conduzindo as empresas a investirem em alternativas para retorno de produtos e componentes de pós-consumo, seja redesenhando o fluxo do processo para a integração de sua cadeia de suprimentos e comercialização, ou através da substituição dos materiais utilizados nos processos produtivos. Por outro lado, o movimento crescente pelo discurso do consumo sustentável tem se destacado, principalmente pela atuação do Terceiro Setor, que segue cobrando empresas e governos para adoção de medidas mais efetivas de estímulo à redução, reutilização e reciclagem de bens de consumo.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2019)¹⁹, a Logística Reversa (LR) configura-se no processo de agregação de valor ao planejar, implementar e controlar o fluxo de materiais, estoque em processo, produtos acabados e informações relacionadas, do ponto de consumo ao ponto de origem, para fins de recaptura de valor ou disposição. Mais precisamente, configura-se no processo de mover bens de seu destino final típico. É considerada um dos instrumentos para aplicação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, instituída pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, 2010)²⁰.

Todo produto industrializado, ao longo do seu ciclo de vida, provoca algum tipo de impacto ambiental. A produção de bens de consumo é a base de uma economia linear que

¹⁹ Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-perigosos/logistica-reversa>> Acesso em: 06 nov. 2019.

²⁰ A Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020, Marco legal do saneamento básico, alterou os prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

propõe a utilização crescente de produtos descartáveis, conforme abordado anteriormente. O resultado imediato dessa prática é a geração de grandes quantidades de resíduos, característica marcante de nossa sociedade. Assim, tornam-se imprescindíveis reflexões que integrem a atuação das práticas de LR e design de produtos, com foco na promoção de um desempenho mais eficiente no contexto do desenvolvimento sustentável. A ideia central passa a ser, além de aproveitar os resíduos, desenvolver a cadeia de suprimentos reversa, de forma competitiva e sustentável, em termos ambientais e econômicos.

O processo de logística empresarial atrelado à coordenação sistemática de todos os aspectos envolvidos na produção da empresa (da aquisição de matéria-prima ao consumo pelo cliente final, incluindo a administração dos recursos financeiros e insumos, planejamento da estocagem, transporte, distribuição, fornecimento de materiais, entre outras etapas), assumiu uma nova dimensão no cenário do Desenvolvimento Sustentável. O fluxo logístico tradicional passou a incorporar uma nova etapa que se materializa no processo de pós-consumo, caracterizada pelo fluxo reverso de componentes ou produtos que seriam descartados, agregando valor à cadeia produtiva e trazendo benefícios econômicos, ambientais, logísticos, sociais e de imagem corporativa. Autores como Rogers e Tibben-Lembke (1999), Leite (2002, 2009), Kruglianskas, Aligleri e Aligleri (2009) dentre outros, apontam para a LR como aquela capaz de recapturar o valor (ao ciclo de negócios ou ciclo produtivo de origem, ou ainda a outro que possa absorvê-lo) ou proporcionar disposição adequada para os produtos pós-consumo.

No início dos anos 1980, a LR apresentava como definição o movimento reverso de bens, do consumidor para o produtor, por meio de um canal de distribuição, ou seja, seu escopo era limitado a esse movimento que faz com que os produtos e informações sigam na direção oposta às atividades logísticas diretas normais. Entretanto, já nos anos 1990, autores como Stock (1992) introduziram novas abordagens, como a redução do uso de recursos na produção de bens, reciclagem, ações para substituição e reutilização de materiais, reaproveitamento de

resíduos, reparação e remanufatura de produtos. A evolução desses conceitos ampliou sua definição, tal como proposto por Leite:

(...) uma nova área da logística empresarial, preocupada em equacionar a multiplicidade de aspectos logísticos do retorno ao ciclo produtivo dos diferentes tipos de bens industriais, dos materiais constituintes dos mesmos e dos resíduos industriais, por meio da reutilização controlada do bem e de seus componentes ou da reciclagem dos materiais constituintes, dando origem a matérias-primas secundárias que se reintegram ao processo produtivo. (LEITE, 2000, p.56)

Para Daher et al (2004), a LR em seu sentido mais amplo, representa toda operação relacionada com a reutilização de produtos e materiais. Refere-se, assim, a todas as atividades logísticas de coleta, desmonte e processamento de produtos e/ou materiais e peças usadas, a fim de assegurar uma recuperação sustentável. Na atualidade, configura-se como um processo que ajuda a evitar ou reduzir os impactos ambientais. Os autores Barbieri e Dias (2002) a definem como um instrumento de incentivo ao consumo sustentável. E este por sua vez, está diretamente relacionado a influência das legislações sobre os geradores de resíduos, na medida em que os fabricantes se tornam responsáveis por seus produtos e também pelos resíduos que são gerados por esses produtos durante todo seu ciclo de vida (DAHER; SILVA E FONSECA, 2003).

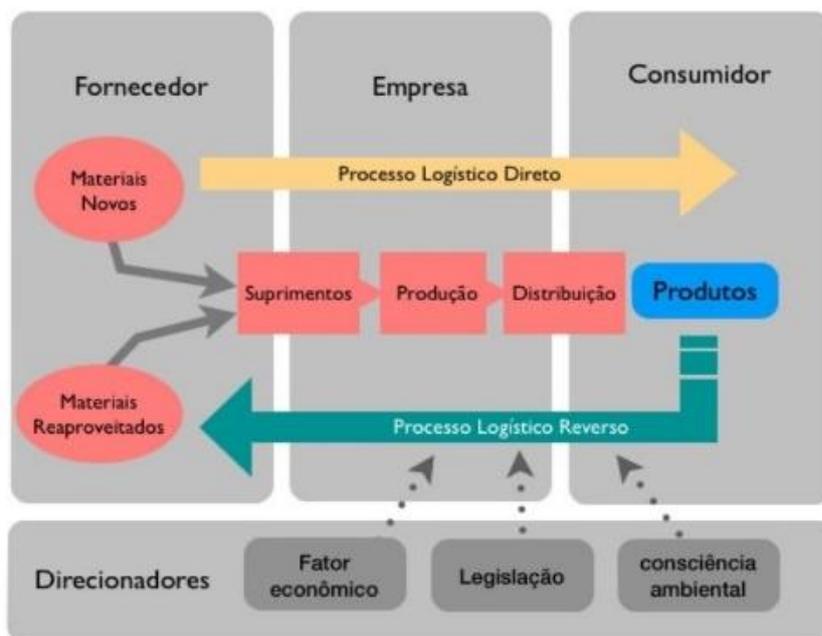
Atualmente, o “*Council of Supply Chain Management*” CSCMP²¹ (Conselho de Gestão da Cadeia de Suprimento) define a LR como:

O processo de planejamento, implementação e controle da eficiência e custo efetivo do fluxo de matérias-primas, estoques em processo, produtos acabados e as informações correspondentes do ponto de consumo para o ponto de origem com o propósito de recapturar o valor ou destinar à apropriada disposição (CSCMP, 2019).

Contrapondo a logística reversa, a logística direta configura o movimento de materiais e produtos do ponto de origem ao ponto de consumo. A Figura 08 apresenta a relação entre os modelos logísticos:

²¹ Disponível em: < <https://cscmp.org/> > Acesso em: 06 nov. 2019.

Figura 08: Relação entre logística direta e reversa.

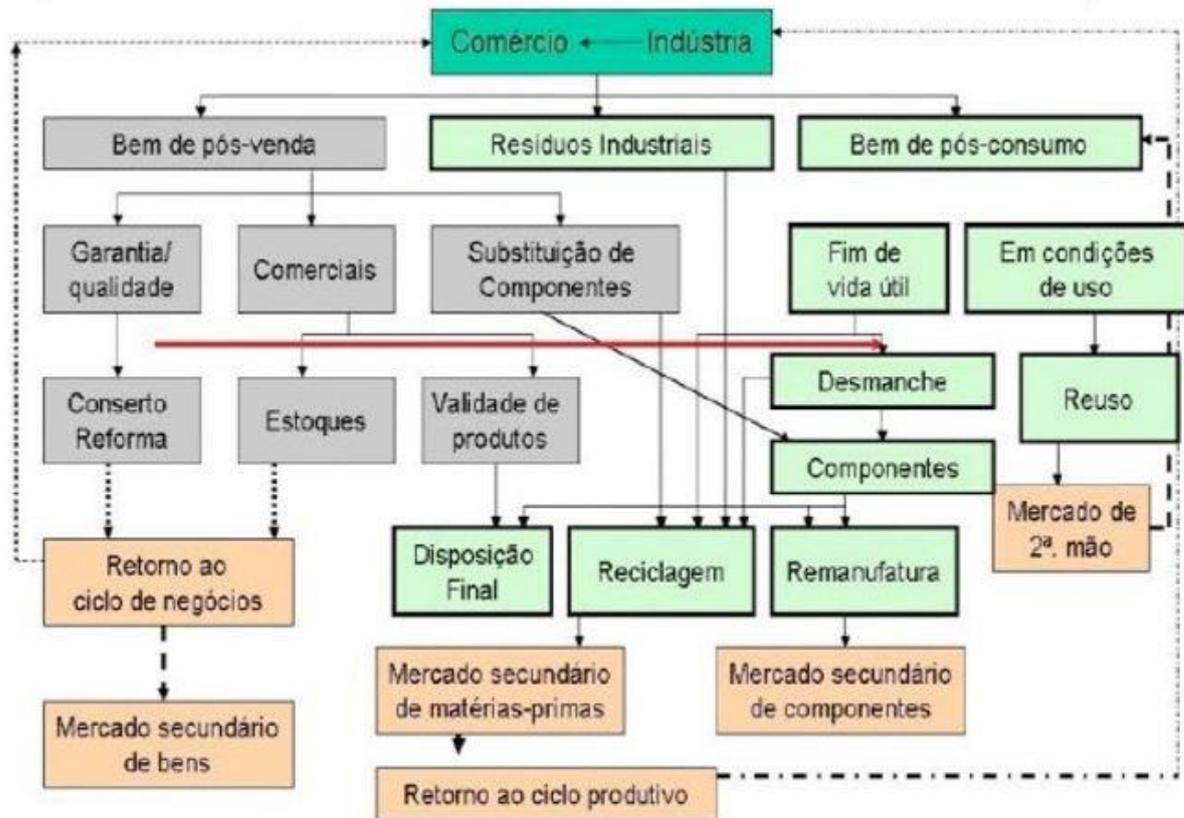


Fonte: (CÔRREA, 2013)

Nas atividades relacionadas à classificação de “fim de vida útil”, a LR atua em duas áreas: bens duráveis, semiduráveis e descartáveis. Na área de atuação de bens duráveis, estes entram no canal reverso de desmontagem e reciclagem industrial, sendo desmontados na área de desmanche, seus componentes podem ser aproveitados ou remanufaturados, retornando ao mercado secundário ou à própria indústria que o reutilizará, sendo uma parcela destinada ao canal reverso de reciclagem.

No caso de bens de consumo descartáveis, havendo condições logísticas, tecnológicas e econômicas, os produtos são retornados por meio do canal reverso de “reciclagem industrial”, no qual os materiais constituintes são reaproveitados e se constituirão em matérias-primas secundárias, que retornam ao ciclo produtivo pelo mercado correspondente. Ou ainda, no caso de não haver as condições acima mencionadas, serão encaminhados ao seu ‘destino final’ os aterros sanitários, ou fornos de incineração com recuperação energética, conforme Figura 09:

Figura 09 – Foco de atuação da Logística Reversa.



Fonte: Adaptado de (LEITE, 2009)

Por tratar-se de uma atividade que agrega custo às operações, a LR tende a ser aperfeiçoada pelas empresas. De acordo com Daga (2003), um sistema eficiente pode vir a transformar um processo de retorno altamente custoso e complexo em uma vantagem competitiva (DAGA, 2003, p.156). Assim, podemos observar que o processo logístico não se encerra na entrega do produto ao cliente, consumidor, ou usuário, mas até o ponto que seu valor entra em fase de declínio para seu utilizador. As atividades variam desde a simples revenda de um produto até processos complexos que abrangem etapas como: coleta, inspeção, separação, culminando na remanufatura ou reciclagem. Envolve todas as operações relacionadas à reutilização de produtos e materiais, na busca de uma recuperação sustentável.

Seu objetivo principal é o de atender aos princípios de sustentabilidade ambiental como o da produção limpa, em que a responsabilidade é do “início ao fim”, ou seja, quem produz

deve responsabilizar-se também pelo destino final dos produtos gerados. Assim, as empresas organizam canais reversos, seja para conserto ou após o seu ciclo de utilização, para planejamento da melhor destinação, seja por reparo, reutilização ou reciclagem, reduzindo as pressões e demandas por recursos naturais.

As mercadorias retornadas podem oferecer oportunidades para recuperação do valor, bem como economia de custos em potencial. Certamente o objetivo estratégico econômico, ou de agregação de valor monetário é o mais evidente nas empresas e varia entre os setores e segmentos de negócios, tendo sempre como fator dominante a competitividade. Segundo Chaves e Martins (2007), sistemas eficientes de LR tem grande potencial econômico, que no momento não tem sido explorado como deveria.

Segundo Gontijo e Dias (2010): “(...) a logística reversa é desenvolvida de acordo com as características e a possibilidades de formação ou inserção em uma cadeia de suprimentos, de forma competitiva” (CONTIJO; DIAS, 2010, p.23). Essa afirmação enfoca que a LR não pode se limitar a remediar o impacto ambiental causado, tendo que ser sustentável e competitiva. Para os autores: “(...) o desenvolvimento do canal reverso também estará condicionado às características do projeto do produto, de como ele foi planejado no seu pós-consumo, por que um canal reverso é constituído de processos”. Ou seja, o material que será gerado no pós-consumo pode definir e viabilizar o canal reverso. Conclui-se que o planejamento do que será gerado no pós-consumo é uma parte que cabe ao processo de design do produto.

A aproximação entre o design e a LR se dá nesse ponto, quando se propõe avaliar o ciclo de vida do produto e de seu resíduo pós-consumo. Nessa avaliação, cabe ao designer investigar os processos pelos quais os resíduos gerados vão passar. O designer planeja como vai ser o produto e conseqüentemente os resíduos que serão gerados ao final do ciclo de vida, antecipando seu reaproveitamento, capturando o valor de materiais e artefatos – ou até melhorando o desempenho desse reaproveitamento no fluxo reverso.

O designer deve projetar imbuído da consciência da reutilização, recuperação e reciclagem, reduzindo a quantidade de materiais utilizados, minimizando desperdícios, facilitando o conserto, a manutenção e o aperfeiçoamento do produto. Essa aproximação é interessante para minimizar as dificuldades de efetivação de políticas de LR com produtos que não foram projetados integrando aspectos e possibilidades de recuperação de valor. As principais dificuldades com tais produtos estão relacionadas a falta de padronização, identificação, mistura de materiais, contaminação de resíduos que impossibilitam seu reaproveitamento ou outras dificuldades em se formar quantidades homogêneas, que permitam a re inserção em alguma cadeia de suprimento. Isso muitas vezes encarece as operações de coleta e separação, inviabilizando a estruturação do canal reverso.

A revalorização legal dos resíduos de pós-consumo, operacionalizada pela LR, resolve o problema da destinação dos resíduos garantindo o seu retorno ao ciclo produtivo, e de negócios, ao mesmo tempo, obedece às legislações vigentes, além de considerar a obtenção de competitividade através da otimização dos recursos naturais, transformando resíduos em matéria-prima. Não se trata de procurar uma destinação com menor impacto ambiental, mas de planejar a sua destinação no futuro. Essa destinação pode ter várias opções de canal reverso, o que vai depender do estabelecimento de um negócio sustentável com esses resíduos, constituindo os alicerces que viabilizam uma gestão eficiente, baseada nas premissas estabelecidas na Política Nacional de Resíduos Sólidos.

2.5.1. Política Nacional de Resíduos Sólidos

Desde o ano de 2010 o Brasil possui uma política nacional voltada para o gerenciamento de resíduos sólidos – Lei nº 12.305/10²². A PNRS foi um marco no setor por tratar de todos os

²² Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm> Acesso em: 06 nov. 2019.

resíduos sólidos (materiais que podem ser reciclados ou reaproveitados), sejam eles domésticos, industriais, eletroeletrônicos, entre outros, e também por tratar a respeito de rejeitos (itens que não podem ser reaproveitados), incentivando o descarte correto de forma compartilhada ao integrar poder público, iniciativa privada e sociedade.

A lei traça metas e cria instrumentos para atender questões básicas como a erradicação dos lixões e a criação de planos municipais, estaduais e nacional de gerenciamento (integrado) de resíduos sólidos e ações de incentivo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços. Com relação ao setor industrial, a PNRS institui a responsabilidade compartilhada dos geradores de resíduos, Cap. 3. Seção II. Art. 30º:

É instituída a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, a ser implementada de forma individualizada e encadeada, abrangendo os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, os consumidores e os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos. (BRASIL, 2010)

Neste sentido a lei define uma hierarquia de prioridade para o gerenciamento de resíduos, como previsto no art. 9º:

Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: ações preventivas (não geração, redução, reutilização), e corretivas (reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos), trabalhando sob a ótica da cadeia de suprimentos integrada (fabricante, fornecedor, distribuidor, consumidor). (BRASIL, 2010)

O art. 31 da respectiva lei enfatiza ainda que os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes têm a responsabilidade de investir no desenvolvimento, na fabricação e na comercialização de produtos que sejam aptos, após o uso pelo consumidor, à reutilização, à reciclagem ou a outra forma de destinação ambientalmente adequada e que cuja fabricação e uso gerem a menor quantidade de resíduos sólidos possível. Não obstante, institui instrumentos econômicos e medidas, a serem adotadas pelo poder público para induzir o desenvolvimento de produtos com menores impactos à saúde humana e à qualidade ambiental em seu ciclo de vida, evidenciando o design como elemento estratégico para viabilização da recaptura de valor de resíduos.

A PNRS define **Princípios** (prevenção, eco eficiência, ciclo de vida dos produtos), **Objetivos** (padrões sustentáveis de produção, desenvolvimento e emprego de tecnologias limpas, uso de matérias-primas derivadas de reciclados) e **Instrumentos** (novos produtos, processos e tecnologias, educação ambiental e incentivos). Observa-se, nesse contexto, que o melhor caminho para adequação passa a ser a compreensão das alternativas para tomada de decisão que alie condições técnicas, econômicas e socioambientais. Tarefa extremamente dependente de informação, que – pensando no ciclo de vida de um produto – envolve etapas como a obtenção das matérias-primas, passando pelo design, produção, distribuição, uso, manutenção até o fim de vida, pós-consumo.

A PNRS em seu capítulo II, artigo 3º, estabelece dezenove alíneas que dispõem sobre ampla temática relacionada ao design – aí incluindo, desde as etapas de projeto, consumo, descarte e pós-consumo que necessitam ser consideradas à luz da vasta literatura, pesquisa, práticas e experiências nacionais e internacionais no campo do design para a sustentabilidade; além de aspectos socioambientais, culturais e comportamentais a ele relacionados, considerando a possibilidade de geração de valor para as organizações em diversos níveis.

O desenvolvimento sustentável, o estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços e a noção de visão sistêmica, procuram reposicionar as empresas ao considerar o design como diretriz, coordenando a estrutura do processo de inovação e a gestão do projeto de diferenciação de produtos e serviços. Tornou-se irreversível a ideia de privilegiar o reaproveitamento de produtos e materiais, organizando as diversas formas de retorno aos ciclos produtivos. Tal disposição converge para a necessidade de uma visão integrada do produto, analisando seu fluxo ao longo das cadeias diretas e reversas, da sua criação na fase de projeto até o seu retorno aos mercados.

Não obstante, observa-se que os problemas persistem após uma década. Pelo texto da PNRS, por exemplo, todos os lixões deveriam ser fechados até 2014 e isso não aconteceu. A

maioria das cidades mantém depósitos de lixo sem qualquer tratamento. O novo Marco Legal do Saneamento, Lei nº 14.026, sancionada em 15 julho de 2020 (BRASIL, 2020), prorrogou os prazos da PNRS para que as cidades encerrem os lixões a céu aberto. Em 2021 termina o prazo das Capitais e Regiões metropolitanas; 2022 Municípios com mais de 100 mil habitantes; 2023 Municípios entre 50 mil e 100 mil habitantes e 2024 Municípios com menos de 50 mil habitantes.

Como já abordado, a LR é a forma recomendada para se trabalhar os resíduos gerados, trazendo benefícios como diminuição da poluição do solo, água e ar, melhorias na qualidade de limpeza da cidade e da qualidade de vida da população, trazendo ainda o benefício da utilização de matérias-primas secundárias, provenientes de processos de reciclagem como insumo na produção de novos bens de consumo. E é exatamente o pensamento de recuperação de valor, por meio de processos de revenda, reuso, e redistribuição, reparo, reforma, remanufatura e restauração que alicerçam o conceito de Economia Circular.

2.6. Economia Circular

A economia mundial tem sido construída com base em um modelo linear de negócios, amparado nas ações de extrair, transformar, produzir, utilizar e descartar (BRAUNGART et al., 2003; FISKEL, 2009; ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2012). Este modelo, embora fundamental para o crescimento econômico das sociedades, apresenta-se cada vez mais fragilizado, devido à disponibilidade limitada de recursos naturais, conforme já evidenciado. A abordagem vigente da sustentabilidade resume-se a minimizar impactos ambientais negativos, reduzir pegadas ecológicas, neutralizar emissões de carbono e aumentar a eficiência na aplicação dos recursos, ou seja, continuar a fazer as coisas do mesmo modo, porém com menos

intensidade, sem mudar o viés, apenas transferindo os problemas para o futuro (WBCSD, 2000; DYLLICK E HOCKERTS, 2002).

O princípio central é a redução, mas mantém-se o fluxo linear do consumo de recursos – mantém-se uma abordagem do tipo do berço ao túmulo (*Cradle-to-Grave*). A atuação tem se limitado a sistemas e abordagens existentes com o intuito de torná-los menos destrutivos, permitindo somente desacelerar o esgotamento dos recursos naturais (BRAUNGART & MCDONOUGH, 2002; BRAUNGART, MCDONOUGH e BOLLINGER, 2007).

Entretanto, as questões do meio ambiente requerem a execução de inovação radical nos negócios (DYLLICK, HOCKERTS, 2002). A Economia Circular (EC) tem sido apresentada como importante mudança para as empresas, pois as obriga a repensar além das suas pegadas ecológicas (a forma como vivemos deixa marcas no meio ambiente), consumo de recursos e eficiência energética. É um modelo que permite repensar as práticas econômicas da sociedade atual e que se inspira no funcionamento da própria natureza (Biomimética)²³. É indissociável da inovação, do design e respectivos sistemas. Inclui-se num quadro de desenvolvimento sustentável baseado no princípio de “fechar o ciclo de vida” dos produtos, permitindo a redução no consumo de matérias-primas e recursos energéticos. Os produtos e materiais passam a ser desenvolvidos para que voltem à cadeia de produção, isto é, os produtos na sua concepção, devem ser planejados para, após o seu ciclo de vida, tornarem-se facilmente divisíveis, facilitando a sua triagem e maximizando as possibilidades de reutilização e reciclagem.

O modelo linear de produção adotado desde a revolução industrial obedece a um fluxo no qual a matéria-prima entra na produção, é transformada, vendida, consumida e descartada. O produto, após ter cumprido sua função primária, não retorna para a cadeia produtiva de nenhuma forma. Isso favorece, principalmente, a extração contínua de recursos naturais e

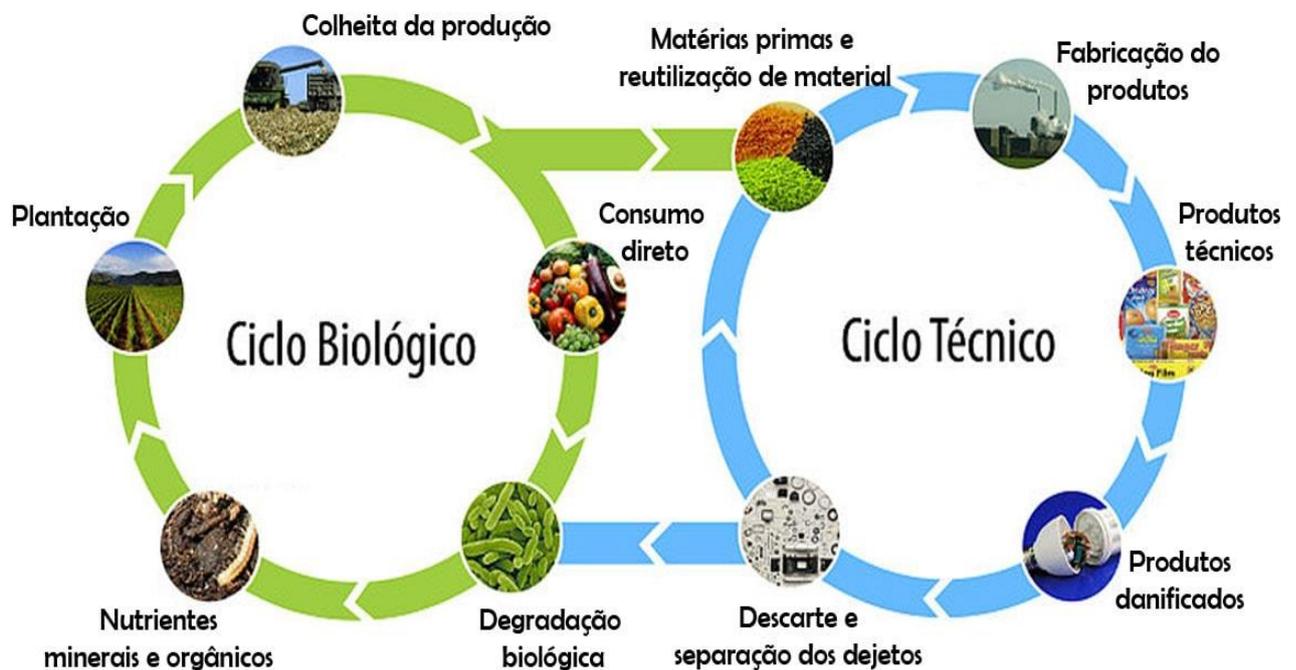
²³ A Biomimética propõe utilizar a natureza como mentora, medida e modelo para inovar em projetos, serviços, produtos, processos e sistemas. Através da Biomimética, temos metodologia ferramentas adequadas ao desenvolvimento dos projetos e à inovação social. Fonte: < <http://www.itmanagement.com.br/2017/biomimetica-natureza-tecnologia/>> Consulta em: 13 nov. 2019.

acúmulo de produtos em lixões. Esse sistema linear é insustentável para o desenvolvimento da humanidade, como já explicitado anteriormente. (FUNDAÇÃO ELLEN MACARTHUR, 2019; JAWAHIR; BRADLEY, 2016).

Diante desse contexto, a EC se apresenta como solução para muitos problemas, considerando que o produto/serviço é pensado desde a sua concepção para ser ambientalmente e socialmente qualificado ao longo de todo o seu ciclo de vida, agregando valor econômico para o mesmo (FUNDAÇÃO ELLEN MACARTHUR, 2014). A EC oferece diversos mecanismos de criação de valor dissociados do consumo de recursos finitos. Em uma EC verdadeira, o consumo só ocorre em ciclos biológicos. Afora isso, o uso substitui o consumo. Os recursos se regeneram no ciclo biológico ou são recuperados e restaurados no ciclo técnico. No ciclo biológico, os processos naturais da vida regeneram materiais, através da intervenção humana ou sem ela. No ciclo técnico, desde que haja energia suficiente, a intervenção humana recupera materiais e recria a ordem em um tempo determinado. Pode-se observar que o modelo procura imitar a natureza, na qual todo resíduo é transformado e utilizado de uma nova maneira.

Projetar o ciclo biológico (biosfera) neste conceito significa buscar segurança e qualidade tanto para o consumidor quanto para a natureza. Portanto, é necessário que a indústria interessada em uma produção bioefetiva invista em pesquisas voltadas à degradação de seus materiais, garantindo maior ciclo de vida para estes. De maneira similar, o ciclo técnico (tecnosfera) deve ser projetado impedindo a geração de resíduos. Os bens de serviço são projetados para reutilização. Assim, os produtos são construídos de maneira a favorecer sua desmontagem e sua futura reutilização na linha de produção. O desafio encontrado é não deixar o produto parado com o consumidor final. É necessário planejamento integrado entre o chão de fábrica, logística e centros de recuperação de produtos, conforme Figura 10:

Figura 10 – Ciclo biológico e ciclo técnico.



Fonte: Adaptado de (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2019)

A manutenção ou o aumento do capital têm características diferentes nos dois ciclos. A EC busca reconstruir capital, seja ele financeiro, manufaturado, humano, social ou natural. Isto garante fluxos aprimorados de bens e serviços. Cabe destacar que o enfoque está na perpetuidade dos recursos, com ênfase aos menores ciclos. O papel do design é fundamental para permitir que um projeto contemple o retorno dos recursos, com menor utilização de energia e com maior continuidade possível. Só se deve introduzir a sequência de um ciclo acima quando os menores abaixo não forem mais possíveis, observando que a reciclagem deve ser o último fluxo do processo de recuperação de materiais. Tal raciocínio tem ligação com a prática dos 5R que nos levam a repensar os hábitos de consumo e descarte e a rever hábitos e estilos de vida. Pensar na real necessidade da compra de determinado produto, evitar o desperdício e praticar a coleta seletiva, adquirir produtos recicláveis ou produzidos com matéria-prima reciclada

(durável e resistente), desmistificando a ação de “jogar fora”, porque na maior parte dos casos, o “fora” não existe, conforme Figura 11:

Figura 11 – Ciclo Economia Circular.



Fonte: Adaptado de (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2019)

Suas aplicações práticas para os sistemas econômicos mais recentes e processos industriais, adquiriram uma nova dinâmica desde o fim da década de 1970, lideradas por um pequeno número de acadêmicos, líderes intelectuais e empresas. O arquiteto suíço Walter R. Stahel influenciou o desenvolvimento da área da sustentabilidade industrial, sobretudo depois de ser reconhecido em 1982 pelo seu artigo “*The Product-Life Factor*”²⁴ com a atribuição de um prêmio pelo prestigiado U.S. Mitchell Prize. Esta foi a primeira publicação na qual é referida

²⁴ Disponível em: <<http://www.product-life.org/en/major-publications/the-product-life-factor>> Acesso em: 20 nov. 2019.

a definição do circuito fechado da economia, descrevendo o impacto de uma economia fechada em termos de eficiência de recursos, prevenção de resíduos, criação de empregos e o papel da inovação, ao defender a extensão da vida útil dos bens – reutilização, reparação, renovação e reciclagem – e como eles se aplicam a economias industrializadas.

As ideias de Stahel influenciaram a dupla constituída pelo químico alemão Michael Braungart e pelo arquiteto e designer americano William McDonough, que aperfeiçoaram o conceito no livro “*Cradle-to-Cradle: Remaking the way we make things*” (BRAUNGART; MCDONOUGH 2014). Os autores detalham estratégias de alcance do modelo.

Em 2010, é criada a Ellen MacArthur Foundation, organização sem fins lucrativos que estuda e estimula a adoção da EC. Defende que o modelo substitui o conceito de fim-de-vida pela restauração, evolui para a utilização de energia renovável, elimina o uso de produtos químicos tóxicos que prejudicam a reutilização e tem como objetivo a eliminação de resíduos através do design superior de materiais, produtos, sistemas e modelos de processos e legislações (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2019).

A EC persegue a utilização racional dos recursos. Com o uso em cascata dos materiais, eles permanecem o maior tempo possível na economia. Parte da proposta de desconstrução do conceito de resíduo com a evolução de projetos e sistemas que privilegiam materiais que possam ser totalmente recuperados.

O conceito de EC tem sido aperfeiçoado e desenvolvido por correntes de pensamento distintas (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2019) que merecem destaque:

Design Regenerativo - Criado pelo arquiteto John Lyle, é uma abordagem baseada em teoria de sistemas orientada a processos para o design. O termo “regenerativo” descreve processos que restauram, renovam ou revitalizam suas próprias fontes de energia e materiais, criando sistemas sustentáveis que integram as necessidades da sociedade com a integridade da natureza.

Ecossistemas e sistemas projetados de forma regenerativa são estruturas holísticas que buscam criar sistemas absolutamente livres de resíduos. Essa escola de pensamento foi a base para a Economia Circular.

Economia de Performance - Criado pelo arquiteto Walter Stahel, o objetivo econômico da Economia de Performance é criar o maior valor de uso possível pelo maior tempo possível, a fim de fornecer o menor consumo de material por ano de serviço, consumindo o mínimo de recursos materiais e energia possível. Isso permite que a Economia de Performance seja consideravelmente mais sustentável, ou desmaterializada, do que a economia industrial atual, que é focada nos fluxos de produção e materiais relacionados como seu principal meio para criar riqueza. Creditado por ter cunhado o termo Cradle to Cradle (Berço a Berço) no final de 1970, Stahel trabalhou no desenvolvimento de uma abordagem de “ciclo fechado” para processos de produção e criou o “*Product Life Institute*”, em Genebra há mais de 25 anos.

Cradle to Cradle (Do berço ao berço) - O químico alemão e visionário, Michael Braungart, continuou a desenvolver, em conjunto com o arquiteto americano Bill McDonough, o conceito e o processo de certificação “*Cradle to Cradle*”™. Essa filosofia de projeto considera todos os materiais envolvidos nos processos industriais e comerciais para serem nutrientes, dos quais há duas principais categorias: técnicos e biológicos. O framework “*Cradle to Cradle*” é focado no design para a efetividade em termos de produtos com impacto positivo e redução dos impactos negativos da comercialização através da efetividade.

Ecologia Industrial - Ecologia industrial é o estudo dos fluxos de materiais e energia nos sistemas industriais. Concentrando-se em conexões entre operadores dentro do “ecossistema industrial”, essa abordagem visa à criação de processos de ciclo fechado nos quais os resíduos servem como insumo, eliminando assim a noção de um subproduto indesejável. A ecologia industrial adota um ponto de vista sistêmico, projetando processos de produção de acordo com

as restrições ecológicas locais, enquanto observa seu impacto global desde o início, e procura moldá-los para que funcionem o mais próximo possível dos sistemas vivos.

Biomimética - Janine Benyuys, autora de “Biomimética: Inovação Inspirada pela Natureza” (2007), define sua abordagem como uma "nova disciplina que estuda as melhores ideias da natureza e então imita esses designs e processos para solucionar os problemas humanos” (BENUYS, 2007, p.35). Estudar uma folha para inventar uma melhor célula solar é um exemplo. Ela pensa nisso como "inovação inspirada pela natureza”. A biomimética se baseia em três princípios fundamentais:

- Natureza como modelo: estudar modelos da natureza e simular essas formas, processos, sistemas e estratégias para solucionar os problemas humanos.
- Natureza como medida: usar um padrão ecológico para julgar a sustentabilidade das nossas inovações.
- Natureza como mentora: ver e valorar a natureza não com base no que nós podemos extrair do mundo natural, mas no que podemos aprender com ele.

Blue Economy - Iniciada pelo ex CEO da Ecover e empresário belga Gunter Pauli, propondo mudanças estruturais na economia, sempre com base no funcionamento dos ecossistemas, no uso inteligente dos recursos naturais e no aproveitamento dos recursos naturais de maneira racional e consciente. De acordo com o empresário, uma vez que a Blue Economy se baseia no ciclo de vida dos ecossistemas e não gasta recursos naturais em demasia, a adoção de suas propostas não provocaria um aumento no preço dos produtos.

A EC integra níveis diferenciados de atuação tanto no que tange a concepção dos produtos/serviços, como em seus processos e sistemas. Ela é restaurativa e regenerativa por princípio, e isso deve ser aplicada para todos os níveis em que atua. Sendo assim, seu objetivo é manter os produtos, componentes e materiais em circulação pelo maior tempo possível, mantendo o seu valor e a sua utilidade. Essa análise é o ponto chave da EC, e é ela que trará

competitividade econômica e avanço tecnológico para toda sociedade (BRADLEY, 2016; FUNDAÇÃO ELLEN MACARTHUR, 2019).

2.6.1. Princípios e Ações

Para melhor compreender a Economia Circular, é essencial que se compreendam seus três princípios básicos estabelecidos pela Fundação Ellen MacArthur (2019):

Princípio 1: Preservar e aprimorar o capital natural controlando estoques finitos e equilibrando os fluxos de recursos renováveis. Esse princípio está relacionado com o início do processo, ou seja, com a matéria-prima e sua extração. O capital natural deve ser valorizado através da redução de sua utilização para o mínimo necessário e aprimorá-lo estimulando fluxos de nutrientes para que ele se torne regenerativo ao final do seu ciclo. Sendo assim, todo material utilizado deve ser visto como nutriente para a próxima geração do ciclo de vida do material, componente ou produto. Além disso, a energia e os recursos utilizados devem, prioritariamente, ser oriundas de fontes renováveis (BRADLEY, 2016; FUNDAÇÃO ELLEN MACARTHUR, 2019).

Princípio 2: Otimizar o rendimento de recursos projetando produtos, componentes e materiais no mais alto nível de utilidade o tempo todo, tanto no ciclo técnico quanto no biológico. Neste princípio é mais perceptível a definição de EC. Os produtos, materiais e componentes devem ser projetados para serem compartilhados, consertados, reutilizados, remanufaturados ou reciclados. Como o objetivo é manter o máximo possível dos produtos dentro do ciclo é necessário realizar múltiplas análises de ciclos de vida de um produto, componente ou material. Para auxiliar, a integração com a metodologia 6R (reduzir, reutilizar, recuperar, redesenhar, remanufaturar e reciclar) facilita a criação do ciclo fechado (BRADLEY, 2016). Para o autor

as decisões durante o design do produto são críticas e impactam o custo do ciclo de vida inteiro do produto. A avaliação do impacto na primeira geração do produto é algo relativamente fácil, porém, a análise de múltiplas gerações, ou seja, de múltiplos ciclos de vidas necessita de ferramentas específicas.

Princípio 3: Fomentar a eficácia do sistema revelando e excluindo as externalidades negativas dos projetos, desde o princípio. Para isso, é trabalhada a exclusão dos danos que os produtos, materiais e componentes podem causar desde sua origem. O produto deve ser concebido sob a ótica da análise de ciclo de vida para que seus impactos sejam extintos ou reduzidos. (BRAUNGART; MCDONOUGH, 2014; FUNDAÇÃO ELLEN MACARTHUR, 2019).

Embora os princípios da EC atuem como diretrizes para a ação, suas características fundamentais a descrevem (FUNDAÇÃO ELLEN MACARTHUR, 2019):

Ação 01: Design sem resíduo - resíduos não existem quando os componentes biológicos e técnicos (ou 'materiais') de um produto são projetados com a intenção de permanecerem dentro de um ciclo de materiais biológicos ou técnicos, concebidos para desmontagem e ressignificação. Os materiais biológicos não são tóxicos e podem ser, simplesmente, compostados. Materiais técnicos, como polímeros, ligas e outros materiais sintéticos são projetados para serem usados novamente com o mínimo de energia e maior retenção de qualidade (ao passo que a reciclagem, como normalmente entendida, resulta numa redução da qualidade e realimenta o processo com matéria prima bruta).

Ação 02: Criar resiliência por meio da diversidade - modularidade, versatilidade e adaptabilidade são características que precisam ser priorizadas em um mundo de incertezas e em rápida evolução. Sistemas diversos com muitas conexões e escalas são mais resistentes a

choques externos do que os sistemas construídos simplesmente para a eficiência – maximizando o rendimento a partir de resultados extremos nas fragilidades.

Ação 03: Transitar para o uso de energia proveniente de fontes renováveis - Os sistemas devem operar com energia renovável - energia renovável, o que é permitido pelos reduzidos limiares dos níveis de energia exigidos por uma EC restaurativa. O sistema de produção agrícola se baseia no atual rendimento da energia solar, mas quantidades significativas de combustíveis fósseis são utilizadas em fertilizantes, máquinas, processamentos e através da cadeia de produtiva. Sistemas alimentares e agrícolas mais integrados reduziriam a necessidade de insumos à base de combustíveis fósseis e capturariam mais valor energético dos subprodutos e adubos.

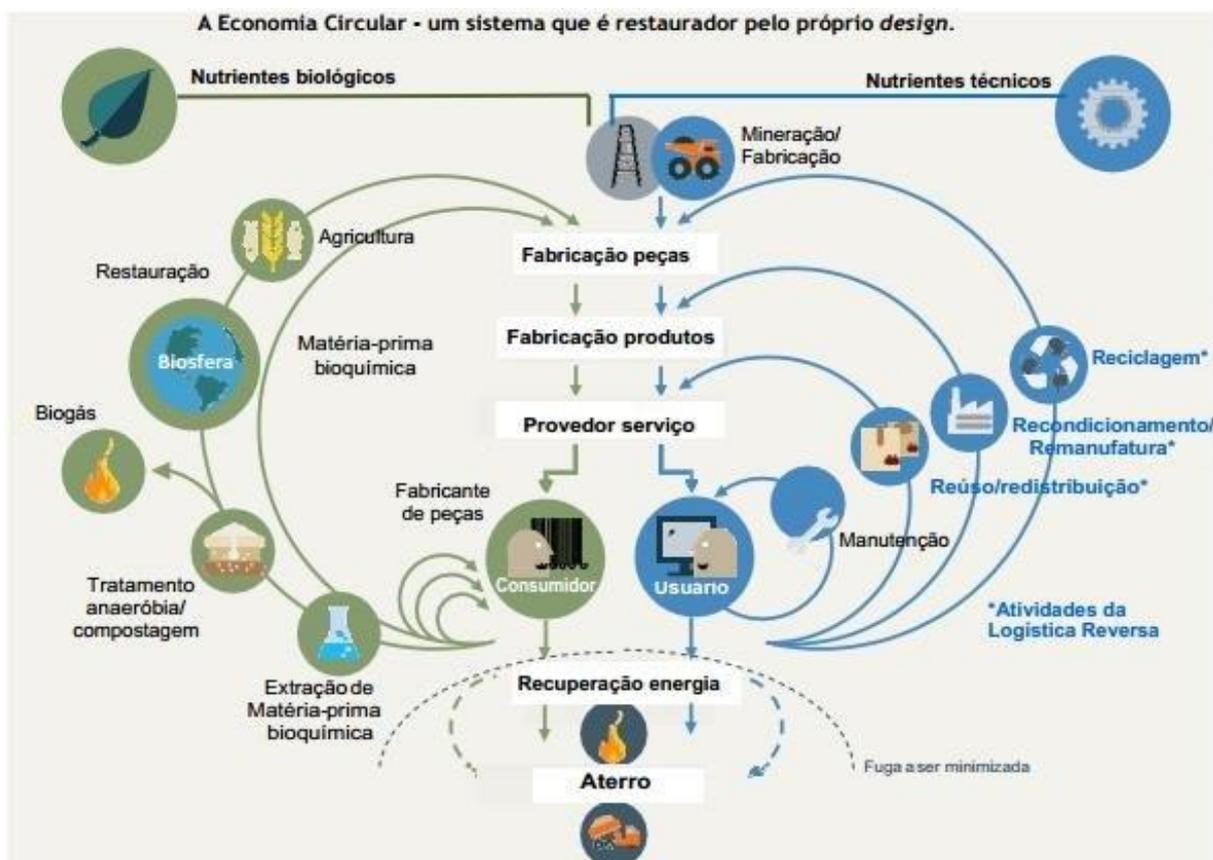
Ação 04: Pensar em sistemas - A capacidade de compreender como as partes se influenciam mutuamente dentro de um todo, e as relações do todo com as partes, é essencial. Os elementos são considerados em relação ao seu contexto ambiental e social. Embora uma máquina também seja um sistema, ela está claramente delimitada a ser determinista. O pensamento sistêmico geralmente refere-se à maioria esmagadora dos sistemas do mundo real: são não-lineares, ricos em feedback (retroalimentação), e interdependentes. Em tais sistemas, imprecisas condições de partida combinadas com feedback levam a consequências muitas vezes surpreendentes, e a resultados que frequentemente não são proporcionais à entrada (feedback 'não amortecido' ou descontrolado). Tais sistemas não podem ser geridos no sentido convencional, "linear", exigindo, pelo contrário, mais flexibilidade e frequente adaptação a mudanças das circunstâncias.

Ação 05: Pensar em cascatas - Para os materiais biológicos, a essência de criação de valor reside na possibilidade de extrair valor adicional de produtos e materiais em cascata através de outras aplicações. Na decomposição biológica, seja ela natural ou em processos de fermentação controlada, o material é desintegrado em fases por microrganismos como bactérias e fungos

que extraem energia e nutrientes dos carboidratos, gorduras e proteínas encontrados no material. Por exemplo, uma árvore indo para o forno renuncia o valor que poderia ser aproveitado através das etapas de decomposição por meio de usos sucessivos da madeira e produtos madeireiros antes da degradação e eventual incineração.

A EC busca reconstruir capital, seja ele financeiro, manufaturado, humano, social ou natural. Isto garante fluxos aprimorados de bens e serviços. O diagrama sistêmico ilustra o fluxo contínuo de materiais técnicos e biológicos através do círculo de valor, conforme Figura 12:

Figura 12 – Diagrama sistêmico da Economia Circular



Fonte: Adaptado de (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2019)

Um novo modelo de negócio que está ganhando visibilidade como um caminho atraente para viabilizar os princípios da EC é o sistema de serviço do produto. Seu princípio é o de desmaterialização dos produtos, revertendo o valor para o serviço que aquele produto presta ao

invés da sua propriedade. Com isso, se ganha pela responsabilidade que o fabricante continua tendo sobre seu produto, mesmo após ser vendido, e isso acarreta na produção de produtos com maior durabilidade e aprimoramento das tecnologias focadas na eficiência.

2.6.2. Limitações e críticas ao modelo circular

Do ponto de vista prático pode-se afirmar que o conceito de Economia Circular é de difícil implementação, ao configurar-se em uma empreitada complexa e de longo prazo. Embora possam haver razões ambientais, sociais e econômicas para o envolvimento em atividades circulares, ao mesmo tempo, muitas barreiras podem dificultar sua estruturação. Diferentes autores discutiram essas múltiplas barreiras para a viabilização da EC, internas e externas às organizações.

Para muitos teóricos a EC é uma ferramenta para promover o desenvolvimento sustentável, porém essa não é uma opinião consensual na literatura científica. Millar; McLaughlin e Börger (2019), por exemplo, criticam a EC por pouco influenciar a dimensão social do tripé do Desenvolvimento Sustentável. Da maneira como a EC é descrita e definida na literatura atual, apenas se concentra no redesign do sistema de produção e em serviços que beneficiem a biosfera, sem evidenciar aspectos relacionados à equidade social, erradicação da pobreza, dentre outras questões.

De forma mais contundente, para De Man e Friege (2016) o conceito de desperdício zero soa como uma “atraente retórica política” e citam a existência de três questões fundamentais que são por eles classificados como graves:

- a) impossibilidade de criação de uma economia livre de resíduos sob o ponto de vista da Segunda Lei da Termodinâmica, pois não é possível criar ciclos infinitos de reciclagem 100% eficientes sob a ótica do consumo energético;
- b) não se pode garantir que os nutrientes naturais possam ser introduzidos na biosfera sem causar impactos ambientais de alguma ordem;
- c) irreversibilidade de alguns processos físicos e químicos (DE MAN; FRIEGE, 2016).

Existem, de fato, barreiras de difícil transposição, de ordem cultural (organizacional e comportamental), tecnológica (operacional e informacional), institucional (legal) e econômicas (financeiras), conforme Quadro 02:

Quadro 02 – Barreiras à Economia Circular

Barreiras	Definição
Ordem cultural	A rigidez do comportamento dos consumidores e as rotinas de negócio estabelecidas, cultura hesitante das empresas, disposição limitada para colaboração em cadeias de valor, falta de conscientização e interesse, forte dependência de operações tradicionais lineares historicamente estabelecidas, conservadorismo em práticas comerciais, falta de clareza quanto às reais necessidades dos consumidores, preconceitos e aversão ao risco.
Ordem institucional	A falta de sistema legais favoráveis, regulação complexa e sobreposta, incentivos desalinhados, estrutura institucional deficiente, falta de apoio governamental e know-how de decisores políticos.
Ordem econômica	Os custos de transação e investimentos iniciais significativos, informação assimétrica, retorno incerto, baixo preço de materiais virgens, baixa quantidade de materiais de retorno de ciclo e alto valor no mercado secundário, poucos mercados secundários estruturados, falta de padronização, financiamentos limitados para negócios circulares, falta de ferramentas para medição de benefícios (a longo prazo) dos projetos.
Ordem tecnológica	A defasagem entre design e conceitos da EC, falta de suporte e treinamento, falta de capacidade de fornecimento de produtos remanufaturados de alta qualidade, projetos limitados, falta de dados, referências e melhores práticas, falta de colaboração e trabalho em rede entre parceiros, indústria focada em modelos lineares, processos de recuperação do sistema reverso complexos que variam em função dos ciclos de vida e características dos produtos, materiais e capacidade das instalações

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme mencionado, ainda não está claro se a EC pode, de fato, promover o crescimento econômico sem degradar o meio ambiente e melhorar a equidade social para esta e para as futuras gerações (MILLAR; MCLAUGHLIN; BÖRGER, 2019). Para Zink e Geyer (2017) existe o chamado “efeito rebote” da EC que tem pode ter origem na eficiência energética. Este efeito pode ser direto, quando o aumento da eficiência produtiva faz com que o consumo seja maior, ou indireto, quando a economia gerada pela eficiência energética de um produto pode incentivar o consumidor a gastar a diferença em um novo produto. Este efeito pode ser atribuído à ineficiência da sustentabilidade, na medida em que materiais reciclados (exceto metais), raramente competem com materiais virgens devido ao *downcycling*, ou seja, haverá

manutenção da fabricação de produtos com materiais virgens e os produtos com material reciclável compõem mercados alternativos.

Outra origem do efeito rebote está no crescimento da EC. O consumo de material reciclado e outros processos (reutilização, remanufatura etc.) pode gerar ao consumidor a falsa impressão que, por ser um produto circular, seu ciclo de vida está isento de impactos ambientais. Este entendimento pode levar ao aumento do consumo, reduzindo os benefícios ambientais esperados.

De Man e Friege (2016) também criticam a falta de exemplos bem-sucedidos de implantação de EC com relação a produtos complexos. Eles relatam que a maioria dos casos de sucessos são de itens de baixa complexidade e do ciclo biológico. Complementam que alguns estudos sobre produtos eletroeletrônicos mostram que não é fácil proceder a recuperação de todos os materiais presentes em um determinado produto sem gerar mais e maiores impactos ambientais.

Quanto mais complexo é um produto, mais etapas e processos são necessários para reciclá-lo. Em cada etapa desse processo, recursos e energia são gastos. Além disso, no caso dos produtos eletrônicos, o próprio processo de produção é muito mais intensivo em termos de recursos do que a extração das matérias-primas, o que significa que a reciclagem do produto final só pode recuperar uma fração do insumo. E enquanto alguns plásticos estão de fato sendo reciclados, esse processo produz apenas materiais inferiores (“downcycling”) que entram no fluxo de resíduos logo depois. Os produtos modernos são compostos por uma diversidade muito maior de (novos) materiais, que na maioria das vezes não são passíveis de decomposição e também não são facilmente recicláveis. A baixa eficiência do processo de reciclagem é, por si só, suficiente para desafiar o conceito de EC: a perda de recursos durante o processo de reciclagem sempre precisa ser compensada com a extração compensatória.

Cabe ainda ressaltar que um segmento considerável de recursos não é reciclado, nem incinerado ou despejado: eles são acumulados em edifícios, infraestrutura e bens de consumo. Enquanto continuarmos acumulando matérias-primas, o fechamento do ciclo de vida do material continua sendo uma ilusão, mesmo para materiais que são, em princípio, recicláveis. Por exemplo, os metais reciclados só podem suprir parte da demanda anual por novos metais, mesmo que o metal tenha capacidade de reciclagem relativamente alta. Ainda utilizamos mais matérias-primas no sistema do que as que podem ser disponibilizadas através da reciclagem — e, portanto, simplesmente não há matéria-prima reciclável suficiente para pôr fim à economia extrativa em contínua expansão.

Nota-se que há, de fato, a necessidade de maior evolução e comprovação científica sobre as contribuições da EC e as externalidades geradas pela sua implementação. Em contrapartida, alguns elementos configuram-se em facilitadores e viabilizadores, e é neles que devem ser concentrados os esforços, como o surgimento de novas tecnologias de materiais e processos produtivos, reciclagem de alta qualidade, a inevitável escassez de recursos naturais, a mudança da cultura empresarial, o empenho de equipes inovadoras, o desenvolvimento de ferramentas de design, assim como a execução de casos de negócios representativos que sirvam de modelo para o mercado e a indústria, além da demanda dos stakeholders e o apoio da cadeia de suprimentos. Um uso mais responsável dos recursos é, obviamente, uma excelente ideia. Mas para atingir esse objetivo, a reciclagem e a reutilização por si só não são suficientes.

Não obstante, a União Europeia tem apostado na promoção da Economia Circular, tendo adotado, ao final de 2015, um plano de ação com o objetivo principal de fomentar a criação de emprego, promover o crescimento econômico sustentável e impulsionar a competitividade a nível mundial, em simultâneo com uma redução das emissões de carbono e uma utilização

eficiente em termos de recursos (COMISSÃO EUROPEIA, 2015)²⁵. O plano de ação estabelece 54 medidas para fechamento do ciclo de vida dos produtos, da fabricação e consumo à gestão dos resíduos e ao mercado das matérias-primas secundárias, e identifica cinco setores prioritários para acelerar a transição ao longo das respectivas cadeias de valor (plásticos, resíduos alimentares, matérias-primas essenciais, construção e demolição, biomassa e materiais de base biológica). É atribuída uma grande importância ao estabelecimento de fundamentos sólidos sobre os quais possam prosperar os investimentos e a inovação. Adicionalmente, foram sendo sucessivamente adotadas legislações com o objetivo de tornar a União Europeia mais eficiente em termos de utilização de recursos e de energia. A implementação destas diretrizes permitiu o surgimento de novos modelos de negócio e de novos mercados.

Na mesma linha, nos últimos 20 anos, a China e a Coreia do Sul operaram parques industriais que usam os princípios da Economia Circular para vincular as cadeias de suprimentos das empresas e reutilizar ou reciclar materiais comuns. A China certificou mais de 50 desses parques e tem implementado, na prática, metodologias e atividades relacionadas com a EC, fruto da sua planificação estatal (planos quinquenais) e do estabelecimento de objetivos a médio-longo prazo. Uma ação concertada e abrangente que tem produzido efeitos mais palpáveis do que os que têm sido registados na Europa. Naquele país, a implementação da EC tem sido realizada em três níveis distintos: **produção mais “limpa”**, ou seja, mais ecologicamente responsável, **ecologia industrial** e **modernização econômica**. O governo chinês inclui, em seu programa, uma política ambiental que confere à EC a condição de principal meio para amenizar os riscos econômicos e ambientais de sua intensa capacidade produtiva. Políticas fiscais, de preços e industriais foram introduzidas e um fundo foi alocado para apoiar a conversão de parques industriais em aglomerações eco industriais, uma

²⁵ Disponível em: < https://ec.europa.eu/commission/priorities/jobs-growth-and-investment/towards-circular-economy_pt > Acesso em: 27 jun. 2020.

aglomeração de distritos industriais que pode abrigar pequenas, médias e grandes empresas para produzir de forma dinâmica e eficiente com as premissas do desenvolvimento sustentável, de modo a buscar harmonia entre os pilares econômico e o socioambiental.

Na China, a implementação da EC foi estruturada em quatro níveis: produtos, empresas, redes e políticas:

- a) os produtos precisam ser projetados para serem recicláveis e reutilizáveis, com base em cadeias de suprimentos mapeadas e fabricados usando métodos limpos;
- b) as empresas precisam de novos modelos de negócios para criar valor público e privado;
- c) as redes de empresas e clientes que produzem e consomem produtos importantes, como automóveis, por exemplo, precisam estar vinculadas;
- d) são necessárias políticas públicas para apoiar os mercados.

Não obstante, os conceitos de EC são mais celebrados do que criticados. Os modelos econômicos têm muitas lacunas e se baseiam em suposições. Por exemplo, os custos de mudança de processos de produção, práticas de compra e rotinas organizacionais dentro de uma empresa geralmente são considerados baixos ou nulos. Os impactos nas indústrias extrativas que perderiam, como a mineração em certos países, não são avaliados. Projetar preços futuros de mercado para matérias-primas e recursos secundários é um desafio. E as políticas podem ter consequências não intencionais como por exemplo, incentivar a reciclagem de plástico pode gerar mais plásticos: se os preços reduzidos incrementarem a demanda, será necessário mais plástico para substituir o material que se degradou durante a reciclagem.

Sendo o tema das mudanças do clima e do futuro da humanidade vitais e, surgindo a EC como um possível modelo para mitigação ou reversão dos efeitos negativos da economia extrativista, é relevante perceber quais barreiras dificultam sua implementação com a

assertividade necessária, mesmo estando a EC definida como uma prioridade para várias entidades supranacionais, materializada na minimização da extração de recursos, maximização da reutilização, aumento da eficiência e desenvolvimento de novos modelos de negócios.

Bradley (2016) afirmou que: “(...) a força que impulsionará e tornará possível uma EC eficiente é a capacidade tecnológica para criação de valor sustentável” (BRADLEY, 2016, p.17). Sendo assim, a quarta revolução industrial pode vir para auxiliar esse processo. Por meio dela será possível efetivar uma maior conectividade entre pessoas, produtos e sistemas. Com isso, o desafio da geração atual e futura é utilizar essas conexões e avanços para moldar uma economia mais circular e menos dependente de recursos naturais.

2.7. Indústria 4.0

Também conhecida como a 4ª revolução industrial, já que, assim como as três primeiras revoluções na manufatura mundial, é marcada pelo conjunto de mudanças nos processos de fabricação, design, operações e sistemas relacionados à produção, aumentando o valor na cadeia organizacional e em todo o ciclo de vida dos produtos. Fundamenta-se na fusão dos mundos virtuais e físicos através da internet. Em outras palavras:

Tudo dentro e ao redor de uma planta operacional (fornecedores, distribuidores, unidades fabris, e até o produto) são conectados digitalmente, proporcionando uma cadeia de valor altamente integrada" (EUROPEAN PARLIAMENT, 2015, p.2).

O termo Indústria 4.0 (I. 4.0) foi cunhado na feira Industrial de Hannover em 2011, e discutido no Fórum Econômico Mundial de Davos (2015), exibindo um alinhamento com os recentes estudos realizados na Alemanha (SCHWAB, 2015). Esta nova realidade trata de uma economia com forte presença digital e conectividade entre as pessoas (P2P), entre máquinas (M2M) e entre máquinas e pessoas (M2P), cujo foco principal é a troca de informação (comunicação de dados).

Já o termo “revolução industrial” refere-se à alteração de sistemas tecnológicos, econômicos e sociais na indústria, especialmente às circunstâncias de trabalho, às mudanças das condições de vida da sociedade e na forma de distribuição da riqueza econômica (DOMBROWSKI; WAGNER, 2014).

A primeira revolução industrial (1760) foi marcada pela introdução da máquina a vapor e energia hidráulica nos processos de produção. Isso trouxe um ganho de produtividade enorme e possibilitou a formação de indústrias em grande escala.

A segunda revolução industrial (1870) representou a emergência da energia elétrica, petróleo e aço que transformou totalmente a indústria e a vida das pessoas, que passaram a contar com energia para iluminação e para os motores e máquinas industriais. Isso também provocou uma grande mudança em todos processos produtivos, na divisão do trabalho e na forma até de organização da sociedade. Já a terceira revolução industrial iniciada em 1970, foi marcada pelo advento da computação, eletrônica, automação e conectividade (internet).

E o que é considerado hoje, a quarta revolução industrial é na verdade a convergência de várias tecnologias (SILVEIRA; LOPES, 2016). Caracteriza-se pela hiperconectividade em tempo real, graças à internet, porém, alia-se às mudanças no sistema de produção e consumo decorrentes da introdução dos sistemas ciberfísicos (*Cyber-physical systems - CPS*), internet das coisas (*Internet of things - IoT*), internet dos serviços (*Internet of services - IoS*), internet de dados (*Internet of data - IoD*), Big Data, inteligência artificial e outros sistemas físicos, tais como robótica, manufatura aditiva, nanotecnologia e biotecnologia, entre outras.

Tem sido caracterizada principalmente pela integração digital e interconexão completa de todos os processos fabris por meio de IoT²⁶ que permite a conectividade das máquinas e a

²⁶ A Internet das Coisas (IoT) é um termo criado por Kevin Ashton, a um pioneiro tecnológico britânico que concebeu um sistema de sensores onipresentes conectando o mundo físico à Internet, enquanto trabalhava em identificação por rádio frequência (RFID). Embora as coisas, a Internet e a conectividade sejam os três componentes principais da Internet, o valor está no fechamento das lacunas entre os mundos físico e digital em sistemas com recursos de reforço e aprimoramento automáticos. Disponível em: <<https://aws.amazon.com/pt/iot/what-is-the-internet-of-things/>> Acesso em: 11 nov. 2019.

possibilidade de um controle remoto de todas as operações e sistemas ciberfísicos com a análise de grandes volumes de dados, gerados por essa conectividade. Por meio do uso da inteligência artificial, foi possível tornar todo o processo de produção muito mais eficiente, com uma capacidade de tomar decisões mais inteligentes em tempo real, que tem o potencial de multiplicar a produtividade da indústria muitas vezes.

Passamos a ter, em primeiro lugar, a possibilidade de combinar as tecnologias consideradas físicas com a tecnologia da informação, que é muito dependente do uso da internet e de um grande poder computacional, que vem crescendo exponencialmente. Desde os anos 1980 que o poder computacional duplica a cada ano, tornando as tecnologias muito mais acessíveis, a custos muito mais baixos.

Ela se caracteriza pela integração das tecnologias físicas e digitais durante as etapas de desenvolvimento, engenharia da produção e da cadeia de valor, permitindo monitorar todo o processo produtivo. Para Schwab (2015), a 4ª Revolução Industrial promove uma “fusão de tecnologias, não deixando claro as linhas divisórias entre as esferas físicas, digitais e biológicas”. (SCHWAB, 2015, p.55)

Nesse contexto, uma série de tecnologias, como a Inteligência Artificial/*Machine Learning*, *Big Data & Analytics*, Sensores/Monitoramento, Realidade Virtual & Realidade Aumentada, Energia, Automação, Impressão 3D, Logística e Robótica, Drones, *Blockchain* e sistemas integrados de engenharia para desenvolvimento e manufatura de produtos, permitem criar novos modelos de negócio, novas formas e escalas de produção, assim como uma produção mais personalizada.

Para Schumpeter et al. (1998) uma inovação tecnológica cria uma ruptura no sistema econômico, tirando-o do estado de equilíbrio e alterando os padrões de criação, resultando em diferenciação para as empresas. Sendo assim, a Indústria 4.0 promove a informatização da indústria e tem como base as inovações tecnológicas, permitindo a conectividade da automação,

do controle e da tecnologia da informação para aprimorar os processos da manufatura e sua eficiência. O objetivo deste contexto é criar as fábricas inteligentes, nas quais o processo de produção é totalmente digitalizado e conectado em rede, através de sistemas de informação, tornando a produção autônoma.

A aplicação deste processo de produção totalmente digitalizado dá origem ao conceito de manufatura avançada. Este novo conceito envolve a integração das tecnologias físicas e digitais, desde o fornecer da matéria prima até o uso final do produto dentro desta rede autônoma. Segundo a Confederação Nacional da Indústria pode-se dizer que a manufatura avançada é a conexão digital da máquina com o processo industrial do produto, abrangendo toda a cadeia (CNI, 2019). Um dos pontos positivos deste novo contexto de manufatura é o aumento e garantia da eficiência do processo de produção, sendo capaz de monitorar todo o processo, identificando falhas e rupturas antes mesmo de materializados, evitando perdas monetárias e temporais, garantindo a qualidade do serviço e/ou produto ofertado.

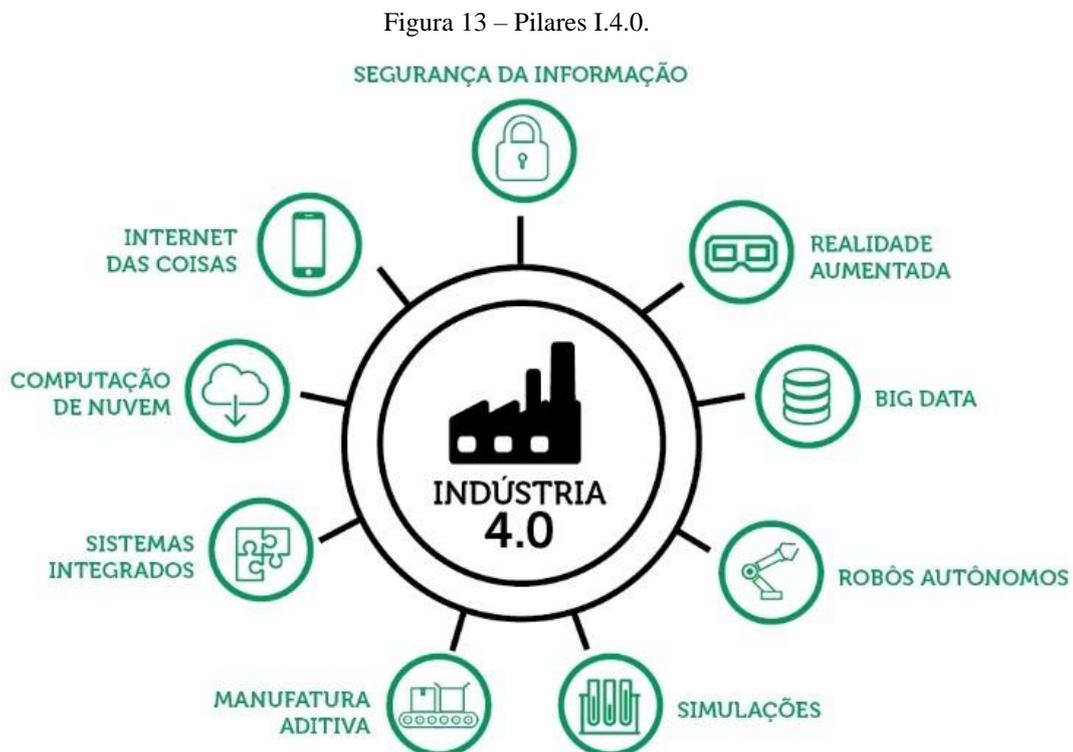
Fazer mais com menos é essencial para as indústrias que precisam garantir resultados e competitividade. A atratividade da transformação digital tange ao rápido retorno que podem obter como resultado do aumento da produtividade, além das novas oportunidades de negócios criadas a partir das tecnologias digitais. A I.4.0 surge como forma de potencializar a integração de tecnologias digitais disponíveis para incrementar a produtividade na indústria, estabelecendo novas formas de produção. Com isso, é possível agilizar processos e ganhar flexibilidade, com elevados níveis de qualidade. Combinando tecnologias, revendo modelos de negócios, e entendendo as necessidades dos clientes e mercados para criar soluções específicas customizadas. A mudança é social e cultural, exigindo uma visão holística da tecnologia, gerando oportunidades para a indústria.

A I.4.0 tem permitido às indústrias a realização de simulações para previsibilidade de cenários complexos; provendo maior velocidade nas tomadas de decisões por meio de

algoritmos inteligentes; flexibilizando processos para atender mudanças táticas e estratégicas em tempo hábil; maximizando a matriz energética nas plantas industriais; otimizando a gestão de ativos integrando a cadeia produtiva e potencializando a força de trabalho por meio da digitalização. Tradicionalmente, a tecnologia é utilizada para melhorar processos existentes, enquanto que na 4ª revolução industrial há a necessidade de que o questionamento do “status quo” seja uma constante e as alternativas construídas sob a ótica tecnológica, buscando digitalizar processos físicos e lógicos resultando, muitas vezes, em modelos inéditos para a cadeia de suprimentos, planejamento, produção, manutenção, comercialização, logística e gestão.

2.7.1. Pilares da revolução

Os pilares da I.4.0 tem moldado a sociedade, criando oportunidades e riscos, principalmente para o setor industrial e empresarial, conforme Figura 13:



Fonte: Adaptado de (ENDEAVOR BRASIL, 2017)

- **Pessoas e a internet:** redes sociais, a forma como as pessoas interagem umas com as outras;
- **Computadores, comunicações e armazenamento:** a rápida redução de custo, o tamanho dos computadores e tecnologias de comunicação;
- **Internet das coisas:** sensores cada vez mais menores e baratos estão sendo introduzidos em casas, acessórios, cidades, transportes e processos produtivos;
- **Inteligência Artificial e Big-Data:** crescimento exponencial da digitalização da informação acerca de tudo e de todos associados a software com algoritmos cada vez mais sofisticados e capazes de aprender e evoluir sozinhos, começam a ocupar lugares até agora reservados ao homem, inclusive lugares de decisão;
- **Economia partilhada e confiança distribuída:** as redes sociais, a partilha de recursos em vez da sua aquisição, as *bitcoins* e a *blockchain* estão criando novos modelos de negócio, alterando a forma como nos relacionamos e a percepção de confiança entre as pessoas;
- **Digitalização da matéria:** a impressão em 3D de objetos físicos recorrendo à produção aditiva, usando materiais cada vez mais evoluídos e inteligentes, no que diz respeito a prototipagem, logística de distribuição e a criação de um conjunto de oportunidades para o ambiente industrial.

Diante deste cenário, o design tem se configurado como elemento transformador, observando sua interligação a alguns requisitos característicos da I.4.0 apresentados por Hermannet al. (2015), conforme Quadro 03:

Quadro 03 – Requisitos da Indústria 4.0

Requisitos	Definição
Interoperabilidade	Capacidade de um sistema se comunicar de forma transparente com outro, semelhante ou não. O uso mais racional de matéria prima e energia será possível uma vez que softwares específicos estarão se comunicando entre si, auxiliando o cliente a definir o seu produto de forma mais inteligente e funcional, evitando desperdícios de manufatura. Os processos da cadeia de valor estarão conversando entre si a todo o momento e tomando decisões para execução das atividades, ou correções imediatas em caso de alteração das necessidades do cliente, não se limitando apenas aos processos de manufatura. Essas interconexões minimizarão o uso incorreto de materiais, o desperdício, os rejeitos de produtos e aumentará o uso eficiente de energia.
Virtualização	Capacidade de um sistema monitorar processos físicos de forma virtual. Auxilia o cliente a definir o seu produto de forma mais inteligente e funcional e a identificar melhor suas necessidades e redefinições, através do uso de softwares de simulação, por exemplo em programas de projetos com impressora 3D.
Descentralização	Capacidade de um sistema de tomar decisões próprias, através de computadores. Os processos da cadeia de valor estarão tomando decisões para execução das atividades, ou fazendo correções imediatas em caso de alteração das necessidades do cliente, não se limitando apenas aos processos de manufatura. Produtos inteligentes são personalizados, podem ser localizados a todo tempo e, através na análise da situação atual, podem decidir por rotas alternativas para atingir seus objetivos.
Operação ou Trabalho em Tempo Real	Rastreamento e análise contínua da operação, reagindo rapidamente contra algum desvio. No processo de manufatura, máquinas inteligentes com softwares específicos se adequarão automaticamente ao processo e nas tomadas de decisões, às necessidades produtivas, monitorando a qualidade do produto e tomando decisões em cada momento de necessidade.
Orientação a Serviços	Disponibilidade dos serviços da empresa também para outros participantes do processo, através da internet. Os membros da cadeia de valor podem atuar e monitorar os clientes e usuários finais nas definições dos projetos, na manufatura e no estágio final, acompanhando o desempenho dos produtos para se adaptar às necessidades individuais.
Modularidade	Flexibilidade em se adaptar às mudanças de requisitos, substituindo ou expandindo módulos individuais, facilmente adaptados em casos de flutuações sazonais ou mudança de características do produto, baseados em interfaces padronizadas de software e hardware. Pelo princípio de modularidade, máquinas se auto adequarão para as variáveis e alterações necessárias, facilitando melhorias fundamentais para os processos industriais envolvidos na manufatura, engenharia, no uso de material e na cadeia de suprimentos, e no gerenciamento do ciclo de vida, trazendo mais inteligência. Portanto, isso também traz economia no uso de recursos e na melhoria da

Fonte: Adaptado de (HERMANN et al, 2015)

Sob a ótica da Economia Circular, a tecnologia da I.4.0 mais importante, sem dúvida, é a Internet das Coisas. Ela possibilita o rastreamento de um material ao longo de toda sua vida, desde a produção inicial de um artefato, uso e destinação para um novo ciclo de vida. A conectividade e o rastreamento dos materiais permitem essa circularidade com muito mais eficiência e com menores custos. Evidencia potencial para gerar modelos de negócios que sejam viáveis e mais eficientes. A partir de tecnologias de conectividade é possível monitorar o consumo de energia permitindo tomadas de decisão que proporcionem menos perdas e desperdícios.

No contexto do Desenvolvimento Sustentável a I.4.0 proporciona uma maior eficiência na atividade industrial em termos de produtividade, reduzindo falhas em equipamentos e, conseqüentemente, diminuindo resíduos sólidos no processo de fabricação. A automação dos processos, incrementa a eficiência energética. Fábricas inteligentes ligam e desligam equipamentos e luzes de forma automática economizando energia elétrica. A partir da programação de produção, sensorização e a utilização de sistemas que identifiquem com precisão as necessidades das fábricas, diminui-se a quantidade de matéria-prima estocada nos depósitos, assim como o rastreamento e o ciclo de vida. Menos transporte, menos material estocado, menos desperdício. O reaproveitamento dos resíduos também é uma das práticas recomendadas pela indústria 4.0, o que beneficia a empresa com a diminuição dos custos na aquisição de matéria-prima, beneficiando a natureza.

A indústria 4.0 e suas tecnologias chegam em um momento importante, no qual percebe-se que é necessário, sem dúvida, produzir, gerar renda e fortalecer a economia, no entanto, é preciso diminuir a carga de poluição na atmosfera e preservar recursos. Os resíduos precisam ser reaproveitados, e a promoção da qualidade de vida deve ser o foco principal do futuro. A tecnologia e a adoção de ferramentas da indústria 4.0, colaboram efetivamente para os objetivos do desenvolvimento sustentável.

3. FRAMEWORKS CIRCULARES

Bomfim (1995) aponta que a “metodologia para o desenvolvimento de projetos é a disciplina que se ocupa da aplicação de métodos a problemas específicos e concretos” (BOMFIM, 1995, P.12). Assim também para Coelho (2008) “entende-se por metodologia o conjunto de métodos utilizados em determinado trabalho” (COELHO, 2008, p.254). Para o autor, é comum o uso da palavra metodologia como sinônimo de método, embora, esta utilização do termo suscite uma percepção equivocada de duas figuras distintas, conceitualmente, como uma única.

Para Cipiniuk e Portinari (2006) “metodologia é a área do campo das ciências, relacionada à Teoria do Conhecimento, que se dedica ao estudo (criação, análise ou descrição) de qualquer método científico” (CIPINIUK; PORTINARI, 2006, p.17). Desta forma, a metodologia seria o estudo, a criação, análise ou descrição de determinado processo. O termo derivado das palavras gregas “*methodos* e *logos*” literalmente tratam do estudo dos métodos empregados no projeto, seus fundamentos e sua aplicação. Para Platcheck (2012), metodologia é “o estudo de métodos, técnicas e ferramentas e de suas aplicações, organização e solução de problemas teórico-práticos” (PLATCHECK, 2012, p.15). Por meio da aplicação de metodologias, é possível assegurar um bom resultado no desenvolvimento de projetos.

Burdek (2006) menciona que a metodologia do design é reflexo objetivo do seu esforço para otimizar métodos, regras e critérios e com sua ajuda o design poderá ser pesquisado, avaliado e melhorado (BURDEK, 2006, p. 225). O autor ainda menciona que o desenvolvimento de um método tem sua base nas condições histórico-culturais e sociais. Burdek relata que após a Segunda Guerra Mundial iniciou-se um grande crescimento econômico nos países industrializados europeus, o que intensificou a concorrência. Nesta situação, o design precisou deixar de praticar métodos de configuração tradicionais dados pela

experiência e a intuição, enquanto as empresas racionalizavam o projeto e a produção. Tornou-se então necessário que os designers integrassem métodos científicos nos processos de projeto, buscando a aceitação da indústria. Em vista disto, a motivação para o surgimento da metodologia de design foi a necessidade de adequação dos designers ao processo industrial.

Neste capítulo serão analisadas metodologias utilizadas no design, direcionadas à temática cíclica e conceitos evidenciados até o momento, perfazendo correspondências com os ciclos do diagrama sistêmico da EC e estruturando uma base teórica consistente para fomento da discussão quanto à evolução das metodologias de projeto e sistemas produtivos.

3.1. Metodologias de Design

As metodologias utilizadas no design foram pesquisadas por vários autores, dentre eles Jones (1978); Lobach (1982); Bonsiepe (1984); Bomfim (1995); Morales (2006); Bürdek (2006); Cross (2008), Baxter (2011), entre outros, com a finalidade de descrever os processos envolvidos na atividade projetual.

Baxter (2011), por exemplo, considerava que o desenvolvimento de novos produtos demanda pesquisa prévia, organização, administração, além da utilização de métodos sistemáticos. De acordo com o autor, “os métodos sistemáticos de projeto exigem uma abordagem interdisciplinar, abrangendo métodos de marketing, engenharia de métodos e aplicação de conhecimentos sobre estética e estilo” (BAXTER, 2011, p. 3). Ao ter conhecimentos sobre metodologias para elaborar novos artefatos, o designer está preparado e tem uma perspectiva mais completa sobre os processos necessários.

O design herdou do método científico a visão racional que segue procedimentos explícitos, lógicos que permitem alcançar um objetivo determinado. Assim posto, as metodologias surgem com o objetivo de conduzir e facilitar os processos de design, servindo

como um guia. Cada metodólogo aborda questões específicas em seus sistemas, dessa forma, o designer pode escolher o conjunto de procedimentos que melhor se adapta ao seu problema. No entanto, é fundamental que a metodologia seja flexível de modo que o projetista possa ajustar a sua realidade em busca do êxito do seu produto.

Na sequência, serão descritas três metodologias recentes utilizadas no design: “Biomimicry Thinking”, “Design Thinking” e “Circular Design Guide”. As abordagens foram selecionadas criteriosamente devido às suas relações com os conceitos de circularidade, fechamento de ciclos, fluxos reversos, princípios biológicos, antropocêntricos, dentre outros. Por meio de análises descritivas, são evidenciadas suas características em uma análise comparativa, subsidiando a elaboração de correspondências com o diagrama sistêmico da EC.

3.1.1. Biomimicry Thinking

Biomimética é a ciência que conecta a natureza ao design, para a criação e a inovação de produtos, processos e sistemas. É a área que estuda os princípios criativos e estratégias da natureza, visando a criação de soluções para os problemas da humanidade, unindo funcionalidade, estética e sustentabilidade. Entende que ao mimetizar as soluções da natureza, o ser humano é capaz de construir processos melhores e mais compatíveis com os ecossistemas. Os sistemas naturais possuem estratégias inteligentes, desenvolvidas e aperfeiçoadas no decorrer de bilhões de anos, que estão à nossa disposição para consulta (BENYUS, 1997). Dessa forma, o design e a engenharia, quando associados aos conhecimentos da natureza dão origem a metodologia “*Biomimicry Thinking*”, intitulada por Janine M. Benyus e Dyana Baumeister (FERREIRA, 2016, p.16).

O pensamento biomimético compreende quatro fases que servem como guia para o design: escopo, descoberta, criação e avaliação:

Escopo: fase em que será definida a função que queremos que o design execute, o contexto onde essa função será executada. Etapa preliminar, na qual todo o cenário em torno do problema é avaliado. No escopo, o propósito do projeto é determinado, juntamente com questões estratégicas e de planejamento, como orçamento e cronograma do projeto. Os “Princípios da Vida” podem auxiliar no desenvolvimento desta fase, tratando de exemplos de estratégias que os sistemas naturais aplicam para viver e prosperar em grupo. A partir deles, os designers podem obter inspiração para conceber projetos inovadores;

Descoberta: fase em que buscamos modelos naturais que executam essa função e abstraímos os princípios de design encontrados para adequá-los aos nossos desafios. Ocorre quando o problema a ser solucionado pelo projeto apresenta-se estabelecido e envolve uma investigação de modelos naturais que possam orientá-lo. Nesta fase, além de pesquisas em fontes tradicionais, como livros e artigos, podem ser realizadas observações em meio a natureza;

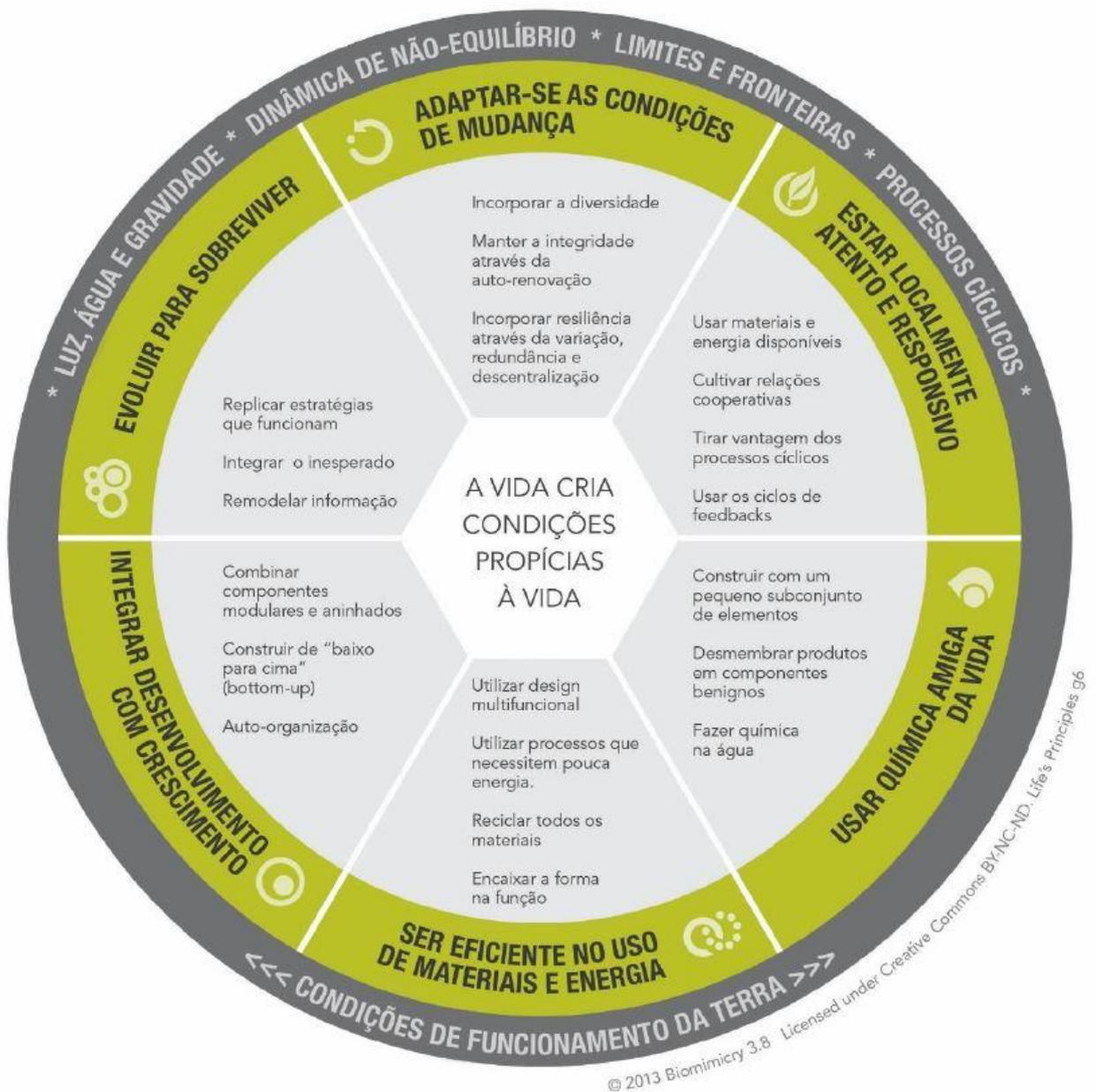
Criação: fase em que engenheiros e designers partem dos princípios de design encontrados para gerar protótipos. Compreende a concepção do projeto, a partir de um brainstorming de ideias bio-inspiradas. Dessa forma, novos resultados aparecem e o produto ou processo é configurado;

Avaliação: fase em que usamos os “Princípios da Vida” para identificar oportunidades de melhoria nas soluções encontradas. A última etapa compreende a avaliação do objeto criado. Utiliza-se novamente a ferramenta “Princípios da Vida” afim de otimizar o projeto. (BIOMIMICRY 3.8, 2018)

Os “Princípios da Vida” são as lições de design que a natureza nos oferece. Tratam-se dos padrões que podemos observar ao examinar as espécies que sobreviveram e prosperaram na Terra. Esses padrões nos indicam o conjunto de estratégias que vêm sendo selecionadas e aprimoradas nos 3,8 bilhões de anos de existência de vida na terra. A natureza integra e otimiza essas estratégias para criar condições que conduzem a mais vida. Essas lições de design podem nos ajudar a criar estratégias inovadoras, a avaliar nossos projetos contra esses novos parâmetros de sustentabilidade e a melhor informar nossos designs com base na experiência de "alguém" que vem lidando com desafios de eficiência, complexidade e sustentabilidade há muito mais tempo. As soluções encontradas pela natureza são muito mais eficientes, elegantes e compatíveis com a vida. O conhecimento que temos acumulado não nos permite integrar um grau de complexidade nem próximo daquele em que a natureza opera. A coexistência de 30 milhões de espécies, interagindo entre si e com um planeta em constantes mudanças, confere ao sistema Terra uma complexidade inimaginável para nós. Os “Princípios da Vida” que vemos se repetindo nessas espécies se traduzem em poderosas lições, que têm o potencial de nos inspirar na criação de soluções melhores, mais inovadoras e mais sustentáveis. O *Biomimicry*

Thinking integra plenamente o meio ambiente nos projetos. O pensamento parte do princípio de que a natureza é a maior e melhor referência tecnológica para o desenvolvimento de novos serviços, processos e artefatos, conforme Figura 14:

Figura 14 – Os princípios da vida (2014).



Fonte: (BIOMIMICRY RESOURCE HANDBOOK, 2014)

3.1.2. Design Thinking

A metodologia ou abordagem “*Design Thinking*” foi popularizada pela IDEO²⁷ e trata de um processo não linear para criação de projetos inovadores. Brown (2010) destaca que o Design Thinking não possui uma ordem sequencial rígida, mas pontos de partida cíclicos que podem ser considerados durante o desenvolvimento de um projeto. Para um melhor aproveitamento da metodologia, Brown (2010) aconselha trabalhar em equipes multidisciplinares em ambientes favoráveis à cultura de inovação e agilidade, no qual as pessoas envolvidas sejam estimuladas a experimentar constantemente.

Na fase introdutória do projeto, é indicado o estabelecimento de critérios objetivos tais como: praticabilidade, viabilidade e desejabilidade. O parâmetro da praticabilidade diz respeito ao que é possível, em termos funcionais, de ser realizado em um curto espaço de tempo. A viabilidade refere-se à possibilidade de o projeto integrar um modelo de negócios sustentável. E, por fim, a desejabilidade trata do que faz sentido para as pessoas. A fim de alcançar um resultado satisfatório, Brown (2010) recomenda o equilíbrio desses três parâmetros com a “mudança do foco do problema para o projeto” (BROWN, 2010, p. 21). Aqui, também é apropriado a realização de benchmarkings, buscando analisar nível de preços, tecnologias disponíveis e segmentos de mercado, reunindo todas as informações coletadas em um briefing.

A finalidade do Design Thinking não está necessariamente ligada à solução da carência que as pessoas acreditam possuir, mas sim “em ajudar as pessoas a articular as necessidades latentes que elas podem nem saber que têm” (BROWN, 2010, p. 38). Assim, é possível trabalhar em três etapas, conforme Figura 15, obedecendo o andamento particular de cada projeto:

²⁷ Disponível em: <<https://www.ideo.com/>> Acesso em: 20 jun. 2020.

Figura 15 – Fases do Design Thinking (2015).



Fonte: (VIANNA et al., 2015)

Imersão ou Inspiração: estágio em que são coletados insights sobre as necessidades não atendidas. A observação do comportamento e ações espontâneas dos consumidores, incluindo grupos extremos, é mais produtivo do que a elaboração de questionários para as pessoas. Nesse ponto, usa-se a empatia para estabelecer uma conexão com os usuários em uma “tentativa de ver o mundo através dos olhos dos outros”. Brown indica algumas ferramentas para utilizar ao longo da metodologia. Para a etapa de inspiração, algumas sugestões são a pesquisa exploratória e a técnica sombra:

- Pesquisa Exploratória: caracteriza-se por uma pesquisa de campo com a intenção de colocar o assunto do projeto em contato com os projetistas. Para tanto, a equipe vai para as ruas para observar pessoas que estejam relacionadas com o cenário a ser estudado.
- Sombra: técnica utilizada para identificar oportunidades latentes que dificilmente seriam reconhecidas em uma entrevista ou método similar. O projetista acompanha o usuário por determinado período em que este esteja em contato com o objeto do estudo, sem influenciar sua atividade ou fazer qualquer pergunta. (BROWN, 2010, p. 47)

Ideação: depois de acumulados, os dados são analisados, sintetizados e manifestados em ideias. Brown (2010) afirma que os designers coordenam diversos tipos de pesquisa, por meio de entrevistas, observações de campo, e isso produz uma grande quantidade de

informações que precisam ser refinadas. Para analisar e sintetizar os dados obtidos, algumas das ferramentas indicadas por Silva et al (2012) são os cartões de insight e os critérios norteadores. Utiliza-se também personas, jornada do usuário e o recurso de “*Blueprint*”:

- **Personas:** personagens fictícios criados a partir de atitudes, desejos e hábitos percebidos nos usuários extremos. A partir da definição de um grupo de personas com características diferentes, conta-se histórias para apoiar a geração de alternativas e as tomadas de decisão.
- **Jornada do usuário:** é um esquema que identifica as fases de relacionamento do consumidor com o produto/serviço e especifica as ações realizadas antes, durante e depois da aquisição e uso. É utilizado para compreender como o usuário se relaciona com a empresa e o produto, a fim de melhorar o atendimento e superar as expectativas.
- **Blueprint:** recurso que caracteriza de forma visual o conjunto de interações de uma prestação de serviços, mapeando evidências físicas encontradas pelo consumidor, ações do usuário e ações dos funcionários. Serve para identificar pontos fracos e fortes, bem como oportunidades de melhoria do serviço. (SILVA ET AL, 2012)

Em seguida, o processo de geração, desenvolvimento e teste de ideias é iniciado. Realizar um brainstorming para gerar uma grande quantidade de ideias e organizar o pensamento de forma visual são práticas aconselhadas pela metodologia. Silva et al (2012) também recomenda workshops de cocriação para estimular uma criação colaborativa:

- **Workshop de cocriação:** atividade em grupo realizada entre as pessoas envolvidas com o contexto do projeto, como consumidor final e funcionários da empresa, para estimular a criação colaborativa e inovadora. A ideia é agregar o conhecimento de diferentes perfis para alcançar soluções alternativas. (SILVA ET AL, 2012)

Ao final da etapa de ideação, os melhores conceitos são selecionados. Aqui, Brown (2010) sugere o “teste da borboleta”, que consiste em escrever as ideias em uma parede, pedir para cada participante colar post-its com as ideias que acreditam ser mais prósperas e avaliar as que conquistaram mais “borboletas”. Também é possível utilizar uma “matriz de posicionamento” para analisar as opções de forma estratégica.

- **Matriz de posicionamento:** ferramenta utilizada para avaliação de alternativas, cruzando-se os dados obtidos nos critérios norteadores e o comportamento das personas. As informações são distribuídas em uma matriz, que é preenchida durante a análise da equipe (SILVA ET AL, 2012, p.50).

Implementação: nessa etapa, as melhores alternativas são aprofundadas com o auxílio de protótipos. Para Brown (2010), a prototipagem é “a disposição de seguir adiante e testar alguma hipótese construindo o objeto” (BROWN, 2010, p. 84) e pode ser testada nessa e em qualquer outra etapa do projeto. A prototipagem na fase de ideação deve ser rápida, simples e funcionar como um incentivo para novas alternativas e para avaliar forças e fraquezas dos conceitos testados. Ao longo do projeto, os protótipos evoluem até apresentarem um modelo funcional para a fase de implementação. O autor destaca que esse processo produz resultados de forma mais rápida e pode ser aplicado em produtos, serviços e estratégias de negócio. Alguns recursos que podem ser utilizados nesta fase são o “modelo de volume” e “*storyboard*”.

- **Modelo de volume:** é uma representação tridimensional não funcional de um conceito para visualização e identificação de forças e fraquezas do projeto. Pode ser criado com materiais simples como papel e cartolina, ou mais elaborados apresentando textura e detalhes.
- **Storyboard:** caracteriza-se por uma narração de história feita por meio de um esquema visual, com desenhos ou colagens, com a finalidade de comunicar ideias. (BROWN, 2010, P. 65)

É uma abordagem que busca a solução de problemas de forma coletiva e colaborativa, em uma perspectiva de empatia máxima com seus stakeholders (interessados): as pessoas são colocadas no centro de desenvolvimento do produto – não somente o consumidor final, mas todos os envolvidos na ideia. O processo consiste em tentar mapear e mesclar a experiência cultural, a visão de mundo e os processos inseridos na vida dos indivíduos, no intuito de obter uma visão mais completa na solução de problemas e, dessa forma, melhor identificar as barreiras e gerar alternativas viáveis para transpô-las. Não parte de premissas matemáticas, e sim do levantamento das reais necessidades de seu consumidor; trata-se de uma abordagem preponderantemente humana e que pode ser usada em qualquer área de negócio.

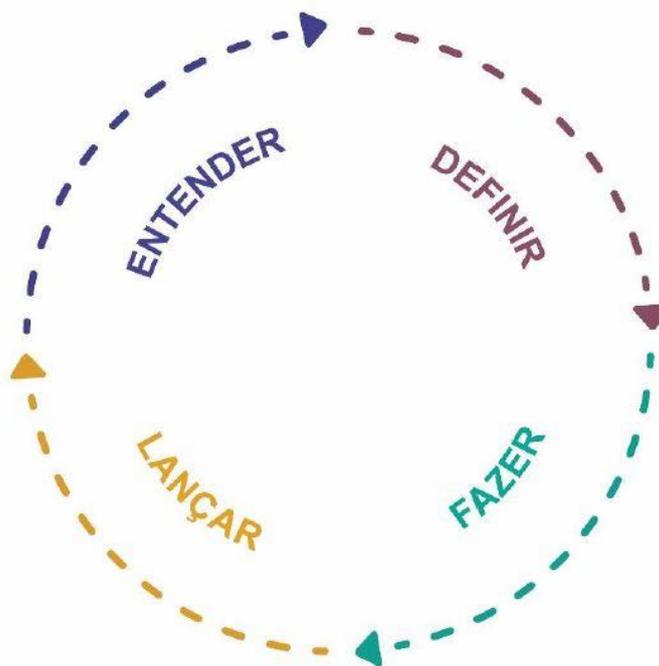
O processo de DT permite aos envolvidos o conhecimento e análise profunda de problemas, proporcionando soluções com diferentes perspectivas e pontos de vista. Apesar de ter um foco muito grande em inovação de produtos/serviços e um apelo muito forte para o

marketing, quando trazemos o DT para a sustentabilidade, estamos falando, fundamentalmente, de remodelagem de negócios. Para problemas sociais complexos, o design oferece abordagens centradas no ser humano que podem alcançar melhores soluções, evidenciando o mérito de se aplicar métodos de design para a criação de projetos inovadores que endereçam necessidades sociais e sustentáveis complexas.

3.1.3. Circular Design Guide

O *Circular Design Guide*²⁸, elaborado de forma colaborativa pela IDEO e a *Ellen MacArthur Foundation*, é um guia que reúne um conjunto de métodos para o desenvolvimento de produtos circulares. Assim como o *Design Thinking*, a proposta é trabalhar com uma estrutura flexível passando por alguns pontos de partida. Neste caso são 4: entender, definir, fazer e lançar, conforme Figura 16:

Figura 16 – Etapas propostas Circular Design Guide



Fonte: (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2019)

²⁸ Disponível em: < <https://www.circulardesignguide.com/> > Acesso em: 22 jun. 2020.

Inicialmente define-se um problema para solucionar e a partir dele é possível selecionar as ferramentas mais compatíveis com o projeto. Atualmente o Circular Design Guide conta com 24 técnicas que serão abordadas a seguir (THE CIRCULAR DESIGN GUIDE, 2019).

As seis primeiras técnicas relacionam-se à etapa **ENTENDER**, conforme Quadro 04:

Quadro 04 – Etapa Entender – Circular Design Guide

Entender	Descrição
Entenda os fluxos circulares	Recurso para entender de que forma é possível tornar um produto/serviço mais circular. O Guia de Design Circular disponibiliza uma planilha de fluxos circulares para o projetista conhecer a fundo os ciclos que o produto pode integrar. A planilha é dividida em fluxos técnicos e biológicos e segue os ciclos do diagrama sistêmico da EC.
Pensamento regenerativo	Com a finalidade de promover um sistema regenerativo, esta técnica propõe que todos os atores do ecossistema no qual a empresa está inserida sejam nutridos com bem-estar, educação, prosperidade e conexão com a natureza. Recomenda-se listar o que pode ser feito para atingir este objetivo, construindo uma comunidade saudável, estipulando quais são os benefícios e de que forma será possível medir impactos.
Transformação em serviço	Planilha para analisar se o produto pode ser transformado em um serviço. A servitização pode tornar uma empresa mais eficaz e circular. De início, indica-se reconhecer as necessidades que o produto atende para depois pensar em outras formas de solucionar essa demanda que não seja por meio de um produto individual.
De dentro para fora	Técnica que orienta a desmontagem de um produto para entender as dificuldades que podem ser identificadas na separação e recuperação de peças. Depois de desmontar um produto, pode-se observar quais componentes podem ser recuperados, quais podem ser substituídos individualmente em caso de mau funcionamento e o que poderia ser alterado para facilitar esse processo.
Inspiração - Sistemas Digitais	As características dos sistemas digitais, como desenvolvimento ágil, loops contínuos de feedback e escalabilidade, podem servir como inspiração para projetos circulares. Ao listar e analisar algumas plataformas digitais, a sugestão é observar essas características e aplicá-las em um projeto futuro.
Aprenda a partir da natureza	Essa estratégia utiliza a biomimética como inspiração para o design. O passo-a-passo concentra-se em descrever o problema e pensar em como a natureza o resolve.

Fonte: Adaptado de (THE CIRCULAR DESIGN GUIDE, 2019)

As seis técnicas abaixo correspondem à etapa **DEFINIR**, conforme Quadro 05:

Quadro 05 – Etapa Definir – Circular Design Guide

Definir	Descrição
Defina seu desafio	Para trabalhar em um projeto circular, é necessário esclarecer o desafio a ser solucionado, o impacto esperado, como medir o sucesso, e quais são as pequenas ações importantes para atingir o resultado
Encontre oportunidades circulares	Planilha disponibilizada pelo Guia com o objetivo de detectar oportunidades circulares com o auxílio de perguntas pré-definidas e esboço inicial de um projeto.
Construindo equipes	Formar times interdisciplinares é fundamental para o sucesso do projeto. O Guia de Design Circular propõe que as funções importantes sejam mapeadas e as expectativas de cada membro da equipe fiquem esclarecidas.
Compra circular	Método utilizado para mapear os stakeholders, como investidores, funcionários, fornecedores, e entender seu ponto de vista em relação à ideia. Compreender o que mais importa para eles e qual a motivação para apoiarem a iniciativa, pode facilitar a busca por parceiros e aumentar o engajamento das partes envolvidas.
Modelo de negócio circular	Template desenvolvido pelo Guia para modelar negócios a partir do ponto de vista circular. O modelo compreende definição de parcerias, recursos, maneiras de distribuição, despesas, receitas e formas de criar valor para o cliente.
Compromisso de marca	Definir o propósito da marca ajuda a transmitir uma mensagem mais adequada, além de conectar, fidelizar e engajar o público. O guia disponibiliza um modelo para explorar os diferenciais de um negócio e determinar o compromisso de marca.

Fonte: Adaptado de (THE CIRCULAR DESIGN GUIDE, 2019)

As seis técnicas abaixo referem-se à etapa **FAZER**, conforme Quadro 06:

Quadro 06 – Etapa Fazer – Circular Design Guide

Fazer	Descrição
Pesquisa centrada no usuário	É importante reconhecer as necessidades de todas as pessoas envolvidas no projeto circular. Para tanto, definem-se todos os atores presentes na cadeia de valor, incluindo fornecedores, varejistas, fabricantes e os potenciais usuários. Depois, é recomendado entrevistá-los para descobrir suas necessidades e repassar todas as informações coletadas para a equipe do projeto.
Brainstorming circular	Recurso utilizado para a geração de uma grande quantidade de conceitos. Funciona do mesmo modo que o brainstorming comum, sem julgamentos, porém inspirado em serviços ecossistêmicos e outras noções circulares.
Incorporar mecanismos de feedback	Planilha proposta com o objetivo de criar ciclos de feedback a partir de expectativas previstas para o produto circular. Listam-se hipóteses, evidências necessárias para medir o sucesso das hipóteses, maneiras de coletar esses dados e o que será feito a partir do feedback.
Escolhas inteligentes de materiais	Para selecionar materiais de forma inteligente é preciso fazer as perguntas certas. O Guia recomenda relacionar todas as matérias-primas do produto e aplicá-los na árvore de decisão desenvolvida para essa estratégia.

Seleção de conceito	Depois de desenvolver uma série de conceitos circulares, deve-se selecionar a melhor alternativa para dar seguimento e implementá-la. Aqui, um mapa de polaridades é sugerido com os seguintes pontos extremos: alto impacto, baixo impacto, fácil de realizar e difícil de realizar. Ao aplicar as alternativas no mapa, é possível identificar as opções que estão mais alinhadas com o objetivo da empresa.
Prototipagem rápida	Seguindo as mesmas noções de prototipagem rápida adotadas no Design Thinking, o intuito desse recurso é construir modelos, modelos digitais, simulações de um serviço ou storyboards para testar com os usuários.

Fonte: Adaptado de (THE CIRCULAR DESIGN GUIDE, 2019)

As seis técnicas abaixo pertencem à etapa **LANÇAR**, conforme Quadro 07:

Quadro 07 – Etapa Lançar – Circular Design Guide

Lançar	Descrição
Mapeamento de jornada de produto	A fim de investigar a jornada do produto deve-se questionar "por quanto tempo o produto poderá ser utilizado?", "esse tempo pode ser estendido?" E "o que acontece depois do primeiro ciclo de uso? E depois?". É fundamental avaliar se o produto retornará para a biosfera, se será reutilizado, remanufaturado ou reciclado. O que torna a proposta compatível com a EC é a viabilidade de aplicar os componentes do produto dentro dos ciclos.
Lançar para aprender	O projeto piloto é capaz de testar se os objetivos da proposta foram alcançados. A ferramenta aconselha a criação de um mapa dos pontos de contato do piloto com pessoas, lugares e coisas e a verificação do funcionamento da solução em relação a equipe, suporte, materiais, recursos e parceiros.
Imagine novas parcerias	Após o piloto, novas chances de parceria podem surgir. Isso posto, liste-se parceiros que podem agregar ainda mais valor à organização.
Construção de narrativas	A mensagem transmitida por meio do compromisso de marca e das ações da organização pode despertar emoções e engajar ainda mais o público. O Guia propõe que seja feito um storyboard para auxiliar na construção de uma narrativa que traduza o propósito da empresa.
Alinhe sua organização	Os princípios do Design Thinking funcionam para preparar a empresa para receber a circularidade. A planilha de projeto organizacional disponibilizada pelo guia é dedicada à avaliação dos processos, incentivos, estratégias, talentos, infraestrutura e estrutura dos times.
Loops de aprendizagem contínua	O recurso orienta o acompanhamento dos feedbacks gerados na técnica "incorporar mecanismos de feedback" para planejar as futuras melhorias, oportunidades e inovações do projeto. Isso permite uma constante evolução a partir de insights coletados continuamente.

Fonte: Adaptado de (THE CIRCULAR DESIGN GUIDE, 2019)

O Guia oferece uma grande quantidade de ferramentas para exercitar o pensamento circular e experimentar os primeiros projetos. Estimula o designer a fazer perguntas e a explorar as possibilidades que surgirem a partir delas (THE CIRCULAR DESIGN GUIDE, 2019).

3.2. Correspondências entre frameworks, ciclos biológicos e técnicos

A pesquisa empírica deve começar com um forte embasamento na literatura relacionada, a identificação de uma lacuna de pesquisa e a proposição de questões que abordem essa lacuna (EISENHARDT; GRAEBNER, 2007). Por se tratar de um tema bastante recente, o mapeamento da literatura identificou diversas lacunas, dentre as quais, identifica-se a carência de teorias sobre o desenvolvimento de produtos alinhados à Economia Circular. Definiu-se como tópico de pesquisa, a identificação e análise de recomendações para o design orientado à EC, com as seguintes questões norteadoras: Como devem ser configurados produtos circulares? Quais os principais desafios ou barreiras enfrentadas? Uma vez que há ainda pouco debate acadêmico formal sobre o tema dentro da literatura de design e sustentabilidade, apesar de crescente, observa-se que a falta de fundamentação também se reflete no escasso número de estudos de caso e análises empíricas.

Com base nas metodologias evidenciadas, é possível perfazer uma análise comparativa entre as técnicas descritas e o diagrama sistêmico da EC. Observa-se ainda que as metodologias visam contribuir com ferramentas e sequências de atividades essenciais ao processo de projeto, do início (problema ou necessidade) ao fim (produto ou solução), centradas no ser humano. É importante reconhecer que existem processos diversos e que todos podem auxiliar o designer no percurso do desenvolvimento de produtos, bastando a ele selecionar aquele que lhe parecer mais pertinente.

Fica evidente que o processo de design, embora representado de forma linear para facilitar a compreensão, é um processo estruturado que possui etapas comuns, e que as atividades realizadas seguem trajetórias diversas, muitos avanços e retornos. É importante que o designer, oriente-se por um modelo de processo, para realizar seus projetos de forma organizada dentro dos prazos estabelecidos. Também é fundamental considerar que os retornos

no processo devem existir possibilitando uma revisão constante dos problemas, oportunidades e possibilidades de solução.

Cabe resgatar nesse momento que o diagrama sistêmico da EC (Figura 12, p. 86) é formado, mais especificamente, por ciclos biológicos e técnicos. Os materiais otimizados para o ciclo técnico também são considerados nutrientes – nutrientes técnicos – e utilizados de modo que circulem em ciclos industriais fechados – principalmente aqueles que não são produzidos de forma contínua pela biosfera (não-renováveis). Enquanto no sistema atual de produção esses materiais são usados apenas uma vez (ou algumas vezes, se reciclados através de técnicas convencionais) para então serem incinerados ou descartados em aterros sanitários, a EC propõe que eles alimentem continuamente a geração de novos produtos, conforme Quadro 08:

Quadro 08 – Ciclo técnico EC



Fonte: Elaborado pelo autor

Seguindo essa linha de raciocínio, podemos observar que o *Biomimicry Thinking* integra as soluções do meio ambiente nos projetos e as lições observadas nos “Princípios da Vida” (Figura 14, p. 105) podem ser relacionadas com diversas partes do diagrama sistêmico da EC. Estar localmente atento e responsivo, tirar vantagens dos processos cíclicos e usar energia e materiais disponíveis estão conectados com o conceito geral da EC. Usar química amiga da vida é o que acontece no ciclo biológico, na qual as substâncias são absorvidas de forma segura pelo ambiente. Ser eficiente no uso de materiais e energia pode ser relacionado aos ciclos técnicos de manutenção e reuso/redistribuição, nos quais os produtos devem ser projetados com mais qualidade e durabilidade.

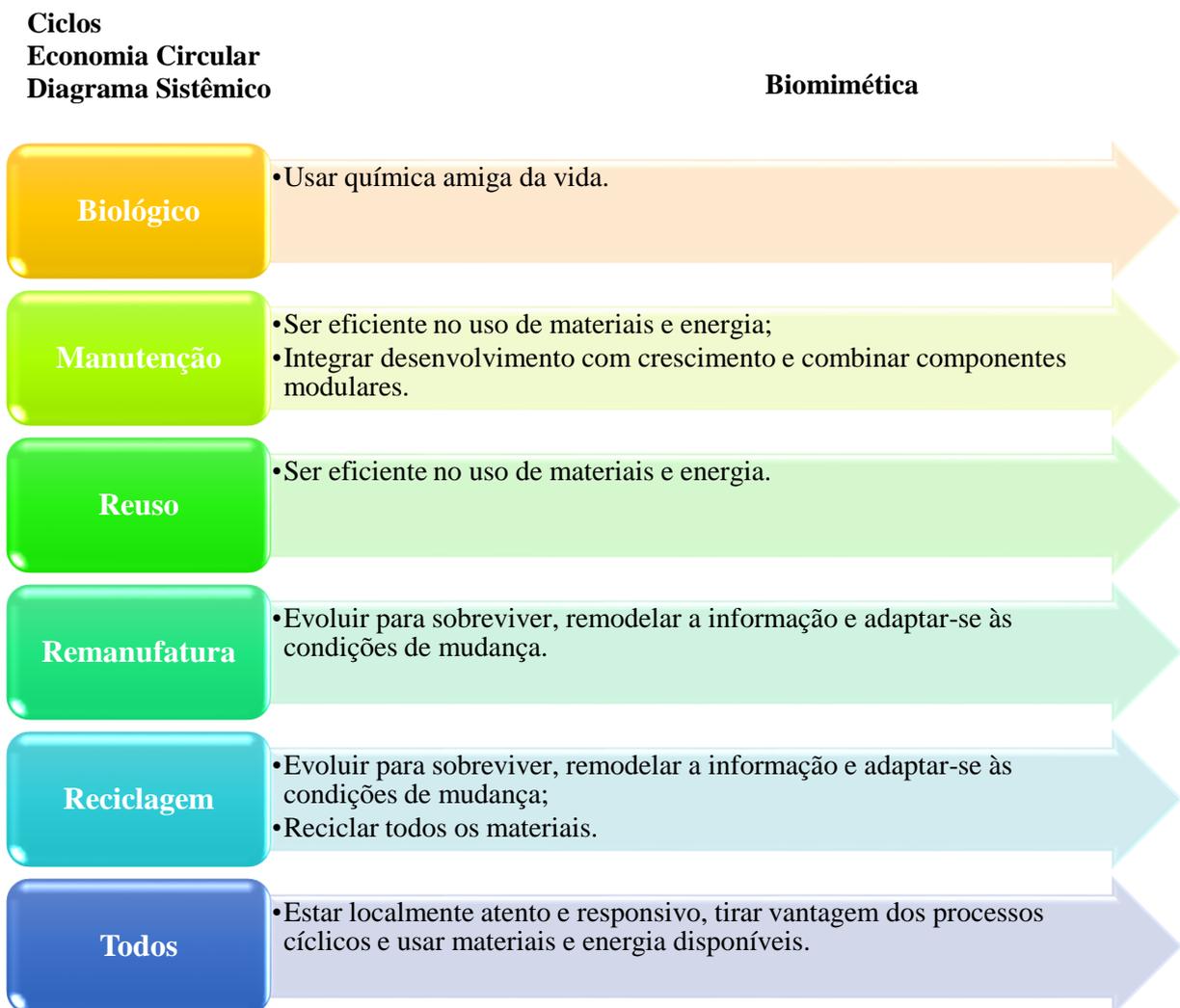
Reciclar todos os materiais condiz com o último ciclo do diagrama sistêmico. Integrar desenvolvimento com crescimento e combinar componentes modulares podem ser aplicados no ciclo de manutenção, para facilitar a desmontagem e a troca de peças. Evoluir para sobreviver, remodelar a informação e adaptar-se às condições de mudança, podem representar os ciclos de remanufatura e reciclagem, onde os produtos são desmontados para se transformar em outro ou tem seus componentes reprocessados, mas mantendo valor.

O *Circular Design Guide* também se associa diretamente ao diagrama sistêmico. As técnicas “entenda os fluxos circulares”, “pensamento regenerativo” e “modelo de negócio circular” correspondem a todos os ciclos da EC. Os recursos “de dentro para fora”, “escolhas inteligentes de materiais”, “mapeamento de jornada de produto”, “incorporar mecanismos de *feedback*” e “loops de aprendizagem contínua”, descritos no guia, apresentam questões relacionadas à qualidade e otimização dos materiais, além da durabilidade das peças, características presentes no ciclo técnico de manutenção do diagrama sistêmico. A ferramenta “transformação em serviço”, descrito no guia, pode compor os ciclos de manutenção e de reuso/redistribuição do diagrama sistêmico, na medida em que propõe uma reavaliação na forma de suprir determinada demanda a fim de manter o produto em uso por mais tempo.

O *Design Thinking* não contém estágios específicos para o sistema circular, mas proporciona uma análise aprofundada do usuário e busca projetar experiências, centradas nas pessoas. A abordagem é antropocêntrica na criação e no desenvolvimento de um projeto, utilizando a criatividade e a capacidade analítica para o desenvolvimento e adaptação de soluções e, nessa medida, emerge como uma alternativa para reinvenção do processo produtivo.

As abordagens analisadas contemplam etapas que podem ser relacionadas diretamente a EC, conforme apresentado no Quadro 09, contribuindo e evidenciando as possibilidades de interação com seus ciclos, de forma evolutiva e complementar.

Quadro 09 – Correspondências Metodologias x Diagrama Sistêmico EC



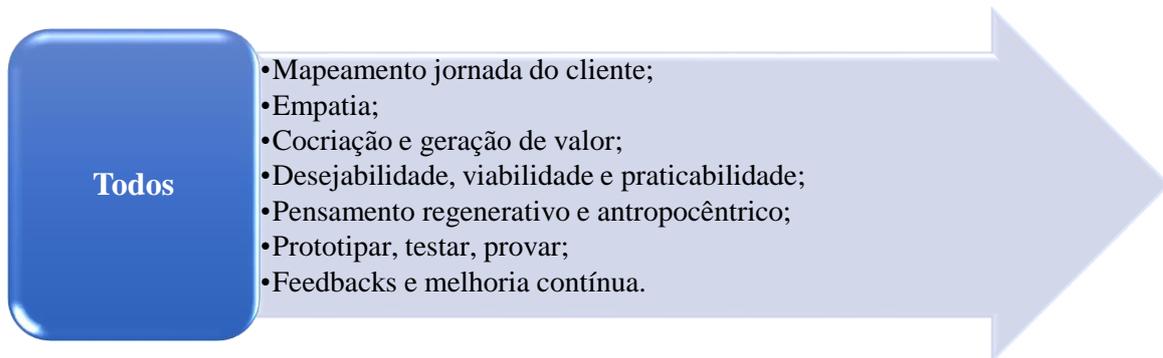
**Ciclos
Economia Circular
Diagrama Sistêmico**

Circular Design Guide



**Ciclos
Economia Circular
Diagrama Sistêmico**

Design Thinking



Fonte: Elaborado pelo autor

4. PENSAMENTO ESTRUTURADO PARA O DESIGN CÍCLICO

A partir deste ponto, faz-se necessária a organização de uma síntese da literatura referenciada, na medida em que se evidenciam pontos de convergência entre as temáticas abordadas, tais como as premissas para um desenvolvimento sustentável, o estado de emergência climática, padrões de consumo e produção, logística reversa, ciclo de vida de materiais e produtos, características do modelo econômico circular e as metodologias de design. Dessa forma, é possível sistematizar um pensamento viabilizador de um design “cíclico”, considerando que maximizar o gerenciamento eficiente dos recursos e a vida útil de produtos, considerar a saúde e a reutilização dos materiais, a energia renovável e a gestão do carbono, a justiça social e a gestão da água, além de encerrar a geração de resíduos, passam a compor estratégias de resposta objetivas às questões prementes de nosso tempo.

As alternativas de recuperação de valor de recursos dos ciclos biológicos e técnicos, alinhadas às estratégias de gestão da obsolescência viabilizam a identificação de diretrizes para um design efetivamente orientado à circularidade, com critérios bem definidos. Faz-se necessária criatividade e perseverança para conduzir à prática os princípios abordados. E é por meio da clareza de compreensão, intenções e critérios que viabilizamos ações transformadoras nas esferas do design e de modelos de negócio e serviços de forma efetiva.

4.1. Síntese da revisão literária

No quadro a seguir, elaborado pelo autor, são relacionados os conceitos teóricos mais relevantes, selecionados a partir da pertinência da temática, conforme Quadro 10, que influenciarão o design de produtos e serviços, auxiliando nas ações de fechamento e estreitamento dos fluxos de recursos:

Quadro 10 – Síntese premissas

Abordagem	Fonte
"Berço ao berço" - produtos desenvolvidos para regenerar ecossistemas como nutrientes biológicos ou para regenerar indústrias como nutrientes técnicos, componentes e materiais em um ciclo de materiais 100% fechado.	MCDONOUGH; BRAUNGART (2002)
"Closing" - através da reciclagem, o ciclo entre o pós-consumo e a produção é fechado, resultando em um fluxo circular de recursos.	STAHEL (1982) BOCKEN et al. (2016)
"Upcycling" - reuso de materiais como matéria-prima, com aprimoramento de valor, retendo ou melhorando suas propriedades.	LEWANDOWSKI (2016)
"Simbiose Industrial" - utilização de resíduos das indústrias, uma das outras, como recursos (resíduos como nutrientes).	CHERTOW (2000, p.313)
"Slowing" - extensão da vida útil de bens como ponto sensível para uma transição gradual para uma sociedade sustentável.	STAHEL (1982)
"Extensão do ciclo de vida" - concepção de bens de longa duração com extensão do ciclo de vida do produto (ex.: serviços para prolongar a vida de um produto, reparo e remanufatura), fase de uso ampliada ou intensificada, retardando os ciclos e o fluxo de recursos. Melhorias na capacidade e planejamento da manutenção, reduzindo a taxa de substituição.	BOCKEN et al. (2016)
"Sistema produto-serviço" - cliente paga pelo uso do bem ou desempenho. Não há benefícios inerentes à posse do produto. A propriedade implica custos de investimento, despesas de reparo, manutenção e tratamento de fim de uso.	MANZINI; VEZZOLI (2016)
"Compartilhamento" - o compartilhamento incrementa o uso eficiente de recursos, equipamentos e ativos físicos subutilizados.	FRENKEN (2017)
"Seleção criteriosa de materiais" - menos poluentes, não tóxicos, de produção sustentável ou reciclados, ou ainda que requeiram menos energia na fabricação; mais duráveis e que funcionem melhor, a fim de reduzir desperdícios e gerar menos resíduo.	MACKENZIE APUD GIUDICE ET AL. (2006)
"Responsabilidade compartilhada" - pelo ciclo de vida dos produtos, a ser implementada de forma individualizada e encadeada, abrangendo os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, os consumidores e os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos.	BRASIL (2010)
"Biomimética" - a natureza é a maior e melhor referência tecnológica para o desenvolvimento de novos serviços, processos e artefatos.	BENYUS (1997)
"Design Circular" - planejar intencionalmente os aspectos de durabilidade, compatibilidade, modularidade e funções multitarefas de produtos, além de estratégias para reutilização, reparo e remanufatura de produtos.	DELFTX (2016)
"Tecnologia e inovação" - papel crucial nas mudanças do mundo industrial e da sociedade, com destaque para Internet, Automação Industrial, Inteligência Artificial, culminando com a Revolução 4.0 nas indústrias. A tecnologia permite inovações disruptivas desde o nível do modelo de negócio e gestão da cadeia de valor até soluções em termos operacionais, como a reciclagem. A tecnologia é essencial por permitir a entrega e o compartilhamento do valor, respectivamente, além de acesso a informações, como a rastreabilidade de materiais ao longo de múltiplos ciclos de uso.	HERMANNET et al. (2015)

Fonte: Elaborado pelo autor

Ao longo do tempo, países e empresas dedicaram esforços buscando crescimento econômico e obtenção de lucro, negligenciando os impactos ambientais negativos atrelados à esteira de produção industrial. A rápida degradação de ecossistemas que têm sido indissociáveis do crescimento econômico, tem mudado a relação do ser humano com a natureza, colocando-a numa posição de fragilidade ecológica. Ao contribuir para o esgotamento das reservas de recursos naturais do planeta e para o incremento dos níveis de poluição registrados, o atual modelo de desenvolvimento e crescimento tem impactado o bem-estar das gerações atuais e consolida grandes riscos e desafios para o futuro.

O planeta não será capaz de sustentar o ritmo da atividade econômica, sem a criação de um modelo produtivo ambientalmente mais positivo, no qual os materiais e energia sejam preservados e geridos de forma mais responsável. Para assegurar um futuro sustentável é necessária a mudança para modelos de negócio inovadores e equilibrados. Mais do que enfatizar fluxos de materiais, a EC promove o repensar de uso dos bens e dos processos produtivos, não de forma isolada, mas em cadeia, tendo como premissa a regeneração de materiais com origem biológica, ou a restauração, para os materiais e componentes processados no ciclo técnico. Desta forma, estende-se a vida útil de materiais e produtos para múltiplos usos, possibilitando a geração de receitas do que antes era associado a rejeito, restando preservados todos os demais recursos empregados nos processos (água, energia, tempo e materiais).

Observa-se que o design tem ampliado seu escopo de atuação de acordo com os preceitos e necessidades do modelo contemporâneo de desenvolvimento, no entanto faz-se necessária a promoção e a orientação de ações práticas em âmbito local, com o objetivo de elevar o grau de consolidação e disseminação do design para a sustentabilidade. Neste contexto, também se observa que, tanto a retórica, quanto a prática das novas dimensões do design, ainda precisam superar a tradicional inércia de todos os interessados na aceitação, adoção e utilização de produtos e/ou serviços baseados em requisitos sustentáveis e inovadores. Como um dos

principais entraves para a disseminação de um design circular ou cíclico, identifica-se a própria concepção do design (da forma como tem sido convencionalmente entendida ao longo da história), na medida em que o mesmo tem a produção industrial massificada e a obsolescência técnica/funcional, programada ou percebida, como parâmetros.

Quando se produz para um mercado que possui demandas cada vez mais urgentes e instantâneas, o designer (que atua de acordo com os padrões convencionais) se encontra inabilitado para desenvolver atividades de projetos que incluam requisitos ambientais, sociais ou culturais. Visto que os procedimentos para a execução desse tipo de projeto demandam informações auxiliares (inventário ciclo de vida por exemplo), tecnologia, engenharia de materiais, técnicas e processos de fabricação, desenvolvimento de novas competências e o envolvimento de toda a cadeia de stakeholders.

Conforme abordado nesta dissertação, é necessário que os materiais retornem aos ciclos produtivos em uma cadeia de circuito fechado, considerando que a grande maioria das matérias primas é constituída de recursos naturais não renováveis. Com este propósito, os conceitos básicos de design têm muito a auxiliar na mudança de paradigmas em busca de parâmetros holísticos de ampla sustentabilidade. Com base na literatura referenciada, podemos afirmar que o design orientado à EC é um dos caminhos para reinvenção do processo produtivo no século XXI. E é nesse momento de transição que o modelo ganha força, uma vez que as empresas precisam melhorar seus processos agregando eficiência e, para isso, buscam na criatividade, engenharia e na tecnologia as bases para evolução efetiva de suas atividades. Entendendo o comportamento das pessoas na sociedade contemporânea, especialmente o comportamento de consumo, podemos desenhar o caminho dos produtos descartados e seus resíduos e as tecnologias podem colaborar na rastreabilidade, recaptura de valor e no desenvolvimento de produtos mais adequados a novos ciclos produtivos sustentáveis.

Tendo o design surgido enquanto atividade formal junto com a revolução industrial, consolidou-se a partir da necessidade de um novo pensamento para a concepção e produção em massa, trazendo como principal benefício a ampliação do acesso a produtos e serviços. Porém, os critérios usados para esse processo não consideraram a valorização e recirculação dos recursos, materiais e componentes. Pelo contrário, a partir de 1930, num esforço de estimular a economia depois da Grande Depressão de 1929, designers passaram a ser incumbidos de desenhar novos produtos a partir da obsolescência (funcional e percebida). Esta estratégia ainda vigora, especialmente na indústria de eletrônicos. Isso significa que os produtos são projetados com a intenção de se tornarem obsoletos para que sejam descartados e substituídos o mais rápido possível, perpetuando uma sociedade de consumo massivo de bens e serviços.

Para além da estratégia intencional que estimula o desperdício e o consumismo, não é difícil perceber que o design não tem encarado premissas de recuperação de valor dos materiais e componentes de um objeto após o seu descarte. Em sua grande maioria, os produtos no mercado não foram desenhados para serem desmontados ou reciclados. A logística reversa desses produtos torna-se, então, inviável, seja por motivos técnicos ou financeiros, conforme já abordado. Por não terem sido concebidos com esse objetivo de partida, o processo de desmontagem danifica componentes e materiais, e a reciclagem se limita à subciclagem, resultando em materiais de qualidade e funcionalidade inferiores.

A intenção do design na indústria contemporânea se limita a criar produtos atraentes que sejam acessíveis, sigam as regulamentações mínimas, gozem de desempenho suficiente ou aceitável e durem o bastante para atender às expectativas do mercado. Agora que temos consciência das consequências negativas desse modelo, e da EC como um todo, é fundamental reavaliarmos os critérios que definem um bom design. Nesse novo cenário, não podemos dizer que um produto é de boa qualidade se ele é tóxico para as pessoas ou para o planeta e se os materiais usados em sua composição se transformam em lixo após o primeiro uso.

Por isso, o desenho de produtos também precisa incluir critérios de circularidade e de saúde humana e ambiental. Esse quadro é desafiador, mas traz uma enorme oportunidade de inovação através do design, em todas as indústrias. Assim como os designers contribuíram para o desenvolvimento da economia linear, eles têm o potencial de liderar a transição para uma economia circular. É necessário que todos os envolvidos no ciclo de vida de um produto, incluindo os consumidores, setor privado e o poder público entendam o papel de cada um nesse novo modelo. É o pensar constante em processos que visam à eficiência na utilização dos recursos e buscam produtividade e lucratividade com responsabilidade ambiental, transformando essa nova geração de produtos na melhor opção de compra.

Uma EC em pleno funcionamento não se limita à reciclagem ou logística reversa, inclui o uso de materiais que não agredem o meio ambiente, fontes de energia renováveis e união das empresas, interconectadas no que tange à utilização correta de recursos naturais e ou reciclados como insumos industriais, em um contexto tecnológico disruptivo da Indústria 4.0. Mas a grande vantagem do modelo, mesmo que teórica, é provar que, mais do que cuidar do meio ambiente, trazer os materiais de volta ao ciclo é economicamente rentável. A ideia, portanto, é planejar, como conduzir o processo baseado na proposição de ciclos infinitos, além de englobar e aperfeiçoar cada vez os mais os sistemas sustentáveis dentro do modelo de produção de bens, considerando tratar-se de um regime de alta complexidade.

4.2. Recomendações para o design orientado à circularidade

A sociedade contemporânea baseia-se no uso de recursos naturais para quase tudo que produz e consome. O desenvolvimento econômico e tecnológico transformou recursos naturais em “recursos materiais”, ou seja, matérias primas e insumos para a produção industrial em larga escala. Para o design, os recursos materiais são utilizados para dar vazão às ideias, que decorrem

da união entre valores tangíveis e intangíveis, como características técnicas, funcionais, simbólicas, emocionais entre outras. O objetivo é o uso do material para produção de componentes e artefatos orientados por demandas ou necessidades de usuários. Porém, em um universo de incremento de complexidade e de níveis de insustentabilidade relacionadas à escassez das fontes de fornecimento de materiais, é preciso reavaliar processos com o intuito de replanejar o uso dos recursos, prospectando novos modelos que resultem em soluções sustentáveis, sob as óticas econômica, ambiental e social.

A ênfase do design tem sido deslocada para a atratividade cosmética do produto e a promoção da marca por meio do marketing. Como resultado, nossa sociedade de consumo tem sido ativamente seduzida por novos e melhores bens e serviços, favorecendo o consumo e o desperdício massivo de recursos e energia. O marketing penetrante de sedução e até normas culturais nos estimulam a comprar cada vez mais produtos, ainda que sem necessidade. Quando o produto quebra, é financeiramente inviável repará-lo ou simplesmente ele não pode ser reparado. Inovações tecnológicas nos compelem à aquisição de novos e melhores modelos, pois a atualização de produtos existentes é quase impossível. Como resultado, grandes quantidades de mercadorias acabam em aterros, gerando graves consequências ambientais, com enorme desperdício de materiais, energia, água e mão de obra, neles incorporados.

Adotar a EC significa olhar para o design, o alicerce de toda a sua estrutura. O design seleciona materiais e processos produtivos mais indicados para concepção de produtos e serviços, otimizando o uso de energia e matérias-primas renováveis, não tóxicas e que incorporem componentes recuperados. Deve pensar itens duráveis, permitindo um maior ciclo de vida, tanto do ponto de vista de reparação como recuperação para remanufatura. Adicionalmente, o design tem que readaptar processos, rever relacionamentos com fornecedores e distribuidores, pensar em reduzir distâncias e compartilhar infraestruturas, materiais e energias. A essência da EC reside exatamente no design e no processo industrial

bem planejados, mantendo ciclos fechados, nos quais os recursos utilizados sejam passíveis de circulação infinita, sem a necessidade de novas extrações. Embora sempre exista uma certa quantidade de dissipação inevitável, a intenção do design passa a ser a viabilização de um circuito contínuo e equilibrado. A comercialização de produtos 'sustentáveis', parcialmente feitos de materiais reciclados ou mais eficientes em termos de energia do que suas versões anteriores, não é suficiente.

O design cíclico refere-se ao projeto no qual deve-se questionar deliberadamente: Quais são os materiais? Quais são os processos? Que tecnologias serão utilizadas? Como será o pós-consumo? Ele pode ser consertado, reaproveitado ou remanufaturado? Em caso de necessidade de manutenção, o próprio consumidor deve recuperá-lo, evitando-se, assim, o custo adicional com uso de novos recursos, como transporte, energia e tempo. Somente quando isto não for possível, deve-se acionar os prestadores de serviços de assistência. Quando o produto deixa de gerar valor, o consumidor deve retorná-lo ao fabricante, mediante logística reversa. Este, então, procederá à sua remanufatura e posterior reintrodução no mercado, possibilitando um novo ciclo de uso (BERARDI, 2019).

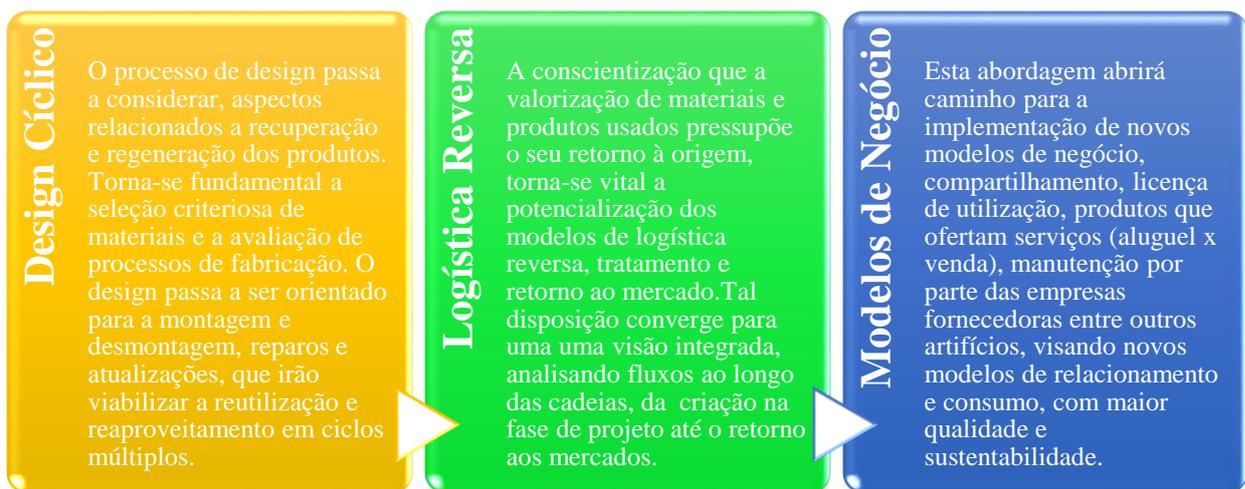
Por fim, só depois de atendidas todas as possibilidades dos fluxos anteriores, quando não há mais alternativas para reutilização total ou parcial desse produto, este deve seguir para a reciclagem. A adoção da reciclagem no sistema linear é a tentativa de dar uma solução ao final do processo, ao passo que nos fluxos circulares, a mesma foi programada desde a concepção do projeto, depois de esgotados os fluxos de materiais em níveis anteriores.

Numa EC, conforme abordado anteriormente, o crescimento é dissociado do uso de escassos recursos através da tecnologia, engenharia de materiais e modelos de negócios baseados na longevidade, renovabilidade, reutilização, reparo, atualização, reforma, compartilhamento e desmaterialização. Isto posto fica evidente a necessidade da adoção de perspectivas sistemáticas para o processo de design, empregando materiais e processos de

fabricação apropriados para a vida útil adequada e uso futuro estendido dos produtos. Manter, reparar e atualizar recursos em uso para maximizar a vida útil dos artefatos, proporcionando novos ciclos através de estratégias de retomada e revalorização.

A estratégia circular de produtos diz respeito ao fim da vida útil e, ao evoluir a infraestrutura de reciclagem e as proposições de design, com diferentes cenários de final de vida, ela evidencia potencial ao reter valor intrínseco aos resíduos. As alternativas devem ser selecionadas tomando por base uma matriz de projeto circular, com critérios norteadores bem estruturados. Dessa forma, podemos elencar três pilares básicos da circularidade de produtos e serviços, conforme Quadro 11:

Quadro 11 – Pilares da circularidade de produtos e serviços



Fonte: Elaborado pelo autor

Se um produto é reparado ao invés de reciclado, estarão sendo economizados recursos e energia. Isso significa que vale a pena adiar, pelo maior tempo possível, o momento em que um produto é reciclado. Estender o período de utilização dos produtos pode ser uma estratégia altamente eficaz para redução do uso de recursos virgens.

Nesse contexto o “Princípio da Inércia” surgiu para guiar os produtos dentro do ciclo técnico; “Não repare o que não está quebrado, não remanufacture algo que possa ser reparado, não recicle um produto que possa ser remanufaturado. Substitua ou trate apenas a menor parte

possível para manter o valor econômico existente” (STAHEL, 2016). Para os projetistas de produtos, tal princípio trata da integridade do produto, que definimos aqui como a extensão em que um produto permanece idêntico ao seu estado original (por exemplo, como fabricado) ao longo do tempo. O ponto de partida é o produto original, e a intenção do Princípio da Inércia é manter o produto nesse estado, ou em um estado o mais próximo possível do produto original, pelo maior tempo possível, minimizando e eliminando idealmente os custos ambientais ao realizar intervenções para preservar, restaurar o valor econômico agregado do produto ao longo do tempo. Dessa forma, podemos identificar seis estratégias de design para gerenciar a obsolescência, conforme Figura 17:

Figura 17 – Estratégias de design para gestão da obsolescência



Fonte: Elaborado pelo autor

Toda obsolescência é, em última análise, uma perda do valor percebido (ou seja, desejo ou afinidade) do produto e/ou sistema, desencadeado, em alguns casos, por funcionalidade

reduzida. O estado de obsolescência não precisa ser permanente. Ele pode ser revertido, dando a um produto uma nova vida. Expressar a vida útil do produto em termos de obsolescência e reconhecer que a obsolescência pode ser revertida frequentemente leva às seguintes definições, conforme Quadro 12:

Quadro 12 – Reversão da obsolescência



Fonte: Elaborado pelo autor

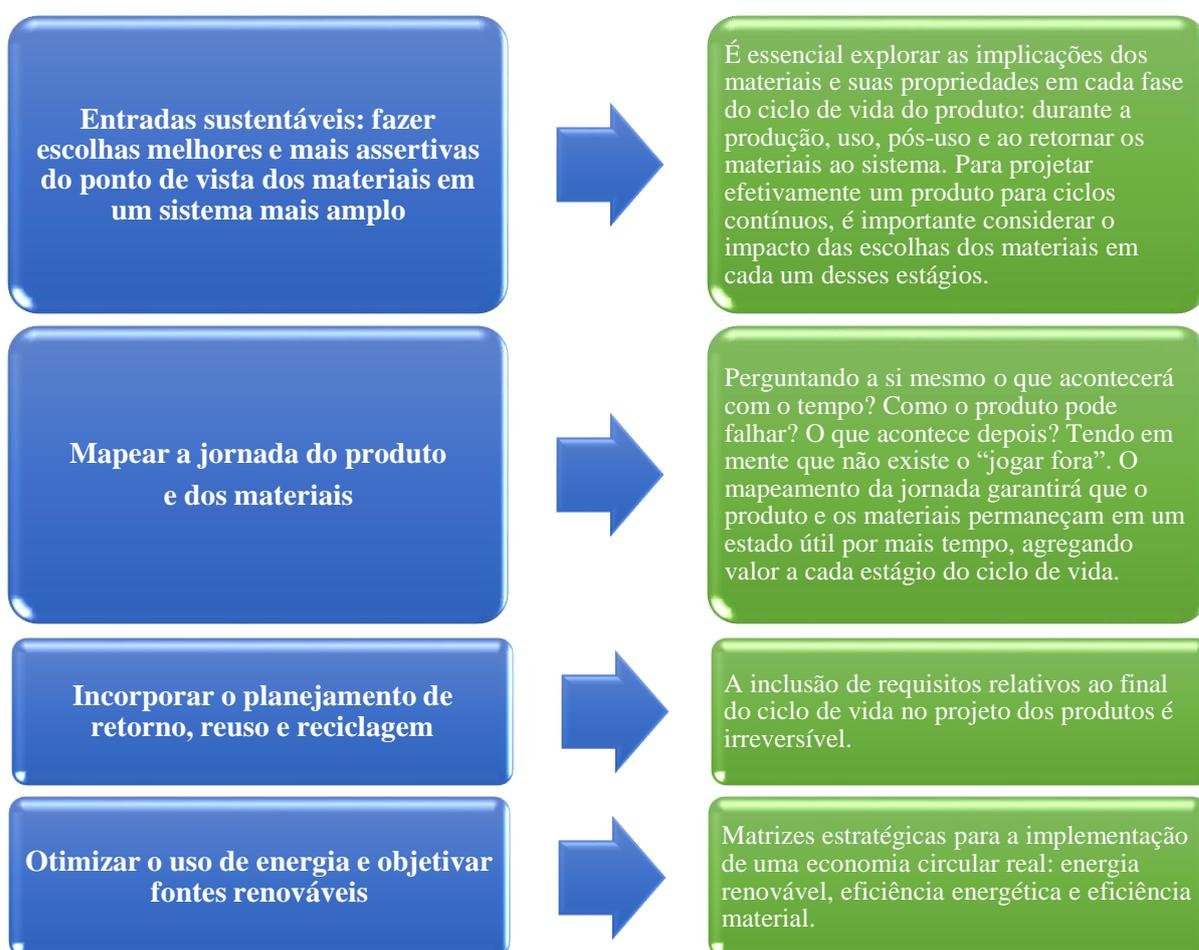
Das definições acima, segue-se que os produtos podem ter um ou mais ciclos de uso, mas apenas uma vida útil. Enquanto a obsolescência do produto puder ser revertida, um novo ciclo de uso poderá ser iniciado. Entretanto, se os recursos puderem ser recuperados apenas com o gasto de destruir permanentemente a integridade do produto, ou seja, através da reciclagem no nível do material, a vida útil do produto termina. Ao usar o termo obsolescência nas definições de ciclo de uso do produto e no tempo de vida do produto, reconhece-se que a duração dos ciclos de uso do produto e a vida útil do produto não são determinados exclusivamente pelas propriedades físicas do produto isolado, mas pelo valor percebido em seu contexto mais amplo.

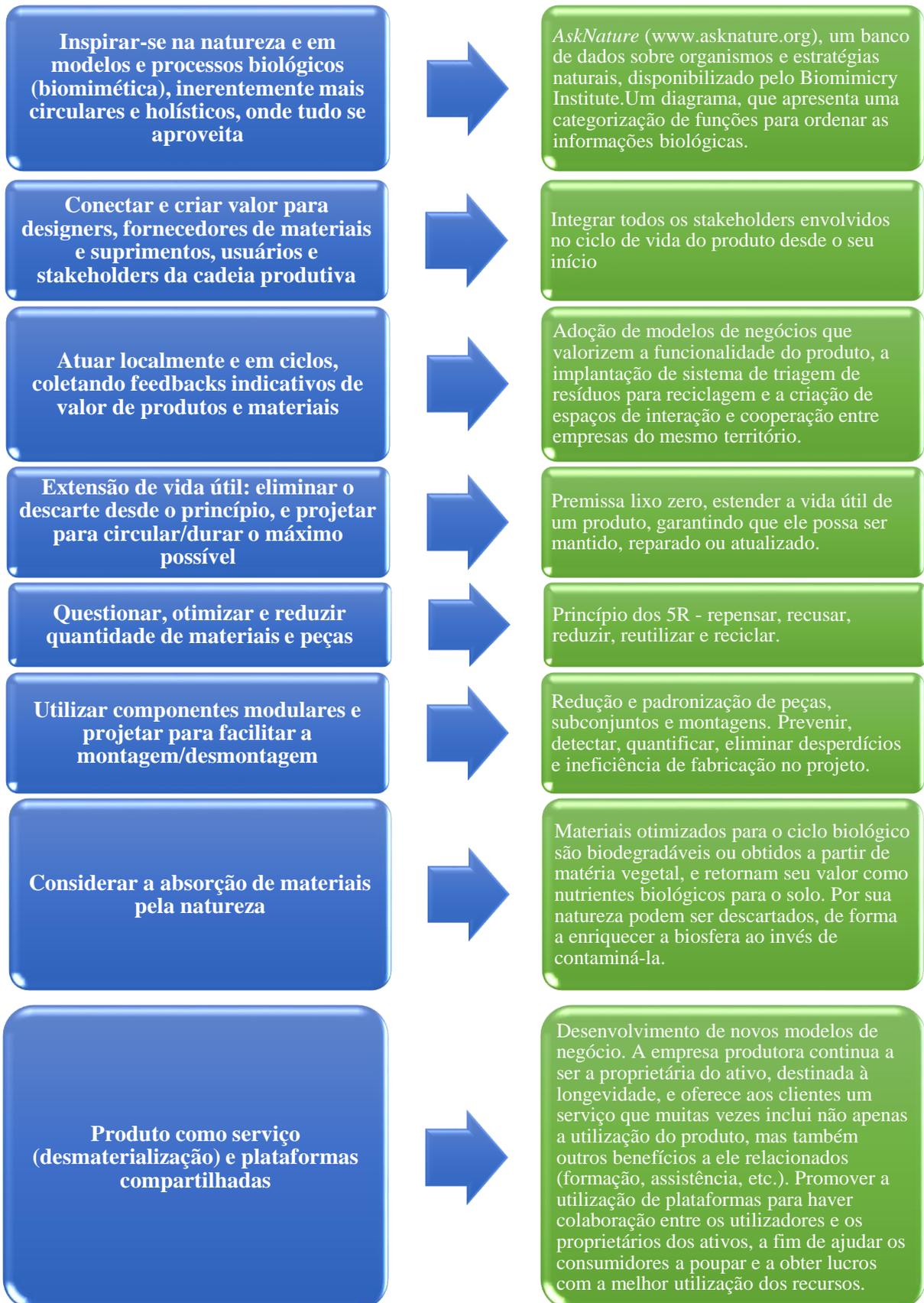
Aceitando que o desperdício não é uma opção em uma EC, prolongar a vida útil preservando o valor econômico incorporado é a maneira mais eficaz de conservar recursos. Cabe ressaltar que produtos mais duradouros, podem acabar se tornando obsoletos e ineficientes ecologicamente, consumindo mais energia e entropia do que produtos que foram feitos para

durarem menos, mas com um resultado final mais natural, como produtos biodegradáveis. É necessária a utilização de tecnologias que sejam apropriadas a um resultado mais sustentável, para que as próprias estruturas que contêm a tecnologia de produzir bens sustentáveis e não prejudiciais ao meio ambiente, não se tornem um problema ao final da vida-útil.

Nesse contexto, o design cíclico deve considerar princípios orientadores, estratégias e métodos que sustentem o desenvolvimento de artefatos duráveis, além de uma rigorosa avaliação de materiais, processos, tecnologias, performance e características funcionais, técnicas inovadoras, possibilidades de recuperação de valor de materiais e componentes por meio da revenda, reuso, redistribuição, reparo, reforma, remanufatura, restauração e reciclagem. Para subsidiar tais níveis de recuperação de valor o designer pode considerar alguns critérios norteadores, conforme Quadro 13:

Quadro 13 – Critérios norteadores para a recuperação do valor de recursos





Fonte: Elaborado pelo autor

Tais critérios norteadores podem ser trabalhados durante o processo de design com base em algumas recomendações direcionadas, conforme Quadro 14:

Quadro 14 – Recomendações aplicadas ao processo de design cíclico

<p>Incorporar materiais constituintes recicláveis</p> <ul style="list-style-type: none"> • Materiais recicláveis que possuem tecnologia conhecida incluindo a busca de novos materiais de menor impacto ambiental. Condição essencial para a geração de mercado para materiais reciclados. 	<p>Incorporar produtos ou componentes remanufaturados nos novos produtos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Condição essencial para a geração de mercado e fundamental para o ciclo virtuoso sustentável. Para tanto muitos preconceitos empresariais e da sociedade deverão ser superados. 	<p>Projetar e selecionar embalagens retornáveis ou reutilizáveis ou descartáveis</p> <ul style="list-style-type: none"> • A utilização de embalagem descartável ou retornável deve levar em conta, além dos efeitos sobre o meio ambiente, o equacionamento de todos os custos incorridos em cada caso.
<p>Avaliar as condições de transporte e armazenamento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Em todas as movimentações dos produtos e materiais é necessário planejar os recursos de forma a reduzir emissões, garantir eficiência nas viagens, incluindo a seleção do modal de transporte. 	<p>Incorporar a organização da logística reversa</p> <ul style="list-style-type: none"> • A logística reversa de produtos e materiais de pós-consumo poderá se dar de forma espontânea, quando existe interesse econômico, ou por meio de legislação. Sua organização é fundamental para garantir eficiência nos processos de equacionamento dos fluxos de produtos e materiais. 	<p>Estimular o reaproveitamento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Planejar o produto tendo em vista a minimização de custos nos processos de reaproveitamento. O projeto, portanto, visará a redução ou eliminação de aspectos construtivos que dificultem a desmontagem, e facilitem a identificação e segregação dos materiais constituintes de suas partes.
<p>Seguir em frente com os materiais</p> <ul style="list-style-type: none"> • Embora o designer desempenhe um papel crucial na seleção de materiais, determinados aspectos do projeto e de sua fabricação podem ser desafiadores. É aqui que os membros de uma organização se tornam necessários para explorar o que isso significa para a empresa em termos de P&D, inovação, engenharia de materiais etc. 	<p>Prospectar novas oportunidades de melhoria coletivamente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Refletindo sobre como a transparência, o gerenciamento de produtos químicos e a inovação podem auxiliar no atingimento das metas de negócios, desenvolvendo novas parcerias e melhorando o relacionamento com clientes e partes interessadas. 	<p>Reduzir materiais nocivos ao meio ambiente e à saúde em geral</p> <ul style="list-style-type: none"> • Por meio de estratégias como a Diretiva RoHS, por exemplo – Restrições ao uso de substâncias perigosas em concentração acima da recomendada - cádmio (Cd), mercúrio (Hg), cromo hexavalente (CrVI), bifenilos polibromados (PBBs), éteres difenil-polibromados (PBDEs) e chumbo (Pb).

Fonte: Elaborado pelo autor

Cabe reforçar a estratégia de design para montagem e desmontagem, utilizada no desenvolvimento de produtos visando facilitar as atividades dos operadores para desmontagem de um determinado produto. Através da simplificação da estrutura do projeto, eliminação de componentes desnecessários, integração de partes e redução do número de sistemas de junção, obtém-se, uma redução no número de peças, na massa e nas dimensões dos dispositivos, influenciando de forma decisiva a reciclagem e a desmontagem, tornando possível a reutilização e a remanufatura de forma mais eficiente, prolongando a vida útil dos produtos ou de seus componentes. O design para a desmontagem maximiza as fontes de reciclagem e minimiza a potencialidade de poluição de produtos.

Atualmente, os princípios de segregar os nutrientes biológicos dos técnicos e eliminar gradualmente os materiais tóxicos são subutilizados e, portanto, são uma prioridade. Algumas alterações no design podem ajudar a alcançar essa segmentação. Primeiro, os produtos podem ser modularizados para que elementos problemáticos possam ser facilmente isolados e substituídos. Como parte do mesmo processo, os fabricantes podem determinar quais materiais de longa duração devem ser usados para formar o núcleo de um produto modularizado - isto é, o esqueleto que permanece enquanto os módulos e complementos personalizáveis são substituídos. Os métodos de projeto para modularização e padronização de componentes, bem como técnicas de montagem flexíveis (por exemplo, prendedores de encaixe ou colas biológicas em vez de adesivos polímeros) são bem conhecidos e podem ser usados para facilitar a desmontagem dos produtos em preparação para os vários ciclos de vida.

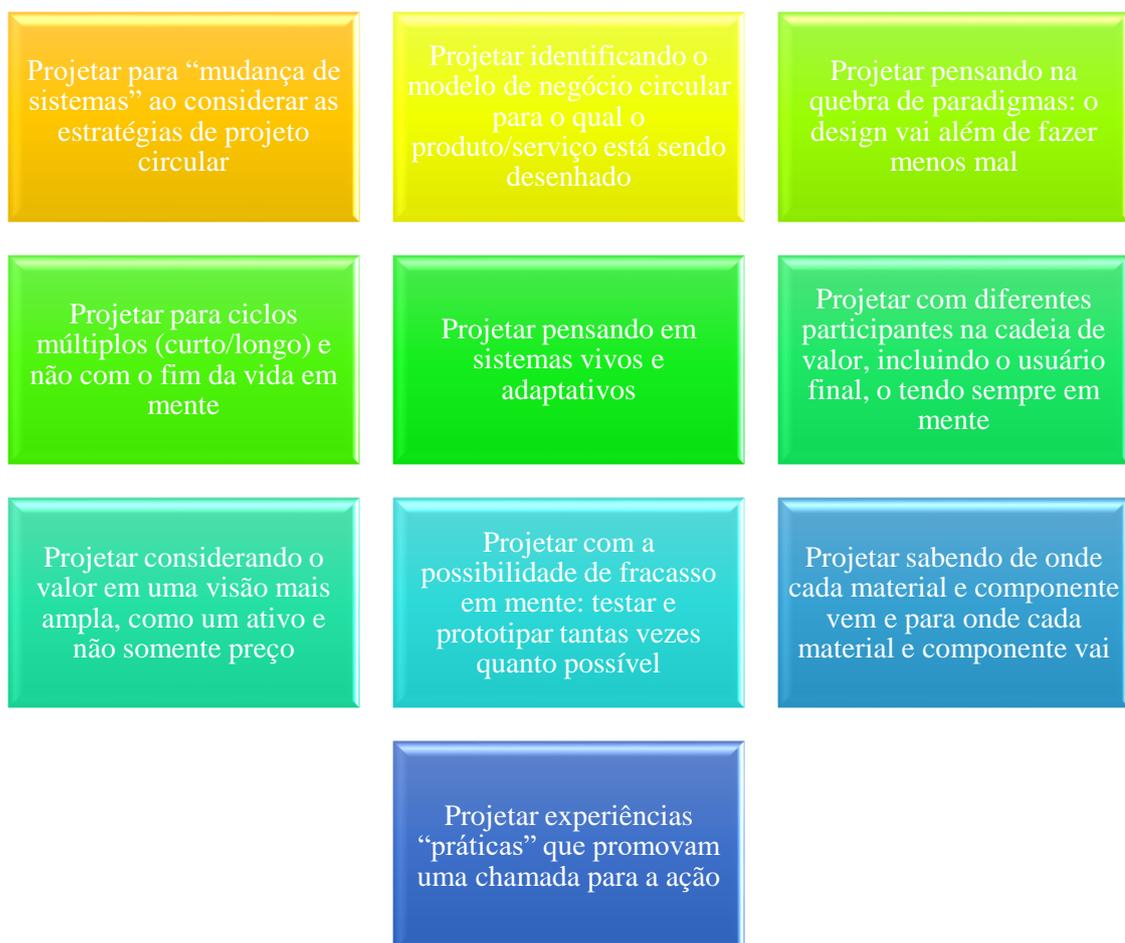
Estratégias circulares envolvem melhorias na seleção de materiais, padronização e modularização de componentes, fluxos de materiais mais puros e design para desmontagem. Tais incrementos reduzem o custo de mover os produtos para círculos reversos cada vez mais reduzidos, sem comprometer a integridade ou funções estruturais. Para otimizar projetos e materiais para produção e uso repetido em loops fechados, a competência principal é pensar em

termos de sistemas, com uma visão clara do produto, das limitações de seus materiais, fornecedores e dos processos de fabricação e montagem.

Fica evidente que o processo de design pode reduzir significativamente a lista de materiais e as despesas com o descarte de resíduos, estimulando o surgimento de novas empresas, mercados e produtos inovadores, atendendo às necessidades de novos clientes. Uma empresa construída em torno de produtos de longa duração e recursos recuperados não pode operar sem modelos de negócio que, de fato, suportem essa estratégia.

Por fim, podemos evidenciar um conjunto de intenções para direcionar a atividade projetual com o objetivo de orientar os designers, no espectro de bens de consumo, a avançar na jornada em direção a Economia Circular, conforme Quadro 15:

Quadro 15 – Intenções voltadas à atividade de projeto



Fonte: Elaborado pelo autor

Estas recomendações têm como objetivo inspirar designers e atuais e futuros tomadores de decisão em negócios, a adquirir novas habilidades e pensar além dos processos atuais, viabilizando um sistema regenerativo proporcionado pelo design. A mudança no papel do design é inevitável para atender a uma sociedade dinâmica que está se familiarizando com a constante necessidade de reinvenção dos negócios. No entanto, os eventos ambientais e sociais urgentes exigem um importante apelo à ação, considerando implicações para o sistema de forma mais abrangente. Os designers devem começar a pensar sobre sua contribuição, cientes dos impactos que podem causar ao mudar sua mentalidade para “provedores de soluções” ao invés de “criadores de objetos” e, dessa forma, mudar a forma de abordagem de design considerando a integridade de produtos e sistemas, conforme Quadro 16:

Quadro 16 – Tipologias de abordagens de design para integridade de produtos e sistemas

Suprimentos circulares	<ul style="list-style-type: none">• pensar em "resíduos como recurso" em que os resíduos são capturados e revalorizados ou devolvidos ao seu estado natural sem agredir o meio ambiente.
Conservação de recursos	<ul style="list-style-type: none">• se concentra em uma abordagem preventiva em que os produtos são projetados com o mínimo de recursos em mente.
Ciclos múltiplos	<ul style="list-style-type: none">• refere-se ao design que visa permitir a maior circulação de materiais em múltiplos ciclos.
Produtos de longa vida	<ul style="list-style-type: none">• estender a utilização de um produto por meio da oferta de serviços para reutilização, reparo, manutenção e atualização, ou aprimorando relacionamentos de longa duração.
Mudança de sistemas	<ul style="list-style-type: none">• pensamento de design em sistemas complexos como um todo, transformando problemas em soluções inovadoras.

Fonte: Elaborado pelo autor

Esta dissertação procura contribuir para o corpo de conhecimento nesta área, analisando o estado da arte do design e sua contribuição para uma Economia Circular. Deve-se reconhecer que a revisão da literatura realizada foi baseada na pesquisa acadêmica e não questiona em que medida a implementação de estratégias de design ou modelos de negócios circulares existem na prática. Mais pesquisas são necessárias para entender como as teorias discutidas estão permeando os setores industriais, usando ferramentas, recomendações e estratégias como as evidenciadas neste instrumento.

Experiências práticas podem incentivar as empresas a embarcar nessa jornada e, nesse processo, por meio de uma base de evidências cada vez mais sólida, testemunhem os ensaios e tribulações da Economia Circular, da gestão de resíduos à preservação de recursos. O foco é o incremento da eficiência nos processos produtivos e, assim, produzir mais com menos recursos materiais e energéticos – sem gerar resíduos. É preciso mudar a percepção e para isso o produto, sistema, serviço ou negócio circular precisa ser tão bom ou melhor que os convencionais, afinal não se trata apenas de economizar recursos, mas de propor um condicionamento cultural.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um novo pensamento veio para transformar nossa relação com os recursos naturais e dissociar a prosperidade econômica da degradação da biodiversidade. Novos produtos e processos devem ser desenhados com criatividade, intencionalidade e circularidade desde o início. A escala do design mudou de produtos, para sistemas. Consumidores e usuários solitários transformaram-se em uma rede de pessoas intimamente conectadas, abrangendo o planeta. Novas ferramentas e práticas, como a inteligência artificial, a internet das coisas, tecnologia dos materiais, biomimética, compartilhamento de bens e a servitização estabelecem novas bases de design, limitadas apenas pela imaginação. Enquanto isso, a criatividade nunca foi tão importante, considerando que a economia global e as tecnologias disruptivas têm desafiado constantemente os modelos de negócios estabelecidos.

Se seguirmos a definição de design como projeto, ou seja, intenção, concepção e planejamento daquilo que virá a existir, não é difícil perceber que todos praticamos design, todos os dias. No Brasil, onde boa parte da indústria ainda não adquiriu o hábito de contratar designers, o desenho de produtos é geralmente desenvolvido por engenheiros de produção, técnicos e outros profissionais. E não é apenas nessa escala que o design acontece. Arquitetos praticam design ao projetar um edifício, urbanistas ao definir intervenções no traçado urbano. Empreendedores desenham planos de negócios e legisladores desenham leis. Todos nós desenhamos, da melhor forma possível e em interação com outros desígnios, nossos próximos passos. Por isso a compreensão, investigação e aplicação de princípios de design e sustentabilidade é uma tarefa que não se restringe apenas aos profissionais de design. Para alcançar essa transformação sistêmica, precisamos de novos produtos, e também de novos processos, modelos de negócio e perspectivas de consumo.

A Economia Circular enfatiza a importância da cooperação e colaboração entre vários stakeholders; produtores, fornecedores, remanufaturadores, gerentes de logística e recuperação, usuários / consumidores, universidades, acadêmicos, formuladores de políticas, pesquisadores e desenvolvedores. Especialmente na fase de projeto, a comunicação ativa entre designers, especialistas em materiais, engenheiros, ambientalistas, economistas e usuários finais é essencial, para subsidiar tomadas de decisões inovadoras em projetos circulares.

O lixo pode ser considerado, de certa maneira, uma falha de design e, esse mesmo design pode ser um elemento essencial para a criação de um mundo sem resíduos. Um mundo em que produtos e sistemas são projetados para manter o valor dos recursos em circulação para as gerações futuras. Em que, mais do que reduzir o impacto negativo de nossas atividades, podemos criar processos benéficos para os seres humanos e para a biosfera. É preciso descobrir novas formas de habitar o planeta, e novas formas de nos relacionar com os recursos e produzir riqueza. O design pode ser um elemento essencial para geração de prosperidade econômica, social e ecológica que se sustente no longo prazo, considerando as recomendações evidenciadas, a utilização de materiais biodegradáveis, duráveis, renováveis, reciclados e recicláveis, para o pensamento de fechamento de ciclo, com menos toxidade, menos impacto, menos desperdício e menos resíduos.

Qualquer aumento na produtividade de um material e em respectivos processos de fabricação, provavelmente terão uma influência positiva importante no desenvolvimento econômico, além dos efeitos da circularidade em setores específicos. A circularidade como um "dispositivo de repensar" provou ser um novo quadro poderoso, capaz de gerar soluções criativas e aumentar as taxas de inovação. A transição para uma Economia Circular é um dos maiores desafios criativos do nosso tempo e o projeto de produtos tem um papel central nesse processo. Essas mudanças impactam a estrutura econômica assim como os fluxos de materiais e requerem inovações técnicas e sociais. Entretanto tal transição não irá ocorrer por si só,

considerando a existência de barreiras como legislações, tecnologia, incorporação insuficiente de impactos ambientais na precificação dos produtos, falta de conhecimento de modelos de negócio, materiais alternativos e processos de produção, além do comportamento não circular entre consumidores e produtores, interesses estabelecidos e investimentos realizados.

“Choques no sistema” tendem a obrigar os setores privado e público a reimaginar o futuro dos negócios, inovar, avaliar cadeias de abastecimento e criar valor em meio à incerteza. Esta mudança foi evidenciada recentemente na pandemia COVID-19, por exemplo, e continuará a ser sentida enquanto o mundo enfrenta os limites planetários. Uma EC centrada nos princípios de que as economias precisam ser regenerativas por design, reter o máximo de valor de produtos e materiais e, simultaneamente, mitigar os impactos climáticos associados à manufatura, contribuir para a resiliência e sobre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – pode, da mesma forma, auxiliar os setores produtivos a recuperar perdas apuradas no modelo tradicional de consumo e desperdício.

Muitas empresas têm procurado adotar práticas circulares em suas estratégias e operações, substituindo materiais tradicionais por materiais renováveis, de base biológica e recuperados; alavancar matérias-primas secundárias de fluxos de resíduos; estender o ciclo de vida dos produtos por meio de projeto e remanufatura; compartilhar ativos de consumo subutilizados de forma mais intensiva ou combinar produtos físicos com componentes de serviço que aumentam sua proposta de valor. Como resultado, tem observado um incremento na eficiência e na satisfação dos clientes. Para quem aplica a EC, a eficiência produtiva, o combate ao desperdício, a redução da dependência de ativos ambientais, a recuperação de recursos no final da vida útil, a minimização dos riscos e o ganho econômico, são requisitos primordiais. O sistema precisa focar no gerenciamento de materiais, e não na reciclagem “a qualquer custo”, com a qual, infelizmente, ainda muitas vezes nos deparamos, originando materiais secundários pobres e com baixa aplicabilidade.

O design cíclico de produtos e processos requer habilidades avançadas, conjuntos de informações e métodos de trabalho que ainda não estão bem resolvidos na experiência prática. Embora grande parte da teoria do berço ao berço e da economia de desempenho estejam em desenvolvimento por líderes de pensamento há algum tempo, esse conhecimento deve ser trazido para o ambiente de produção, depurado, refinado e implementado em soluções comercialmente viáveis e em escala.

Esta dissertação realizou uma análise geral, não restrita a produtos, empresas, países ou setores, evidenciando, deste modo, recomendações para um design cíclico que podem se desdobrar em experiências particulares, observadas por empresas de setores/produtos específicos ou países/regiões específicas. Assim, trabalhos acadêmicos poderão desenvolver este tema por meio de uma revisão de literatura mais direcionada, sendo possível a análise e comparação de soluções, aplicando a pesquisa a casos práticos e a setores específicos de atividade econômica, principalmente no Brasil.

Precisamos avançar além da sustentabilidade, refazendo nossas práticas de projeto, de produção, consumo e relação com os artefatos. Rever valores e hábitos, provocar os designers a apresentar um olhar mais apurado para o fluxo de materiais, estimular a mudança de atitude e comportamento dos consumidores, gerar valor para a sociedade ao influenciar um efetivo redesign do design de produtos, serviços e modelos de negócio com um propósito claro, modelando mudanças de paradigma. Repensar a forma como fazemos as coisas para gerar experiências positivas ao praticar o design para o bem da humanidade, inspirando as próximas gerações.

REFERÊNCIAS

AHO, M. **Designing Circular Economy**. Disponível em: <http://www.gaia.fi/news-blogs/blogs/designing-circulareconomy>. Acesso em: 1 ago. 2019.

ALIER, J. M. **The environmentalism of the poor - a study of ecological conflicts and valuation**. Cheltenham, UK: Edward Elgar, 2002.

ALIER, J. M. **Justiça ambiental e decrescimento econômico: a aliança dos dois movimentos**. In: Enfrentando os limites do crescimento: sustentabilidade, decrescimento e prosperidade. Philippe Léna e Elimar Pinheiro do Nascimento (orgs.). Rio de Janeiro: Garamond, 2012.

AMARO, M. N. **Produção e Consumo Sustentáveis**. Brasília: Senado Federal, 2012.

AMORIM, P. **Design, produção e consumo: uma exploração no contemporâneo**. In: DISEÑO EN PALERMO. ENCUESTRO LATINOAMERICANO DE DISEÑO. 2007. Anais. Buenos Aires, Universidad de Palermo, 2007.

ASKNATURE.ORG **Biomimicry Taxonomy**. Disponível em: <https://asknature.org/resource/biomimicry-taxonomy>> Acesso em: 26 mai. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT ISO/TR 14062:2004** Gestão Ambiental – Integração de aspectos ambientais no projeto e desenvolvimento do produto. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 14040:2009** Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 14044:2009** Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e orientações. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 14001:2015** Sistemas de gestão ambiental — Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

BAUMAN, Z. **Vida para consumo. A transformação das pessoas em mercadoria.** Rio de Janeiro: Zahar, 2008.

BAKKER, C. & HOLLANDER, M. **Six design strategies for longer lasting products in circular economy.** UK: The Guardian, 2016. Disponível em: <https://www.theguardian.com/sustainable-business/six-design-strategies-longer-lasting-products>. Acesso em: 26 jul. 2020.

BAXTER, M. **Projeto de produto- Guia prático para o design de novos produtos.** São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2011.

BENYUS, J. M. **Biomimética: inovação inspirada pela natureza.** São Paulo: Editora Cultrix, 2007.

BERARDI, P. C. **Economia Circular - estamos prontos?** São Paulo: Estadão, 01 nov. 2019.

BIGGETH, S., BROMAN, G., and ROBERT, K.H. **A method for sustainable product development based on modular system of guiding questions.** Journal of Cleaner Production. 15:1-11, 2007

BIOMIMICRY 3.8. Disponível em: <http://biomimicry.net/>. Acesso em: 28 abr. 2019.

- BOCKEN, N. M. P. et al. **Product design and business model strategies for a circular economy**. Journal of Industrial and Production Engineering, v.33, n.5, p. 308-320, 3 jul. 2016.
- BOMFIM, G. A. **Metodologia para desenvolvimento de projetos**. João Pessoa: Editora Universitária, 1995.
- BONSIEPE, G. **Teoría y práctica Del diseño industrial: Elementos para una manualística crítica**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1978.
- BOKS, C. **The soft side of Ecodesign**. Journal of Cleaner Production, v. 14, p. 1346-1356, 2006.
- BRAUN, J. R. R.; GOMEZ, L. S. R. **Ecodesign como estratégia de valorização e divulgação de entidades ambientais: a atuação do setor gráfico**. ENSUS, 2007. Disponível em: <http://www.ensus.com.br/tematica3>>. Acesso em: 20 set. 2019.
- BRAUNGART, M.; MCDONOUGH, W. **Cradle to cradle: Criar e Reciclar Ilimitadamente**. São Paulo: Editora G. Gili, 2014.
- BREZET, H.; VAN HEMEL, C. **Ecodesign: a promising approach to sustainable production and consumption**. Paris: UNEP, 1997.
- BROCCO, G. C. **Método Biomimético Sistêmico: proposta integrativa do método de Pensamento Biomimético e do método de Pensamento Sistêmico**. São Leopoldo: Dissertação de Mestrado - Universidade do Vale do Rio do Sinos - UNISINOS, 2017.
- BROWN, L. 2003. **Eco-Economia, Construindo uma Economia para a Terra**. Salvador: UMA. 2003, 344 p.
- BROWN, T. **Design Thinking: uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas**

ideias. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

BRUNETTI, M.; SANT'ANNA, F. **Ecodesign e a Revisão do Design Industrial para a Criação de Produtos de Baixo Impacto Ambiental**. 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Joinville: set. 2003.

BUCHANAN, R. **“Wicked Problems in Design Thinking”**. In: Design Studies, London: Butterworth Heinemann, v.3, n.2, sept 1992, p.5-21.

BURDEK, E. **História, Teoria e Prática do Design de Produtos**. São Paulo: Editora Blucher, 2009.

CALDERONI, S. **Os Bilhões Perdidos no Lixo**. 4ª ed. São Paulo: Humanitas Editora/ FFLCH/UPS, 2003, 346 p.

CARDOSO, R. **Uma introdução à história do design**. São Paulo: Editora Blucher, 3ª edição, 2008.

CARDOSO, R. **Design para um mundo complexo**. São Paulo: Cosac Naify, 2012.

CE100 BRASIL. **Uma economia circular do Brasil: uma abordagem exploratória inicial**. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/publicacoes> Acesso em: 25 abr. 2019.

CHEHEBE, J.R. **Análise do ciclo de vida de produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000**: Rio de Janeiro: Editora Qualitymark CNI, 1997.

CHERTOW, M. R. **Industrial Symbiosis: Literature and Taxonomy**. Annual Review of Energy and the Environment, v. 25, n. 1, p. 313-337, nov. 2000.

CIPINIUK, A; PORTINARI D. **Sobre Métodos de Design**. In. Design Método. Organizado

por COELHO, Luis Antonio L. PUC-Rio, 17-38 pp. 2006.

CHEN, C. **Why markets fail?** In Principles of microeconomics. Massachusetts: MIT, 2007.

Disponível em: < <http://ocw.mit.edu>>. Acesso em: 20 dez. 2019.

CORRÊA, A. M. **O papel dos stakeholders para a efetivação da Logística Reversa: o caso do programa “Mundo Limpo, Vida Melhor”**. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Administração. Universidade Federal de Pernambuco, 2013.

COUTO, L. **Avaliação do Ciclo de Vida como Instrumento de Gestão**. Campinas SP: CETEA/ITAK, 2007.

DELFTX. Circular Economy. EMF (2013). **Towards The Circular Economy Vol. 1: An Economic and Business Rationale For An Accelerated Transition**. Retrieved, July 01, 2017, form: https://ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Elle-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular_economy-vol.1.pdf, 2016.

DE MAN, R.; FRIEGE, H. **Circular economy: European policy on shaky ground**. Waste Management and Research, v. 34, n. 2, p.93–95, 2016.

DINATO, M. R.; NASCIMENTO, L. F. **Consumo sustentável e o Sistema Produto-Serviço: reflexões para um outro desenvolvimento**. ENANPAD, 2003.

DONAIRE, D. **Gestão ambiental na empresa**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

DRUCKER, P.F. **O melhor de Peter Drucker: a administração**. São Paulo: Nobel, 2001.

EISENHARDT, K. M.; GRAEBNER, M. E. **Theory building from cases: opportunities and challenges**. Academy of Management Journal, v.50, n.1, p.25-32, 1 fev. 2007.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Economia Circular**. Disponível em:

<<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/>> Acesso em: 22 out. 2019.

ENRÍQUEZ, M. A. **Trajetórias do desenvolvimento: da ilusão do crescimento ao imperativo da sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Garamond, 2010.

EUROPEAN COMMISSION. **Closing the loop: an EU action plan for a circular economy**, 2015. Disponível em: <http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm>. Acesso em: 23 fev. 2020.

FELLNER, J., ET AL. “**Present potentials and limitations of a circular economy with respect to primary raw material demand.**” *Journal of Industrial Ecology* 21.3 (2017): 494-496.

FERREIRA, C. G. F. **Perguntar à natureza - Biomimicry thinking: o biodesign como solução para a escassez de água**. Lisboa: Dissertação de Mestrado - Universidade de Lisboa, 2016.

FRENKEN, K. **Political Economies and Environmental Futures for the Sharing Economy**. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, v. 375, n. 2095, p. 1-36, 2017.

GEJER, L.; TENNENBAUM, C. **O que é Design Circular**. Ideia Circular, 2019. Disponível em: <https://www.ideiacircular.com/design-circular/> Acesso em: 10 out. 2019.

GIUDICE, F.; ROSA, G.; RISITANO, A. **Product design for the environment: a life cycle approach**. Boca Raton: CRC Press, 2006.

GOMES, L. V. N. **Desenhando futuros**. In. *Desenhante: pensador do desenho*. Santa Maria: Nigel. Editora, 2004.

GREGSON, N., ET AL. “**Interrogating the circular economy: the moral economy of resource recovery in the EU**” *Economy and Society* 44.2 (2015): 218-243.

GUIMARÃES, G. C. **Consumo sustentável para a minimização de resíduos sólidos urbanos**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

HASS, W., ET AL. “**How circular is the global economy?** An assessment of material flows, waste production, and recycling in the European Union and the world in 2005.” *Journal of Industrial Ecology* 19.5 (2015): 765-777.

HAWKEN, P., A. B. L, et al. **Natural capitalism: creating the next industrial revolution**. Boston: Little, Brown and Co. 1999. xix, 396 p.

HEINECK, L. **Material complementar: Macroeconomia**. Brasília: CAPES, 2010.

HERCULANO, S. C. **Do desenvolvimento (in) suportável à sociedade feliz**. In: GOLDENBERG, Mirian (Coord.). *Ecologia, ciência e política*. Rio de Janeiro: REVAN, 1992. p. 9 - 48

HESKETT, J. **Desenho Industrial**. Rio de Janeiro: Editora José Olympio, 1997.

HOWARTH, G.; HADFIELD, M. **A sustainable product design model**. *Materials & design*, v. 27, n. 10, p. 1128-1133, 2006.

JONES, J. C. **Métodos de diseño**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S. A. 1978.

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

KIRCHHERR, J.; REIKE, D.; HEKKERT, M. **Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions**. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 127, n. September, p.

221–232, 2017.

KORHONEN, J. “**Circular economy: the concept and its limitations.**” *Ecological economics* 143 (2018): 37-46.

LACY, P.; RUTQVIST, J. **Waste to Wealth.** *Creating Advantage in a Circular Economy*, 1st ed.; Accenture: London, UK, 2015.

LATOUCHE, S. **O decrescimento, por que e como?** In: *Enfrentando os limites do crescimento: sustentabilidade, decrescimento e prosperidade.* PHILIPPE L. e NASCIMENTO E. P. (orgs.). Rio de Janeiro: Garamond, 2012.

LEWANDOWSKI, M. **Designing the business models for circular economy-towards the conceptual framework.** *Sustainability (Switzerland)*, v. 8, n. 1, p. 1-28, 2016.

LJUNGBERG, L. Y. **Materials selection and design for development of sustainable products.** *Materials & Design*, v. 28, n. 2, p. 466-479, 2007.

LOBACH, B. **Design Industrial: Bases para a configuração dos produtos industriais.** São Paulo: Editora Edgard Blucher LTDA, 2001.

LOMBARDO, M. A. In: CORTEZ, A. T. C.; ORTIGOZA, S. A. G. (Orgs). **Consumo Sustentável: conflitos entre necessidade e desperdício.** São Paulo: Unesp, 2007.

LOVE, T. **Constructing a Coherent Cross-Disciplinary Body of Theory about Designing and Designs: Some Philosophical Issues.** In: *Design Studies*, 23, 2002, p. 345–361.

LUZ, B. **Economia Circular Holanda Brasil da teoria à prática.** Rio de Janeiro: Exchange 4 Change Brasil, 2017.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis.** São Paulo:

EDUSP, 2016.

MANCINI, S. D. e ZANIN, M. – **Estudo sobre a relação entre consumo e descarte dos principais plásticos. Plástico Industrial.** Ano II, n 25 p 118-125. Set. 2000.

MARTÍNEZ A. J. **O ecologismo dos pobres: conflitos ambientais e linguagens de valoração.** Trad. Mauricio Waldman. São Paulo: Contexto, 2007.

MELO, F. H. **O processo do projeto.** In. O valor do design: guia ADG Brasil de prática profissional do designer gráfico. São Paulo: Editora SENAC, 2003.

MILLAR, N.; MCLAUGHLIN, E.; BÖRGER, T. **The Circular Economy: Swings and Roundabouts?** Ecological Economics, v. 158, n. October 2018, p. 11–19, 2019.

MMA – Ministério do meio Ambiente. **Lei Federal Nº 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 25 junho de 2019.

MMA – Ministério do meio Ambiente. **Lei Federal Nº 14.026**, de 15 de julho de 2020. Atualiza o Marco Legal do Saneamento e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm. Acesso em: 27 julho de 2020.

MORENO, M. et al. **A Conceptual Framework for Circular Design.** Sustainability, 2016. Disponível em: < <https://doi.org/10.3390/su8090937> >. Acesso em: 10 nov. 2019.

MORIN, E.; LE MOIGNE, J. **A inteligência da complexidade.** Tradução de Nurimar Maria Falci. 2. ed. São Paulo: Peirópolis, 2000.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Tradução de Eliane Lisboa. 4. ed. Porto Alegre: Sulina, 2011.

MURRAY A, SKENE K, HAYNES K. **The Circular Economy: An interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context**. Journal of Business Ethics: New Castle, 2015.

NAIME, R. 2005. **Gestão de Resíduos Sólidos: Uma abordagem prática**. Novo Hamburgo: Feevale, 2005. 136 p.

PAPANEEK, V. **Arquitetura e Design: Ecologia e Ética**. Edições 70. Lisboa, Portugal, 1995.

PAPANEEK, V. **Design for the real world: human ecology and social change**. New York: Pantheon Book, 1971.

PLATCHECK, E. R. **Design Industrial: Metodologia de Ecodesign para o Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis**. São Paulo: Editora Atlas S.A, 2012.

PORTILHO, F. **Sustentabilidade ambiental, consumo e cidadania**. São Paulo: Cortez, 2005.

REFOSCO, E. C. **Estudo do ciclo de vida dos produtos têxteis um contributo para a sustentabilidade na moda**. Tese de Mestrado. Design e Marketing. Universidade do Minho Escola de Engenharia, 2012.

REMEDIO, M. V. P, MANCINI, S. D. e ZANIN, M. – **Potencial de reciclagem de resíduos em um sistema de coleta de lixo comum**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.7 n. 1, 2002.

REUTER, M. A., ANTOINETTE V. S. “**Limits of the Circular Economy: Fairphone Modular Design Pushing the Limits.**” 2018.

RITZÉN, S.; SANDSTRÖM, G. **Barriers to the Circular Economy– Integration of**

Perspectives and Domains. Procedia CIRP, v. 64, p. 7-12, 2017.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, Ronald S. **Going Backwards: Reverse Logistics Practice;** IL: Reverse Logistics Executive Council, 1999.

ROSENTHAL, S. R. **Effective Product Design and Development –How to cut lead-time and increase customer satisfaction.** New York, N.Y. Irwin Professional Publishing, 1992.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C.; SILVA, S. L.; ALLIPRANDINI, D. H.; SCALICE, R. K. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo.** São Paulo: Editora Saraiva, 2006.

SANTOS, A. J. R. **Gestão Estratégica: conceitos, modelos e instrumentos.** Lisboa: Escolar Editora, 2008.

SCOMAZZON, P. **Proposta de metodologia para desenvolvimento de produtos orientados à Economia Circular.** Monografia (Graduação em Design) – Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES. Lajeado, p. 131. 2018.

SEURING, S, & GOLD, S. (2013). **Sustainability management beyond corporate boundaries: from stakeholders to performance.** Journal of Cleaner Production, 56(1),1-6.

SOTO, E. e MARRAS, J. **Comportamento organizacional.** Cengage Learning Editores, 2002.

SPANGENBERG, J.H. **World civilisations at crossroads: towards an expansionist or a sustainable future. Lessons from history.**Futures 42 (6): 565–73, 2010.

RSA. 2013. **Investigating the Role of Design in the Circular Economy.** The Great Recovery.

RSA. Disponível em: <<http://www.greatrecovery.org.uk/>>. Acesso em: 20 Jun. 2019.

STAHEL, W. R. The product-life factor. In: ORR, S. G. (Ed.). **An Inquiry into the Nature or**

Sustainable Societies: The Role of the Private Sector. HARC, Houston Area Research Center, 1982. p. 72-96.

STEFANO, N.; FERREIRA, A. R. **Ecodesign Referencial Teórico e Análise de Conteúdo: proposta inicial para Estudos futuros.** Revista Estudos em Ecodesign. v. 21 n. 2, Rio de Janeiro, 2013.

SUÁREZ-EIROA, B.; FERNÁNDEZ, E.; MÉNDEZ-MARTÍNEZ, G.; SOTO-OÑATE, D. **Operational principles of circular economy for sustainable development: Linking theory and practice.** Journal of Cleaner Production, v. 214, p. 952–961, 2019. THE CIRCULARS. Our finalists. Disponível em: <<https://thecirculars.org/ourfinalists>>. Acesso em 17 jul. 2020.

STRAIOTO, R. G. T; FIGUEIREDO, L. F; **“Gestão de Design para Sustentabilidade com base na Política Nacional de Resíduos Sólidos: uma Proposta de Integração”**, In: Anais do 11º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design [Blucher Design Proceedings, v. 1, n. 4]. São Paulo: Blucher, 2014.

SCHUMPETER, J. A. **A teoria do desenvolvimento econômico.** São Paulo: Nova Cultura, 1998.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial.** 1º Edição. São Paulo: Edipro, 2016.

THE CIRCULAR DESIGN GUIDE. Methods. Disponível em: <<https://www.circulardesignguide.com/methods>> Acesso em: 01 ago. 2019.

TUKKER, A. **Product services for a resource-efficient and circular economy—A review.** J. Clean. Prod. 2015 , 76–91.

VAN DER LINDEN, J. C. **Uma taxonomia para a Pesquisa em Design.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN, 9º, 2010. São Paulo.

VAN DER LINDEN, J. C.; LACERDA, A. P. **Metodologia projetual em tempos de complexidade**. In: MARTINS, R. F. F.; VAN DER LINDEN, J. C. S. (Orgs.). **Pelos caminhos do design: metodologia de projeto**. Londrina: EDUEL, 2012. p. 83-149.

YUAN, Z; BI, J.; MORIGUICHI, Y. **The Circular Economy: A New Development Strategy in China**. Journal of Industrial Ecology, v.10, n, 1-2, p. 4-8, 8 fev. 2006.

ZINK, T.; GEYER, R. **Circular Economy Rebound**. Journal of Industrial Ecology, v. 21, n. 3, p. 593-602, 2017.