

Licença

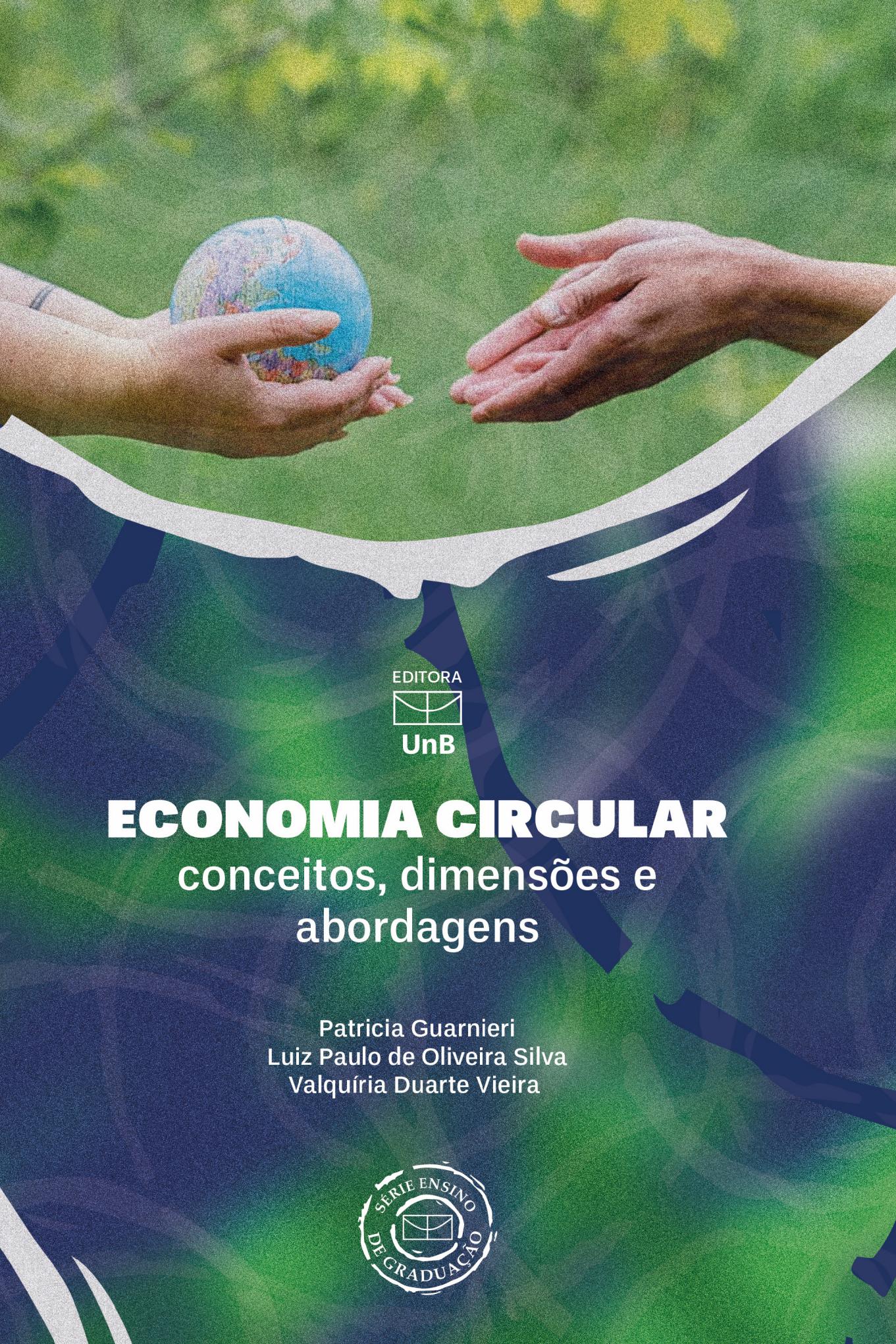


Este trabalho está licenciado sob uma licença [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License](#).

Fonte: <https://livros.unb.br/index.php/portal/catalog/book/691>. Acesso em: 16 jan. 2026.

Referência

GUARNIERI, Patricia; SILVA, Luiz Paulo de Oliveira; VIEIRA, Valquíria Duarte (org.). **Economia circular**: conceitos, dimensões e abordagens. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2026. E-book (275 p.). (Série Ensino de Graduação). DOI: <https://doi.org/10.26512/>. Disponível em: <https://livros.unb.br/index.php/portal/catalog/book/691>. Acesso em: 16 jan. 2026.



EDITORAS
UnB

ECONOMIA CIRCULAR

conceitos, dimensões e abordagens

Patricia Guarnieri
Luiz Paulo de Oliveira Silva
Valquíria Duarte Vieira





Universidade de Brasília

Reitora
Vice-Reitor

Rozana Reigota Naves
Márcio Muniz de Farias



EDITORIA

Germana Henriques Pereira (Presidente)
Ana Flávia Magalhães Pinto
Andrey Rosenthal Schlee
César Lignelli
Fernando César Lima Leite
Gabriela Neves Delgado
Guilherme Sales Soares de Azevedo Melo
Liliane de Almeida Maia
Mônica Celeida Rabelo Nogueira
Roberto Brandão Cavalcanti
Sely Maria de Souza Costa

Conselho editorial

Economia circular

**conceitos, dimensões
e abordagens**

Patricia Guarnieri
Luiz Paulo de Oliveira Silva
Valquíria Duarte Vieira Rodrigues



Equipe do projeto de extensão – Oficina de edição de obras digitais

Coordenação geral	Thiago Affonso Silva de Almeida
Consultor de produção editorial	Percio Sávio Romualdo Da Silva
Coordenação de revisão	Talita Guimarães Sales Ribeiro
Coordenação de design	Cláudia Barbosa Dias
Revisão	Lara Andressa da Silva Carvalho
Diagramação	Beatriz Parente Barreto de Abreu
Foto de capa	Mikhail Nilov, via Pexels.com

© 2024 Editora Universidade de Brasília

Direitos exclusivos para esta edição:

Editora Universidade de Brasília
Centro de Vivência, Bloco A - 2ª etapa, 1º andar
Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília/DF
CEP: 70910-900
Site: www.editora.unb.br
E-mail: contatoeditora@unb.br

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser armazenada ou reproduzida por qualquer meio sem a autorização por escrito da Editora.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade de Brasília – BCE/UnB)

E19 Economia circular [recurso eletrônico] :
conceitos, dimensões e abordagens /
[organizadores] Patricia Guarnieri, Luiz Paulo
de Oliveira Silva, Valquíria Duarte Vieira
Rodrigues. – Brasília : Editora Universidade de
Brasília, 2026.
275 p. – (Série ensino de graduação).

Inclui bibliografia.
Formato PDF.
ISBN 978-65-5846-237-8.

1. Economia circular. 2. Sustentabilidade. 3.
Gestão ambiental. I. Guarnieri, Patricia (org.).
II. Silva, Luiz Paulo de Oliveira (org.). III.
Rodrigues, Valquíria Duarte Vieira (org.). IV.
Série.

CDU 330:502

Sumário

Prefácio 11

Apresentação 13

Capítulo 1

Definições e escopo da economia circular 15

Introdução 15

Revisão da literatura 17

1.1 Economia circular 17

1.2 Transição para a economia circular 22

1.3 Discussão 24

1.4 Considerações finais 25

Referências 25

Capítulo 2

Implementando a economia circular – 9 lições 31

2.1 Economia circular: pontos críticos do conceito contestado 31

2.2 Agenda de pesquisa 36

2.3 Observações finais 40

Referências 40

Capítulo 3

Políticas públicas para a economia circular – exemplos de políticas europeias e referências para o Brasil 47

Introdução 47

3.1 Da economia linear à circular – superando barreiras por meio de políticas públicas 50

Economia circular: conceitos, dimensões e abordagens

3.2 Barreiras e Impulsionadores da EC	51
3.3 Políticas públicas da UE que promovem a transição para a EC	54
3.3.1 Estratégias da União Europeia ligadas à EC	54
3.4 Exemplos de mecanismos de implementação de políticas de EC na UE	55
3.4.1 Mecanismos regulatórios	55
3.4.2 Mecanismos econômicos	58
3.4.3 Medidas soft	61
3.5 Principais características da formulação de políticas de EC na EU	62
3.6 EC no Brasil e lições potenciais de experiências europeias	63
3.6.1 Política de EC no Brasil	64
3.6.2 Práticas de EC na Indústria Brasileira	68
3.6.3. Aspectos sociais particulares da transição para a EC: o papel dos catadores de recicláveis no Brasil	69
3.8 Referências da UE para atender recomendações de stakeholders brasileiros	70
3.9 Considerações finais	74
Agradecimentos	75
Referências	76

Capítulo 4

ISO TC 323 – Economia circular e a participação brasileira 85

Introdução 85

4.1 Economia circular: terminologias e princípios	86
4.2 Implementação da economia circular nas organizações	91
4.3 Métricas para a circularidade	92
4.4 Fichas técnica de circularidade do produto	94
4.5 Sustentabilidade e gestão dos materiais secundários	95
4.6 Considerações finais	96

Referências 98

Capítulo 5

Consumo sustentável no contexto da economia circular 101

Introdução 101

5.1 Consumo sustentável e economia circular: uma breve contextualização	102
--	-----

5.1.2 Consumo sustentável	102
5.1.2 Economia circular	105
5.2 Interligações entre os campos do consumo sustentável e da economia circular	107
5.3 Perspectivas para a promoção do consumo sustentável no contexto de economia circular	108
5.4 Considerações finais	111
Agradecimentos	112
Referências	112

Capítulo 6

Moda sustentável – desafios e barreiras para o avanço da economia circular **119**

Introdução	119
6.1 Moda sustentável, economia circular e sustentabilidade	121
6.2 Procedimentos metodológicos	123
6.3 Apresentação e análise dos dados	127
6.3.1 Evidências oriundas dos Planos de Ação para Produção e Consumo Sustentáveis (PPCs)	129
6.3.2 Evidências oriundas dos coordenadores	132
6.3.3 Evidências oriundas dos docentes	133
6.3.4 Relato dos discentes	135
6.3.5 Discussão dos resultados	136
6.4 Considerações finais	137
Referências	138

Capítulo 7

Recuperação de recursos materiais – a mineração urbana como ferramenta para a economia circular **143**

Introdução	143
Revisão da literatura	144
7.1 Recuperação de recursos	145
7.2 Rotas de circularidade	146
7.3 A mineração urbana como ferramenta para a economia circular	152
7.4 A mineração urbana como ferramenta para a economia circular	153

Economia circular: conceitos, dimensões e abordagens

7.4.1 Materiais críticos e minerais estratégicos	155
7.5 Aspectos técnicos para a recuperação de materiais secundários	156
7.6 Novos modelos de negócio	157
7.7 Considerações finais	161
Agradecimentos	162
Referências	163

Capítulo 8

Economia circular, ecologia industrial e simbiose industrial **169**

Introdução	169
Revisão teórica	170
8.1 Ecologia industrial e simbiose industrial	170
8.1.1 Tipologia 1: Auto-organização – Distrito Industrial de Kalundborg/Dinamarca	175
8.1.2 Tipologia 3: Organização facilitadora/intermediadora – NISP	176
8.1.3 Tipologia 6: Planejamento governamental – Distrito Industrial de Ulsan/Coreia do Sul	178
8.2 Discussão	182
8.3 Considerações finais	183
Referências	183

Capítulo 9

Cidades inteligentes e sustentáveis – contribuições, desafios e oportunidades da economia circular **189**

Introdução	189
Revisão da literatura	190
9.1 Cidades inteligentes e cidades sustentáveis: conceitos, definições e características	191
9.2 Economia circular: conceitos e características	191
9.2.1 Desafios da economia circular	194
9.3 Oportunidades de circularidade em aglomerações urbanas	194
9.4 Ações estratégicas para implementação	195
9.4.1 Parcerias estratégicas	198

9.5 Discussão	195
9.5.1 Construção civil	199
9.5.2 Produção de alimentos	200
9.5.3 Geração de energia	200
9.5.4 Recursos hídricos	201
9.6 Considerações finais	202
Agradecimentos	204
Referências	204

Capítulo 10

Gestão ambiental e economia circular – um olhar sobre uma agroindústria brasileira de alimentos **209**

Introdução	209
10.1 Produção de alimentos: qual sua relação com a gestão ambiental e economia circular?	211
10.2 Métodos e técnicas de pesquisa	213
10.3 Resultados e discussão	214
10.3.1 Ações de tecnologia limpa	214
10.3.2 Gestão de resíduos sólidos	215
10.3.3 Vantagens das ações ambientais, ações de melhoria na implementação e condução de ações ambientais na agroindústria	219
10.3.4 Ações da agroindústria sob a perspectiva da economia circular	222
10.4 Considerações finais	224
Agradecimentos	225
Referências	225

Capítulo 11

Inclusão de catadores e catadoras de materiais recicláveis e economia circular **229**

Introdução	229
Revisão da literatura	230
11.1 Catadores e catadoras de materiais recicláveis e gestão de resíduos sólidos	230
11.2 Economia circular com participação de catadores e catadoras de materiais recicláveis	232
11.3 Inclusão socioprodutiva de catadores	234

Economia circular: conceitos, dimensões e abordagens

- 11.3.1 Oportunidades e desafios no contexto da economia circular **234**
- 11.3.2 Casos encontrados na práxis brasileira **239**
- 11.4 Mudanças recentes e cenários futuros **240**
- 11.5 Considerações finais **244**
- Referências **245**

Capítulo 12

Economia circular nas cadeias de suprimentos alimentares – uma discussão inicial com base na literatura **251**

- Introdução **251**
- Revisão da literatura **253**
 - 12.1 Desperdício alimentar **253**
 - 12.1.1 As causas de desperdícios alimentares **256**
 - 12.2 Economia circular **258**
 - 12.2.1 Economia circular do desperdício alimentar **260**
 - 12.3 Considerações finais **266**
- Referências **266**

*Para a ganância, toda a natureza é insuficiente
(Sêneca).*

Prefácio

As ideias propostas pela economia circular são audaciosas, propondo, entre outras medidas, que nossa sociedade faça a gestão de seus recursos inspirada nos ciclos da natureza. Lavoisier já dizia: “na natureza nada se perde, nada se cria, tudo se transforma”. Diante desse cenário, um dos objetivos deste compêndio é lançar mais uma luz sobre esse tema, que hoje se apresenta como um desafio mundial.

Nós ainda não conseguimos colocar em prática as lições de Lavoisier, pois estamos desperdiçando recursos preciosos, equivocadamente qualificados e tratados como lixo, que poderiam ser reinseridos nas cadeias produtivas ou nem ser gerados. É necessário rever o conceito de lixo e começar a encará-lo como recurso e insumo.

Esse desafio exige a interação mais harmônica entre os sistemas ambiental, social e econômico, a fim de que as transformações provocadas por nossos meios de produção e consumo não gerem desperdícios, mas tenham impacto positivo em nossa sociedade e no meio ambiente.

O sistema ambiental, que engloba outros dois sistemas (social e econômico), possui leis próprias: fechado para o fluxo de matéria e aberto para o fluxo de energia. O sistema social tem como protagonista o ser humano, e busca promover a qualidade de vida de seus integrantes. Com relação ao sistema econômico, criado pelo ser humano, pode ser desenhado conforme nossa capacidade de imaginação, organização e gestão, e define as “regras da casa”, influenciando diretamente nossos padrões de produção e consumo.

Nesse contexto, a economia circular busca trazer a harmonia na interação entre estes três sistemas (ambiental, social e econômico) ao promover o fluxo circular dos recursos por meio da adição, retenção e recuperação de seu valor, e contribuir para o desenvolvimento sustentável.

Outras abordagens também constatam a insatisfação da sociedade com o modo segundo o qual a economia atual é operada, motivo pelo qual acrescenta adjetivos à palavra “economia”: economia regenerativa, economia verde, bioeconomia, economia criativa, economia solidária, entre outras.

Conhecer as motivações das novas linhas de pensamento, que pretendem melhorar o sistema econômico atual, pode nos ajudar a entender suas vulnerabilidades e promover a transição para um sistema mais sustentável, ou seja, que atenda as necessidades básicas dos seres humanos e mantenha o equilíbrio do meio ambiente, respeitando as leis da

Economia circular: conceitos, dimensões e abordagens

natureza. Visando esse cenário, algumas melhorias já começam a ser implementadas pelo setor público, setor privado, pela academia e sociedade civil.

O setor público deu um primeiro passo na regulamentação do tema ao propor o Projeto de Lei nº 1.874, de julho de 2022, apresentado à Comissão de Meio Ambiente do Senado, que institui a Política Nacional de Economia Circular.

O setor privado tem procurado melhorar suas estratégias de gestão ao buscar viabilidade econômica para as práticas de economia circular, por meio de modelos de negócios inovadores, por exemplo: produto como serviço, compartilhamento, extensão da vida útil, recuperação de recursos e insumos circulares.

A academia vem desempenhando seu papel ao se debruçar sobre as teorias, promover diálogos e produzir artigos científicos sobre o tema. Tem buscado, ainda, contribuir com inovações tecnológicas para a sociedade e se aproximar do setor privado.

A sociedade civil tem se mostrado cada vez mais sensibilizada sobre a importância de utilizar os recursos de forma mais racional e sem desperdício. A escolha de produtos com apelo de sustentabilidade, a valorização de produtores locais e o envolvimento na separação de resíduos e na coleta seletiva do “lixo” doméstico, também vêm sendo priorizados.

De forma geral, é possível ver que alguns passos começam a ser dados, mas ainda temos um longo caminho pela frente. É preciso valorizar as ações do presente, tendo em vista o médio e longo prazo. Esta publicação espera colaborar e despertar o interesse do leitor sobre as ações necessárias para que a transição para economia circular aconteça de fato no Brasil.

Sérgio Monforte

Apresentação

Patricia Guarnieri
Luiz Paulo de Oliveira Silva
Valquíria Duarte Vieira Rodrigues

Este livro apresenta uma conceituação de economia circular, suas principais abordagens, dimensões e algumas aplicações. Composto por 12 capítulos, pode servir de base para disciplinas de tecnologia, bacharelado e pós-graduação nos cursos de Administração, Engenharias, Química, Biologia, Gestão do Agronegócio, Gestão Ambiental, Contabilidade e Economia. Para esse propósito, foram convidados especialistas sobre o tema, que atuam no Brasil e no exterior, de acordo com suas áreas de atividade profissional e formação acadêmica.

O primeiro capítulo apresenta o conceito de escopo da economia circular e aponta as oportunidades e os desafios para realizar a transição de um modelo econômico linear para o circular no Brasil. O segundo capítulo explora os elementos que contribuem para tornar a economia circular contestável e desafiadora para as organizações.

O terceiro capítulo aborda a gestão de resíduos em segmentos econômicos intensivos em recursos naturais como a indústria têxtil, a construção civil, equipamentos eletrônicos, embalagens e plásticos, que possuem alto potencial de circularidade. No mesmo capítulo, são examinadas as barreiras e oportunidades, os fundamentos das políticas, os mecanismos de incentivo, para implementação e aceitação da economia circular pelos atores sociais.

O quarto capítulo, por sua vez, detalha a participação brasileira na estruturação das normas do comitê técnico da Organização Internacional de Normalização (International Organization for Standardization – ISO) sobre economia circular (ISO TC 323) com a adesão do país como membro a partir da representação pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). O quinto capítulo aborda os conceitos, as dimensões teóricas, as discussões atuais e as limitações do comportamento sustentável e da economia circular e, ainda, a interligação entre os dois campos.

O sexto capítulo valida proposições teóricas acerca do ensino de boas práticas de sustentabilidade e de economia circular, segundo os pressupostos teóricos da economia circular e moda sustentável. O estudo foi realizado no Brasil, contemplando os cursos de Design de Moda em nível de graduação.

O sétimo capítulo aborda a mineração urbana como importante ferramenta para a economia circular, especificando os instrumentos regulamentadores e identificando os possíveis pontos de melhoria para a circularidade dos sistemas produtivos. O oitavo capítulo explica

Economia circular: conceitos, dimensões e abordagens

como as organizações podem atingir a sustentabilidade a partir dos principais conceitos e desdobramentos da Ecologia Industrial e da Simbiose Industrial, de modo a compreender esses novos modelos baseados no pensamento de ciclos fechados.

O nono capítulo suscita a reflexão sobre as estratégias de circularidade dos recursos nos centros urbanos, seus desafios e oportunidades. O décimo capítulo analisa a produção de alimentos e a gestão ambiental em uma agroindústria no estado de Goiás sob a perspectiva da economia circular.

O penúltimo apresenta e discute os principais desafios relacionados à inclusão dos catadores de materiais recicláveis no acordo setorial de embalagens no Brasil. Por fim, o último capítulo discute a economia circular nas cadeias de suprimentos agroalimentares, desde a produção até o consumo, incluindo o transporte, processamento e gestão de resíduos.

Definições e escopo da economia circular

Patricia Guarnieri
Bárbara de Oliveira Vieira
Luiz Paulo de Oliveira Silva

Introdução

A economia circular é um modelo de produção, de consumo sustentável e regenerativo, que surgiu em contraposição ao modelo vigente desde a Revolução Industrial: a economia linear. Nesse modelo, os recursos naturais são extraídos, manufaturados, consumidos e, finalmente, descartados em aterros sanitários, apresentando um ciclo de vida *cradle to grave*, ou, em tradução livre, “do berço ao túmulo”.

Os resíduos gerados ao longo do ciclo de produção, devido ao uso e descarte de objetos, são dispostos inadequadamente em locais inapropriados, acarretando impactos ambientais negativos. Por outro lado, a economia circular prevê que os resíduos gerados ao longo do ciclo de vida dos materiais sejam reinseridos, no mesmo ou em outros processos produtivos e outras cadeias, com o intuito de revalorizá-los e reaproveitá-los integralmente. Ela também prevê que o design de produto e serviços seja pensado para reduzir o uso de recursos (água, energia, calor, matérias-primas), de forma a decair sua extração da natureza. Dessa forma, são incorporados o design para reciclagem e para desmontagem, em contrapartida ao rejeito, aquele resíduo tecnicamente ou economicamente inviável de ser revalorizado, que deixaria de existir.

Esse modelo, proposto por McDonough e Braungart (2010), está totalmente alinhado ao conceito de ciclo de vida *cradle to cradle*, no qual se prevê a vida do produto “do berço ao berço” e entende que o resíduo pode ser visto como insumo para novos produtos e serviços. A eficiência energética e eficiência hídrica são fundamentais e afetam o planejamento urbano de cidades, condomínios, moradias, áreas de lazer, produção de alimentos, entre outros setores. Também abre espaço para inovações radicais e incrementais nas indústrias e nos serviços, oportunizando novos nichos de mercado *startups* focados no desenvolvimento sustentável.

Economia circular: conceitos, dimensões e abordagens

Vários têm sido os artigos publicados sobre o tema, principalmente na última década, pois tem despertado o interesse de acadêmicos, gestores, legisladores, elaboradores e gestores de políticas públicas, advogados e empreendedores. Korhonen *et al.* (2018) dissertam sobre o conceito e limitações da economia circular e afirmam que ela consiste na economia que possui uma visão societal sobre produção e consumo, maximizando o serviço produzido em comparação com a economia linear. Esse entendimento traz uma abordagem que apresenta uma ruptura ao padrão linear de consumo, que tradicionalmente possui um processo voltado para extrair, transformar, consumir e descartar. Embora a economia circular seja um termo que tenha surgido há décadas, estudos acadêmicos sobre o tema vieram a ser discutidos a partir de 2001, tendo como base os estudos de Andersen (2007), que com seu trabalho intitulado “An introductory note on the environmental economics of the circular economy”, publicado em 2007, pode ser considerado um autor pioneiro na pesquisa sobre o tema.

Embora o Brasil ainda não possua legislação específica sobre o tema, recentemente foi sancionado o Decreto nº 12.082, em junho de 2024, que institui a Estratégia Nacional de Economia Circular. Ao mesmo tempo, tramita no Congresso Nacional o Projeto de Lei nº 1.874/2022, iniciado pela Comissão de Meio Ambiente (CMA) (Guarnieri, 2024), com o objetivo de instituir a Política Nacional de Economia Circular. Conforme consta no resumo executivo do referido Projeto de Lei, a Estratégia Nacional de Economia Circular (ENEC) representa uma iniciativa estratégica do governo brasileiro, desenvolvida em colaboração com vários órgãos governamentais e endossada pela sociedade civil. Sua principal meta é facilitar a mudança do modelo econômico linear predominante para os princípios que sustentam a economia circular até o ano-alvo de 2040. Destaca-se, ainda, que recebeu a contribuição ativa do setor privado, como por exemplo, da Confederação Nacional de Indústrias (CNI), da Federação das Indústrias de São Paulo (FIESP), do comitê técnico da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e de fundações sem fins lucrativos, que atuam como lobistas éticos, como é o caso da Ellen MacArthur Foundation, entre outras entidades.

Anteriormente, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) trouxe avanços no que se refere à gestão de despejos, responsabilidade compartilhada, educação ambiental e logística reversa, o que pode ser entendido como um fator favorável para transição, ainda que parcial, para o modelo de economia circular (Guarnieri; Cerqueira-Streit; Batista, 2020). A PNRS prevê a prevenção e precaução na geração de resíduos e institui a responsabilidade aos integrantes da cadeia geradora desses resíduos, do fabricante ao consumidor, incluindo, também, questões voltadas para o desenvolvimento econômico e social (Brasil, 2010).

No entanto, para que a transição à economia circular ocorra baseada em uma verdadeira transformação nas relações e práticas que temos na sociedade atualmente, existe a necessidade de se estabelecer um processo coletivo e político em que haja uma intencionalidade clara entre os agentes (Loureiro, 2009). Ou seja, precisamos de políticas e estratégias direcionadas à economia circular, pensadas em nível macro, que estejam alinhadas com os governos federal, estadual e municipal, visando a criação de políticas públicas

que, em médio e longo prazo, viabilizem a adoção da economia circular em nível meso (ecoparques e simbiose industrial) e nível micro (empresas e produtos).

Visando essas questões, o propósito deste capítulo é apresentar o conceito e escopo da economia circular, bem como apontar oportunidades e desafios para a sua transição no Brasil. Por meio de uma narrativa teórica e conceitual, apresentamos os principais conceitos conhecidos até o momento, os quais podem ser úteis a gestores, alunos de graduação e cursos técnicos para auxiliá-los na familiarização diante deste tema tão debatido na atualidade.

Este capítulo está organizado da seguinte forma: *i*) contextualização e importância do tema; *ii*) breve revisão da literatura, com os principais conceitos sobre economia circular e seu escopo de atuação; *iii*) percurso metodológico observado; *iv*) as oportunidades e os desafios na transição de um modelo linear para um modelo circular; e *v*) considerações finais.

Revisão da literatura

1.1 Economia circular

O ciclo de vida de um bem ou serviço inclui os estágios de produção e comercialização, iniciando-se com a extração das matérias-primas e estendendo-se até a disposição final dos resíduos. Esse ciclo também é conhecido pela expressão “do berço ao túmulo”, ou ainda, *cradle to grave* na língua inglesa. Para Barbieri, Cajazeira e Branchini (2009), em uma economia linear, o berço e o túmulo dos ciclos produtivos é o meio ambiente, de onde são extraídos os recursos naturais e para onde são destinados os resíduos gerados. McDonough e Braungart (2010) estabeleceram o conceito *cradle to cradle*, que significa “do berço ao berço” e extrapola a visão de ciclo de vida, que até então vigorava “do berço à cova”, ao reinserir os resíduos no ciclo produtivo novamente.

De acordo com Rizos, Tuokko e Behrens (2017), a expressão “economia circular” foi utilizada pela primeira vez por Pearce e Turner (1990), sustentando o princípio segundo o qual tudo é um insumo para outro. Embora o primeiro artigo sobre economia circular tenha sido publicado por Andersen no ano de 2007 (Reike; Vermeulen; Witjesb, 2018), esse conceito parece estar implícito na concepção “do berço ao berço”, visto que neste o resíduo é entendido como insumo para um novo produto, no mesmo processo produtivo ou em processos diferentes, o que torna o ciclo de vida desse produto infinito (Mcdonough; Braungart, 2010). Adicionalmente, McDonough e Braungart (2010) afirmam que esse sistema reflete a ideia de que os materiais são tratados como recursos e fluem em um metabolismo cílico sem perder sua qualidade, ou seja, são suscetíveis de pleno reaproveitamento, seja como nutrientes biológicos em ciclos biológicos, ou materiais técnicos, postos em recirculação através de ciclos técnicos.

Murray, Skene e Haynes (2017) estudaram os antecedentes do conceito de economia circular e descobriram que não há consenso sobre sua origem. No entanto, os autores

concordam que o uso de sistemas ecológicos cílicos, cadeias de fornecimento de circuito fechado e economia de ciclo fechado (baseado, principalmente, na Alemanha e no Japão), ciclo fechado de materiais, economia de recursos circulares, metabolismo industrial (resíduo é considerado alimento) e simbiose industrial podem ser considerados precursores do conceito. Eles também enfatizam uma diferença significativa entre economia circular e a maioria das outras abordagens de estudos sustentáveis. A economia circular está emergindo amplamente da legislação, principalmente relacionada ao contexto chinês, e não tem como origem a academia (Murray; Skene; Haynes, 2017).

Da mesma forma, Ghisellini, Cialani e Ulgiati (2016) apontam que o conceito de economia circular se originou de diferentes escolas de pensamento. Os autores indicaram estudos relacionados à economia ecológica, teoria geral de sistemas, ecologia industrial, design regenerativo, economia de desempenho, “do berço ao berço”, biomimicry e economia azul como antecedentes do conceito de economia circular.

Por meio da aplicação prática desse modelo, é possível mitigar as consequências ecológicas, sociais e econômicas ocasionadas pelo crescimento do consumo proveniente da intensa industrialização (Zhang *et al.*, 2012). A necessidade de ampliar a vida útil dos produtos, com o propósito de reduzir o descarte em aterros sanitários e a incineração, de modo que sejam devolvidos ao ciclo produtivo ou de negócios quando possível, se constitui como um fator motivador da economia circular (Darby; Obara, 2005; Reike; Vermeulen; Witjes, 2017). Segundo Zhang *et al.* (2012), a economia circular se ocupa do ciclo produtivo, partindo do design do produto, seleção de fornecedores e matéria-prima, produção, distribuição, consumo e, ao final, sua coleta para a reciclagem, remanufatura ou reuso.

O Japão e a China foram os primeiros a introduzir formalmente políticas de economia circular em nível nacional. A lei chinesa de promoção da economia circular foi a primeira no mundo, estabelecendo que as políticas industriais formuladas pelo Estado devem cumprir os requisitos para o desenvolvimento sustentável (Li; Lin, 2016). Como a China recebia resíduos de vários países desenvolvidos, essa mudança de estratégia acabou pressionando os países exportadores desses resíduos a reavaliar suas estratégias.

Na Comunidade Europeia, vários países têm implementado iniciativas, políticas e diretrizes, entre os quais se destacam Dinamarca, Alemanha, Holanda e Reino Unido (Reike; Vermeulen; Witjes, 2017). Além disso, a Comunidade Europeia lançou um Plano de Ação para a economia circular em 2015 com foco em ecodesign, gestão de resíduos como mercado secundário, modelos de consumo colaborativo, inovação de produtos, entre outros. Esse plano foi incorporado ao Pacto Ecológico Europeu (European Green Deal), que prevê metas ambiciosas até 2050, em termos de redução emissões climáticas. A economia circular é citada como um dos principais meios para se alcançar essas metas (União Europeia, 2015, 2019, 2020).

Sem dúvida, a Ellen MacArthur Foundation (EMF) é a principal lobista sobre o tema, e tem se empenhado muito para disseminar o conceito de economia circular, principalmente na Europa. A EMF (2013) define economia circular como um sistema industrial que é restaurador ou regenerativo por intenção e design, substituindo o conceito de “fim de

vida” por restauração, muda para o uso de energia renovável, elimina o uso de produtos químicos tóxicos, que prejudicam a reutilização, e visa a eliminação de resíduos por meio do aprimoramento do design de materiais, produtos, sistemas e, dentro disso, modelos de negócios. No entanto, esse conceito não contempla a dimensão social da sustentabilidade, fato confirmado por Kirchherr, Reike e Hekkert (2017), pois o lado social da economia circular é pouco mencionado na maioria dos estudos relacionados. Um futuro sustentável requer pensamento que se baseia em um sistema que envolve, de forma equilibrada, o desenvolvimento social, ambiental e econômico (Murray *et al.*, 2017).

É importante ressaltar que a economia circular tem o objetivo de mitigar ao máximo o desperdício e eliminar os rejeitos (aqueles que não possuem viabilidade técnica ou econômica para serem revalorizados) ao final do processo (Zhang *et al.*, 2012; Ghisellini; Cialani; Ulgiati, 2016). Como afirma Andersen (2007), a economia circular não pode garantir desperdício zero. Essa abordagem é focada na eficiência dos materiais, ou ainda, fornecendo resíduos no mesmo nível de valor econômico, reduzindo o desperdício, os impactos ambientais e permitindo a fácil implementação nas estruturas de produção existentes (Greyson, 2007).

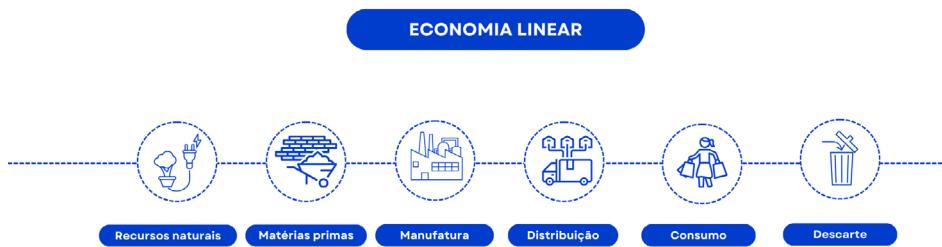
A ideia central da economia circular é eliminar os rejeitos cuja reciclagem ou reutilização são tecnicamente e economicamente inviáveis, substituindo ou adaptando os ciclos de vida de materiais que produzam resíduos passíveis de revalorização e reintrodução em novos produtos na mesma ou em novas cadeias produtivas. A incorporação dos conceitos de design para reciclagem e design para remanufatura/recondicionamento, em conjunto a materiais que possuem melhor qualidade, resulta na geração de resíduos ao final do processo que podem ser considerados fonte para novos processos e/ou produtos.

Nesse sentido, percebe-se a conexão entre o conceito de logística reversa e o conceito de economia circular como parte do conceito de ciclo de vida “do berço ao berço”, visto que para que este resíduo retorne como matéria-prima para o mesmo ou para outro ciclo produtivo, precisa ser coletado, transportado, triado e, então, remanufaturado, recondicionado, compostado ou, ainda, reciclado, a fim de que tenha sua vida útil estendida e sua disposição em aterros sanitários ou incineração sejam evitadas (Braungart; McDonough; Bollinger, 2007; Kalogerakis *et al.*, 2015).

Já no que tange ao modelo tradicional “extrair, utilizar, descartar”, originado, praticado e incentivado pela Revolução Industrial, é dependente da abundância, variedade e disponibilidade de recursos naturais, sendo assim, não é compatível ambientalmente com os padrões de consumo e a realidade demográfica contemporânea (Ellen MacArthur, 2013). De acordo com Leitão (2015), nosso planeta não será capaz de sustentar o rápido aumento na atividade econômica e consequente acréscimo no uso de recursos que serão necessários sem a criação de um modelo alternativo, em que os materiais são gerenciados de forma mais sustentável.

Na figura 1.1, são apresentadas as principais etapas e processos intrínsecos à economia linear, cujo início se dá a partir da extração dos recursos naturais, seguida pela transformação das matérias-primas em produtos e serviços por meio da manufatura e das operações, para que, então, possam ser distribuídas aos consumidores, consumidas e, finalmente, descartadas.

Figura 1.1: Economia linear



Desde o primeiro uso formal do termo “economia circular” por Pearce e Turner (1990), tem havido tentativas de definí-lo, influenciadas por várias disciplinas, incluindo a ecologia industrial, o sistema produto-serviço e a concepção “do berço ao berço”. Vários autores forneceram definições e/ou interpretações, enfatizando a necessidade de criar ciclos fechados de fluxos de materiais, além de reduzir o consumo de recursos virgens e seus consequentes impactos ambientais prejudiciais (quadro 1.1). Por exemplo, Sauvé *et al.* sugerem que a economia circular se refere à

produção e consumo de bens por meio de fluxos de materiais de circuito fechado que internalizam externalidades ambientais ligadas à virgem extração de recursos e geração de resíduos (incluindo poluição) (Sauvé *et al.*, 2016, p. 49).

Nos moldes apresentados na figura 1.2, encontram-se ilustradas as diferentes etapas que caracterizam, de modo simplificado, a economia circular:

Figura 1.2: Economia circular



Novos fatores são adicionados à esquematização, tais como: reciclagem, remanufatura/recondicionamento, redistribuição, reparo, reúso, ou seja, todas as formas consideradas para revalorização dos resíduos. Além disso, cabe ressaltar que o desperdício é percebido como algo gerado em todas as etapas do processo e, portanto, o objetivo é eliminar esse desperdício, seja de insumos como energia, água, calor, matérias-primas, como também de resíduos que são gerados por erros de design ou de produção, falta de planejamento, escolha equivocada de materiais, entre outros.

Quadro 1.1: Definições e interpretações de economia circular

Fonte	Definições e interpretações
Preston (2012)	A economia circular é uma abordagem que transformaria a função dos recursos na economia. Os resíduos das fábricas tornar-se-iam um insumo valioso para outro processo – e os produtos poderiam ser reparados, reutilizados ou melhorados em vez de descartados.
EEA (2014)	A economia circular refere-se principalmente aos aspectos de recursos físicos e materiais da economia – centrando-se na reciclagem, na limitação e na reutilização dos factores de produção físicos da economia e na utilização de resíduos como um recurso que conduz à redução do consumo de recursos primários.
Mitchell (2015)	Economia circular é uma alternativa a uma economia linear tradicional (fabricar, utilizar, eliminar), na qual mantemos os recursos em uso o maior tempo possível, extraíndo deles o máximo valor enquanto estão em utilização, recuperando e reutilizando produtos e materiais.
Heck (2006)	A utilização de energia sustentável é crucial numa economia circular. A transição para uma economia circular exigiria enfrentar o desafio de estabelecer um abastecimento energético sustentável, bem como tomar medidas decisivas em vários outros domínios, como a agricultura, a água, o solo e a biodiversidade.
Su <i>et al.</i> (2013)	O foco da economia circular estende-se gradualmente além das questões relacionadas com a gestão de materiais e abrange a eficiência e a conservação energética, a gestão dos solos, a proteção dos solos e da água.
EEA (2016)	O foco da economia circular estende-se gradualmente além das questões relacionadas com a gestão de materiais e abrange a eficiência e a conservação energética, a gestão dos solos, a proteção dos solos e da água.
Ghisellini <i>et al.</i> (2016)	O foco da economia circular estende-se gradualmente além das questões relacionadas com a gestão de materiais e abrange a eficiência e a conservação energética, a gestão dos solos, a proteção dos solos e da água.
ADEME (2014)	O foco da economia circular estende-se gradualmente além das questões relacionadas com a gestão de materiais e abrange a eficiência e a conservação energética, a gestão dos solos, a proteção dos solos e da água.

Fonte	Definições e interpretações
Ellen MacArthur Foundation (2013a; 2013b; 2015a)	A economia circular é um sistema industrial restaurativo ou regenerativo por intenção e design. Substitui o conceito de ‘fim de vida’ pela restauração, passa à utilização de energias renováveis, elimina a utilização de produtos químicos tóxicos, que prejudicam a reutilização, visa à eliminação de resíduos mediante concepção superior de materiais, produtos, sistemas e, dentro disso, modelos de negócios”. O objetivo geral é “permitir fluxos eficazes de materiais, energia, trabalho e informação para que o capital natural e social possa ser reconstruído.
Comissão Europeia (2015)	A economia circular é onde o valor dos produtos, materiais e recursos é mantido na economia pelo maior tempo possível e a geração de resíduos é minimizada”. A transição para uma economia mais circular representaria “uma contribuição essencial aos esforços da UE para desenvolver uma economia sustentável, hipocarbônica, eficiente em termos de recursos e competitiva.
Bastein et al. (2013)	A transição para a economia circular é a condição essencial a um sistema industrial resiliente que facilite novos tipos de atividade econômica, fortaleça a competitividade e gere emprego.
Sauvé et al. (2016)	A economia circular é produção e consumo de bens por meio de fluxos de materiais em circuito fechado que internalizam externalidades ambientais ligadas à extração de recursos virgens e à geração de resíduos (incluindo poluição).

Fonte: Adaptado de Rizos, Tuokko e Behrens (2017).

Com base nesse novo modelo de produção e consumo, a economia circular prevê a diminuição dos impactos ambientais negativos e estimula estratégias empresariais alternativas (Frosch; Gallopolous, 1989). Sehnem (2019) afirma que o uso do termo “circular” remete a algo cíclico e, nesse contexto, há dois ciclos a serem considerados: *i*) os ciclos bioquímicos (da água, do nitrogênio e do oxigênio); e *ii*) os ciclos técnicos (relacionados à reciclagem dos materiais), conforme proposto pela Fundação Ellen MacArthur (2015a).

Originalmente, os seres humanos e suas atividades são todas baseadas em ambientes circulares, e a economia circular reconhece essa ligação. Apesar do termo economia circular estar ligado a uma ampla variedade de sentidos e associações por diferentes autores, em geral, o que eles têm em comum é a ideia de um sistema fechado e cíclico (Murray; Skene; Haynes, 2017).

1.2 Transição para a economia circular

A economia circular possui práticas alinhadas com as propostas da Agenda 2030 das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável, especialmente as relacionadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 9 e 12, que visam, respectivamente, viabilizar infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável, além de fomentar a inovação e garantir a produção sustentável em conjunto com os padrões de

consumo (Nações Unidas, 2015). Para tanto, com o objetivo de alcançar o desenvolvimento sustentável, a transição da economia linear para a economia circular pode ser analisada em três níveis: *i*) macro: global e regional; *ii*) meso: parques ecoindustriais e simbiose industrial; e *iii*) micro: empresa e produto (Kirchherr *et al.*, 2017).

Sem dúvida, essa transição é complexa e exige longo prazo de maturação, pois demanda uma abordagem holística e transversal aos diversos componentes empresariais. Assim, deve-se combinar estratégias provenientes de vários *stakeholders* envolvidos nesse processo, como governo, cidadãos, consumidores, empresas, organizações do terceiro setor, provedores logísticos, entre outros (República Portuguesa, 2017). Conforme mencionado, vários países têm realizado esforços para essa transição, dentre eles estão China, Japão, Canadá e, principalmente, países da Comunidade Europeia. No entanto, os países emergentes ainda encontram diversas barreiras.

A União Europeia tem promovido sistematicamente ações para ajudar na transição (Moraga *et al.*, 2019). Atrelado a isso, a Comissão Europeia adotou um plano de ação em 2015 para “acelerar a transição para uma economia circular, aumentar a competitividade global, promover o crescimento econômico sustentável e gerar novos empregos” (Comissão Europeia, 2022). O plano de ação definiu 54 medidas para viabilizar a transição. Em março de 2020, foi adotado um novo Plano de Ação para a economia circular, como um dos principais elementos do Pacto Ecológico Europeu (European Green Deal) para o crescimento sustentável (Comissão Europeia, 2022).

Em fevereiro de 2022, a América Latina e o Caribe lançaram a Coalizão de Economia Circular, composta por 16 países comprometidos com a construção de um futuro mais sustentável na região. A nova Coalizão é coordenada pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e apoiada por sete parceiros, sendo eles: o Centro e Rede de Tecnologia Climática da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança Climática, a Fundação Ellen MacArthur, o Banco Interamericano de Desenvolvimento, a Fundação Konrad Adenauer, a Plataforma de Aceleração da Coalizão de Economia Circular, a Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial e o Fórum Econômico Mundial. A liderança da Coalizão, por sua vez, é exercida por um comitê diretor composto por quatro representantes governamentais de alto nível de forma rotativa, sendo eles: Colômbia, Costa Rica, República Dominicana e Peru, para o período 2021-2022.

A Coalizão apoia o acesso ao financiamento por parte dos governos e do setor privado, com especial ênfase nas pequenas e médias empresas, de forma a promover a mobilização de recursos para inovação e implementação de projetos específicos na região (alimentos, resíduos, plásticos, construção civil, entre outros) (Coalizão Economia Circular América Latina e Caribe, 2022). O Brasil, no final de agosto de 2023, aceitou o convite para entrar na Coalizão, tendo o Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC) como representante do país, sem prejuízo das iniciativas relacionadas à transição para uma economia circular do Ministério da Educação, Ministério da Integração e Desenvolvimento Regional e do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, com colaboração de outras instituições, como universidades e centros de pesquisa (Brasil, 2023).

1.3 Discussão

É possível constatar que a economia circular é um conceito emergente e tem chamado a atenção de diversos segmentos. Adicionalmente, não há um consenso da sua definição e origem, visto que há ainda muita confusão dos termos, conforme citam Kirchherr, Reike e Hekkert (2017), com base em revisão sistemática e exaustiva da literatura e exame de 114 definições. Ademais, enquanto alguns confundem a economia circular com a reciclagem, outros confundem com o desenvolvimento sustentável, ou esquecem de considerar sua dimensão social.

Quanto à sua origem, seguramente não se trata de um conceito totalmente novo, visto que não se originou na academia, e sim na prática, principalmente considerando o contexto chinês e a influência de diversas áreas e conceitos anteriormente gerados na esfera acadêmica. Entendemos que a economia circular vem complementar e integrar diversos conceitos, tendo seu escopo de atuação na redução de desperdícios, seja estes de insumos, como energia, água, calor, matérias-primas e produtos em processo, seja de resíduos e seu respectivo reaproveitamento, ou outros processos produtivos. Além disso, a economia circular possui uma forte relação com o design, visto que erros dessa natureza podem aumentar desperdícios no processo e inviabilizar o reaproveitamento de materiais.

Importante frisar que economia circular não é sinônimo de resíduo zero, visto que, para atingir esse conceito, há de se utilizar a lei da entropia na íntegra, mas, ao considerar o estado atual de produção linear, nota-se que o resíduo zero não é viável economicamente e em curto prazo. Há de se pensar na transição de um modelo linear para um modelo totalmente circular, o que requer um longo prazo para implementação, seja em nível macro, meso ou micro.

Temos de considerar que, para atingir um estado cíclico que permita que os resíduos sejam considerados como fonte para novos produtos e serviços, há de se buscar a conscientização dos cidadãos, consumidores, gestores públicos e privados, enfim, de todos os *stakeholders* envolvidos nesse processo.

Destaca-se o papel da gestão de pessoas no sentido de capacitar e desenvolver habilidades e competências, a fim de inserir indivíduos com valores sustentáveis nesse ciclo (Guarnieri; Kremer, 2019). Para implementar negócios circulares e cidades circulares, é necessário o apoio adequado de toda a organização e de todos os *stakeholders*, e as pessoas são fundamentais nesse sentido, conforme Jabbour *et al.* (2014). Assim sendo, a educação ambiental e a conscientização são fatores primordiais.

Devemos considerar também que, principalmente em países em desenvolvimento e economias emergentes, são encontradas diversas barreiras para a implementação da economia circular que, por sua vez, devem ser enfrentadas para que a transição da economia linear para a economia circular seja possível.

Conforme Ritzén e Sandström (2017), as principais barreiras encontradas em países em desenvolvimento são: *i*) financeiras (mensuração de benefícios financeiros da economia circular, rentabilidade financeira); *ii*) estruturais (falta de troca de informações, distribuição de responsabilidades não clara); *iii*) operacionais (gestão da infraestrutura/*supply chain*);

iv) atitudinais (percepção da sustentabilidade, aversão ao risco); e v) tecnológicas (design do produto e integração nos processos de produção).

Assim sendo, a transição para a economia circular, por mais necessária que seja, ainda é muito complexa, visto que deve envolver diversos atores com interesses diferentes e considerar que barreiras devem ser enfrentadas para que possamos transicionar de um sistema linear para um circular, mais resiliente e sustentável.

1.4 Considerações finais

Neste capítulo, tentamos conceituar economia circular e apresentar qual é o seu escopo de atuação, a fim de que erros de conceituação possam ser dirimidos. Não foi nossa intenção esgotar o assunto, visto sua dinamicidade e falta de consenso. Várias publicações existentes já tiveram esse propósito e, frequentemente, novas abordagens surgem com o intuito de complementar o que já foi publicado.

Percebe-se que a economia circular é um conceito de crescente interesse por parte de diversos segmentos e atores. Sem dúvida, sua adoção é necessária e premente, considerando a emergência climática, a escassez de recursos e os problemas sociais enfrentados, principalmente após uma emergência global, como a pandemia da covid-19.

Nesse contexto, é crucial compreender que a economia circular envolve o design sustentável, a redução do uso de recursos naturais, a redução de desperdícios, a revalorização de resíduos e sua reinserção nos ciclos produtivos e de negócios, a inovação e a integração necessária entre todas as áreas de uma organização, cadeias produtivas, cidades, regiões e países.

A transição para um modelo de produção e consumo mais resiliente e sustentável é realidade em diversos países, no entanto, não é uma tarefa simples e rápida, pois requer esforços de todos os *stakeholders* envolvidos e nos cenários de planejamento urbano, produção de alimentos, conscientização, educação ambiental, formação de recursos humanos, gestão de resíduos, inovações nos processos industriais e oferta de serviços, tecnologia, entre outros.

Não podemos dizer que é uma escolha se engajar nesse processo, e sim uma questão de tempo, visto que países desenvolvidos já possuem estratégias consolidadas em crescimento. Nas economias emergentes, os desafios são maiores, mas isso não nos exime da responsabilidade, devemos criar condições favoráveis e cobrar, de governos e empresas, meios para essa transição.

Referências

ADEME, Geldron A. Economie Circulaire: notions, fiche technique. *Angers, Ademe*, Version modifiée, p. 10, 2014.

ANDERSEN, Mikael S. An introductory note on the environmental economics of the circular economy. *Sustainability science*, v. 2, n. 1, p. 133-140, 2007.

Economia circular: conceitos, dimensões e abordagens

BARBIERI, José Carlos; CAZAJEIRA, JER; BRANCHINI, Oziel. Cadeia de Suprimento e avaliação do ciclo de vida do produto: revisão teórica e exemplo de aplicação. *Revista o Papel*, 2009.

BASTEIN, Ton. *Opportunities for a Circular Economy in the Netherlands*. Delft: TNO, 2013.

BRASIL. Projeto de Lei n.º 1.874, de 2022. Institui a Política Nacional de Economia Circular e altera a Lei n.º 10.332, de 19 de dezembro de 2001, a Lei n.º 12.351, de 22 de dezembro de 2010, e a Lei n.º 14.133, de 1.º de abril de 2021, para adequá-las à nova política. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2422879>. Acesso em: 15/01/2025.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: jan. 2018.

BRASIL. Decreto nº 12.082, de 27 de junho de 2024. Institui a Estratégia Nacional de Economia Circular. Diário Oficial da União: Seção 1, Brasília, DF, 28 jun. 2024, p. 9. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/decreto-n-12.082-de-27-de-junho-de-2024-568655062>. Acesso em: 15/01/2025.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. *Brasil passa a integrar fórum regional de economia circular*. Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/noticias/2023/setembro/brasil-passa-a-integrar-forum-regional-de-economia-circular>. Acesso em: set. 2023.

BRAUNGART, Michael; McDONOUGH, William; BOLLINGER, Andrew. Cradle-to-cradle design: creating healthy emissions—a strategy for eco-effective product and system design. *Journal of cleaner production*, v. 15, n. 13-14, p. 1.337-1.348, 2007.

BRAUNGART, Michael; McDONOUGH, William. *Cradle to cradle: Remaking the way we make things*. North point press, 2010.

COALIZÃO ECONOMIA CIRCULAR AMÉRICA LATINA E CARIBE – CIRCULAR ECONOMY COALITION LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN. *About the coalition*. Disponível em: <https://coalicioneconomiacircular.org/About>. Acesso em: 19 abr. 2022.

COMISSÃO EUROPEIA – EUROPEAN COMMISSION. *Communication from the commission to the european parliament, the european council, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions*. The European Green Deal. 2019. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1588580774040&uri=CELEX:52019DC0640>. Acesso em: 4 jan. 2021.

COMISSÃO EUROPEIA – EUROPEAN COMMISSION. *Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions*: A new circular economy action plan for a cleaner and more competitive europe. 2020. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM:2020:98:FIN>. Acesso em: 17 jan. 2021.

DARBY, Lauren; OBARA, Louise. Household recycling behaviour and attitudes towards the disposal of small electrical and electronic equipment. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 44, n. 1, p. 17-35, 2005.

EEA (European Environment Agency). Circular Economy in Europe – Developing the knowledge base. *EEA Report*, n. 2, 2016.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. *Towards the Circular Economy. Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition*, 2013a. Disponível em: <https://tinyurl.com/hzfrxvb>. Acesso em: 9 nov. 2023.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. *Towards the Circular Economy, Opportunities for the Consumer Goods Sector*, 2013b. Disponível em: <https://tinyurl.com/ztnrg24>. Acesso em: 9 nov. 2023.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Towards a circular economy: business rationale for an accelerated transition. *Greener Manag International*, v. 20, 2015a. Disponível em: <https://tinyurl.com/zt8fhxw>. Acesso em: 9 nov. 2023.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. *Circular Economy 100 Brazil*, 2015b Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/ce100/FAQ-CE100-Brasil.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2019.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. *Circular Economy Overview*, 2013. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/overview/concept>. Acesso em: 30 set. 2019.

EUROPEIA, Comissão. Communication From The Commission To The European Parliament, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions. Closing the loop – An EU action plan for the Circular Economy, 2015. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52015DC0614>. Acesso em: 4 jan. 2021.

AN, E. U. Action plan for the Circular Economy. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European economic and social committee and the Committee of the regions closing the loop. *Brussels*, v. 2, 2015.

FROSCH, Robert A.; GALLOPOULOS, Nicholas E. Strategies for manufacturing. *Scientific American*, v. 261, n. 3, p. 144-153, 1989.

GHISELLINI, Patrizia; CIALANI, Catia; ULGIATI, Sergio. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner production*, v. 114, p. 11-32, 2016.

GREYSON, James. An economic instrument for zero waste, economic growth and sustainability. *Journal of Cleaner production*, v. 15, n. 13-14, p. 1.382-1.390, 2007.

Economia circular: conceitos, dimensões e abordagens

GUARNIERI, P. Alinhamento da política ou estratégia nacional de economia circular com estratégias e diretrizes internacionais. In Anais do XLVIII Encontro da ANPAD – EnANPAD 2024, Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 2024.

GUARNIERI, Patricia; STREIT, Jorge Alfredo Cerqueira. Implications for waste pickers of Distrito Federal, Brazil arising from the obligation of reverse logistics by the National Policy of Solid Waste. *Latin American Journal of management for sustainable Development*, v. 2, n. 1, p. 19-35, 2015.

GUARNIERI, Patricia; E SILVA, Lucio Camara; LEVINO, Natallya A. Analysis of electronic waste reverse logistics decisions using Strategic Options Development Analysis methodology: A Brazilian case. *Journal of Cleaner Production*, v. 133, p. 1.105-1.117, 2016.

GUARNIERI, Patricia; KREMER, Joelma. Economia Circular: análise das publicações internacionais na última década a fim de identificar uma agenda de pesquisa, 2019. In: Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração, ANPAD. Curitiba: 2-5 out. 2019.

GUARNIERI, Patricia; CERQUEIRA-STREIT, Jorge A.; BATISTA, Luciano C. Reverse logistics and the sectoral agreement of the packaging industry in Brazil towards a transition to a circular economy. *Resources, conservation and recycling*, v. 153, p. 104-541, 2020.

HECK, Paul. *Circular Economy related international practices and policy trends*: Current situation and practices on sustainable production and consumption and international Circular Economy development policy summary and analysis. Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS), 2006.

JABBOUR, Ana Beatriz Lopes de Sousa; JABBOUR, Charbel José Chiappetta; SARKIS, Joseph; GOVIDAN, Kannan. Brazil's new national policy on solid waste: challenges and opportunities. *Clean Technologies and Environmental Policy*, v. 16, n. 1, p. 7-9, 2014.

KALOGERAKIS, Nicolas et al. The role of environmental biotechnology in exploring, exploiting, monitoring, preserving, protecting and decontaminating the marine environment. *New biotechnology*, v. 32, n. 1, p. 157-167, 2015.

KIRCHHERR, Julian; REIKE, Denise; HEKKERT, Marko. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, conservation and recycling*, v. 127, p. 221-232, 2017.

KORHONEN, Jouni, NUUR, Cali, FELDMANN, Aandreas, BIRKIE, Seyoum Eshetu. Circular economy as an essentially contested concept. *Journal of Cleaner Production*, v. 175, p. 544-552, 2018.

LEITÃO, Alexandra. Economia circular: uma nova filosofia de gestão para o séc. XXI. *Portuguese Journal of Finance, Management and Accounting*, v. 1, n. 2, p. 149-171, 2015.

LI, We; LIN, Wenting. Circular economy policies in China. *Towards a Circular Economy: Corporate Management and Policy Pathways*, v. 44, p. 95-111, 2016.

LOUREIRO, Orlando Isidoro. Origens e Evolução do Marketing: Um Estudo sobre as Influências das Correntes Teóricas no Ensino do Marketing no Brasil. *MOMENTUM*, v. 1, n. 7, p. 185-214, 2009.

MITCHELL, Peter. Employment and the circular economy – Job Creation through resource efficiency in London. Report produced by WRAP for the London Sustainable Development Commission, the London Waste and Recycling Board and the Greater London Authority, 2015.

MORAGA, Gustavo *et al.* Circular economy indicators: What do they measure? *Resources, Conservation and Recycling*, v. 146, p. 452-461, 2019.

MURRAY, Alan; SKENE, Keith; HAYNES, Kathryn. The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *Journal of business ethics*, v. 140, n. 3, p. 369-380, 2017.

NAÇÕES UNIDAS. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 9 nov. 2023.

PEARCE, David; TURNER, R. Kerry. Economics of Natural Resources and the Environment, Hemel Hempstead: Harvester Wheatsheaf, 1990. CEPS Research Reports. Disponível em: <https://bitly.ws/ZSmQ>. Acesso em: 9 nov. 2023.

PRESTON, Felix. *A Global Redesign? Shaping the Circular Economy*. London: Chatham House, 2012.

REIKE, Denise; VERMEULEN, Walter JV; WITJES, Sjors. The circular economy: new or refurbished as CE 3.0? Exploring controversies in the conceptualization of the circular economy through a focus on history and resource value retention options. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 135, p. 246-264, 2018.

REPÚBLICA PORTUGUESA. *Liderar a transição: Plano de Ação para a Economia Circular em Portugal (2017-2020)*, 2017. Disponível em: <https://www.portugal.gov.pt/download-ficheiros/ficheiro.aspx?v=71fc795e-90a7-48ab-acd8-e49cbbb83d1f>. Acesso em: 28 fev. 2020.

RITZÉN, Sofia; SANDSTRÖM, Gunilla Ölundh. Barriers to the Circular Economy – integration of perspectives and domains. *Procedia Cirp*, v. 64, p. 7-12, 2017.

RIZOS, Vasileios; TUOKKO, Katja; BEHRENS, Arno. The Circular Economy: A review of definitions, processes and impacts. *CEPS Papers*, n. 12.440, 2017. Disponível em: <https://bitly.ws/ZSmQ>. Acesso em: 9 nov. 2023.

SAUVÉ, S.; BERNARD, S.; SLOAN, P. Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. *Environmental Development*, v. 17, p. 48-56, 2016.

SEHNEM, Simone. Circular business models: Babbling initial exploratory. *Environmental Quality Management*, v. 28, n. 3, p. 83-96, 2019.

SU, B., HESHMATI; GENG, Y.; YU, X.. A review of the circular economy in China: Moving from rhetoric to implementation. *Journal of Cleaner Production*, v. 42, p. 215-227, 2013.

ZHANG, Kai; SCHNOOR, Jerald L.; ZENG, Eddy Y. E-waste recycling: where does it go from here? *Environmental Science & Technology*, v. 46, n. 20, p. 10.861-10.867, 2012.

Implementando a economia circular – 9 lições

Simone Sehnem
Lucila Maria de Souza Campos
Maciel M. Queiroz
Vinícius Picanço Rodrigues
Charbel José Chiappetta Jabbour

2.1 *Economia circular: pontos críticos do conceito contestado*

A economia circular (EC) é um conceito que está se espalhando rapidamente nos contextos acadêmico, empresarial e governamental em diferentes continentes (DEV *et al.*, 2020). Pode ser visto como promissor e uma grande oportunidade para transformar a sociedade em prol da sustentabilidade (Sehnem *et al.*, 2019a; Parida *et al.*, 2019). No entanto, há uma corrente de pensadores mais tradicionais e conservadores, representada por autores como Korhonen *et al.* (2018a), Korhonen *et al.* (2018b), Millar *et al.* (2019), García-Barragán *et al.* (2019) e Calisto Friant, Vermeulen e Salomone (2020), segue uma abordagem inspirada no estudo de Gallie (1956). Esses estudiosos trabalham com o conceito de economia circular, entendido como essencialmente contestado, e apostam tanto suas ambiguidades quanto seu potencial de aplicabilidade em diferentes contextos, sempre ilustrando os aspectos críticos da EC. A leitura desses textos inspirou a realização de uma vasta busca em bases de dados a partir do uso dos termos “economia circular” e “conceito contestado”, “economia circular” e “controverso”, “economia circular” e “inviável”.

As bases de dados Scopus, Web of Science e Science Direct foram acessadas e 12 estudos diferentes que tratam do tema foram recuperados. Embora a amostra ainda seja relativamente pequena, acreditamos ser oportuno compreender o contexto que dá origem a críticas tão fortes para refutar o conceito de economia circular. A fim de ampliar a amostra, também foram incluídos os termos pares de busca “economia circular” e “*trade-offs*”; “economia circular” e

“tensões”, o que nos permitiu selecionar mais 97 artigos focados especificamente em aspectos que tornam inexequível ou complexa a implementação desse modelo de economia.

Outro aspecto controverso é a medição do nível de circularidade, pois apesar da existência de tipologias de circularidade, as métricas ainda são consideradas controversas e, por vezes, resultam em diversas barreiras (Kirchherr *et al.*, 2018). Dentre essas classificações temos estudos que classificam essa medida em nível macro, meso e micro (Linder; Sarasin; Loon, 2017), também há a classificação nos modelos de negócios classificados por Urbinatti *et al.* (2017) em empresas circulares a jusante, empresas circulares a montante, empresas circulares completas e, ainda, o *framework-R*, ilustrado por Reike, Vermeulen e Witjes (2018), que distingue diferentes estratégias para se engajar com a circularidade, conhecidas como *R-strategies*, ou estratégias-R, em tradução livre.

O objetivo deste estudo não é realizar uma revisão sistemática, mas sim compreender os aspectos teóricos que são entendidos como obstáculos para a implementação bem-sucedida da economia circular. Assim, não houve a preocupação de apresentar detalhadamente os critérios de inclusão e triagem do portfólio bibliográfico analisado. Os elementos centrais que foram levados em consideração para selecionar os trabalhos analisados estão associados à presença de trechos de textos que aludem à polêmica contestação e inviabilidade da economia circular. A leitura atenta, cuidadosa e sustentada da experiência dos autores em pesquisa empírica em EC, desta análise crítica, permitiu a construção do seguinte quadro que sustenta os argumentos deste ensaio teórico (figura 2.1):

Figura 2.1: Estrutura para as diretrizes que refutam a economia circular como um conceito aplicado



Fonte: Elaborado pelos autores.

Apoiados na figura 2.1, elaboramos uma reflexão considerando cada uma das diretrizes dos eixos que refutam a economia circular como conceito aplicado:

a) *Conceito duvidoso*: a literatura existente sobre EC fornece vários conceitos diferentes. Kirchherr, Reike e Hekkert (2017) mapearam 114 definições *distintas* de EC, enquanto Calisto Friant, Vermeulen e Salomone (2020) apresentaram 72 conceitos. Percebeu-se que essa ampla gama de conceitos é um fator que evidencia a falta de clareza e conscientização, juntamente com uma incompREENSÃO generalizada acerca do conceito desse modelo. Nesse sentido, a variedade de definições conceituais amplia os elementos que se entende serem incluídos na dinâmica da circularidade das organizações. Por um lado, contribui para uma compRENSÃO complexa do conceito e dificulta o processo de implementação e aplicabilidade na prática. Por outro lado, corrobora os axiomas de Gallie (1956), o qual os termos essencialmente contestados não possuem definições gerais claras, bem como podem abordar diferentes usos do termo (Gallie, 1956). Além disso, o estudo de Korhonen *et al.* (2018a) destaca a necessidade de definir claramente a unidade de análise e a base teórica que embasa a EC para aplicá-la adequadamente na prática.

b) *Confusão entre o conceito e outras práticas internalizadas nas organizações*: a literatura vem causando equívocos sobre o conceito de EC e algumas de suas atividades. Nesse sentido, a economia circular é, muitas vezes, entendida como gestão de resíduos (Pluskal *et al.*, 2020), logística reversa (Julianelli *et al.*, 2020), cadeias de suprimentos reversas (Frei *et al.*, 2020), reciclagem (Moraga *et al.*, 2021; Ahmed; Lim, 2021; Rahman *et al.*, 2021), reutilização (Ciccullo *et al.*, 2021), ecoeficiência (Figge *et al.*, 2021; Figge; Thorpe, 2019), melhoria contínua (Kiefer *et al.*, 2019), otimização de processos (CNI, 2019), tipos de ecoinovações para transição de sustentabilidade (Kiefer *et al.*, 2018) ou apenas um prolongamento da vida útil do produto (Althaft *et al.*, 2019). A partir disso, importa referir que não se trata de implementar isoladamente qualquer prática sustentável para avaliar a presença da economia circular. Pelo contrário, torna-se necessário investir numa lógica de práticas combinadas, que possibilite a presença dos 10Rs (Reike; Vermeulen; Witjes, 2018), e desta forma, construir organizações circulares e cadeias de abastecimento que detenham os preceitos da EC (Ciccullo *et al.*, 2021; Vegter *et al.*, 2020).

c) *Infraestrutura deficiente*: viabilizar as instalações da EC está diretamente associado a pontos de coleta, separação de resíduos, logística de devolução de materiais obsoletos a serem desmaterializados e modelos de negócios circulares (Barbieri; Santos, 2020). Essas dinâmicas só são possíveis quando há infraestrutura adequada que permita a materialização de cada uma dessas práticas e processos (Pluskal *et al.*, 2021). Mais particularmente, é importante tornar essa infraestrutura amplamente conhecida na população em geral para compreender os benefícios decorrentes da conduta de devolução de objetos e produtos a serem desmaterializados (Wang *et al.*, 2020). Sem dúvida, serão necessários investimentos intensos em tecnologias de ponta, principalmente em inteligência artificial, para acelerar esse processo (Moreno *et al.*, 2019), pois a infraestrutura limitada de uma cidade engloba uma forte barreira para alcançar cidades inteligentes e, consequentemente, para apoiar uma

adoção e implementação mais amplas de CE (Chauhan; Jakhar; Chauhan, 2021). Destaca-se que o mundo contemporâneo está exigindo mais digitalização do CE para viabilizar modelos de negócios circulares inteligentes (Kristoffersen; Blomsma; Mikalef; Li, 2020).

d) Complexidade para realizar a transição do linear para o circular: a lógica linear existe há muitas décadas (Sehnem *et al.*, 2019b), promoveu o auge dos sistemas de produção tradicionais (lineares) (Nasir *et al.*, 2017) e movimenta a economia, o que gera muitos resultados positivos para a sociedade. No entanto, é necessário mudar a lógica do sistema criando uma nova dinâmica de produção (Cong *et al.*, 2017), redesenhando produtos (Whicher *et al.*, 2018) e repensando os ciclos de produção (Moreau *et al.*, 2017). Essa mudança fundamental implica custos, novos pensamentos gerenciais, novos modelos gerenciais, diferentes modelos de negócios e, principalmente, princípios sustentáveis que sustentam os modelos de negócios.

e) Lógica do sistema de produção com obsolescência programada internalizada: somos uma sociedade movida pelo consumo. Nascemos, crescemos e vivemos para receber incentivos para comprar mais, na lógica de um processo linear baseado na ideia de “pegar-fazer-descartar”. O marketing adota as estratégias mais modernas com o intuito de sensibilizar as pessoas para o consumo (Nishijima *et al.*, 2020). Além disso, a economia é sustentada pelo uso e descarte de produtos. Essa lógica linear promove fortes estímulos que geram empregos, oportunidades, rentabilidade e novas linhas de produtos, inovações e atratividade para o consumo. A questão permanece: como prolongar o ciclo de vida dos produtos em uma sociedade movida pelo consumo? Romper essa lógica sistêmica é um desafio complexo porque se cristaliza na dinâmica produção-consumo. E isso não muda rapidamente, especialmente porque o propósito das premissas da economia circular é criar produtos inovadores (Fang *et al.*, 2020).

f) Ausência de políticas públicas que promovam a economia circular: não apenas as políticas públicas são eficazes para estimular a EC, mas precisam estar alinhadas e coerentes com os diferentes níveis de governança, do município ao país (de forma integrada), passando por unidades intermediárias de governança (ou seja, estados, regiões, cantões, condados, áreas etc.). A lógica da desmaterialização e o retorno dos produtos a serem desintegrados exigem uma estrutura complexa e onerosa, aliada a novos modelos de negócios (Donner *et al.*, 2020). Isso torna quase impossível para um país continental viabilizar a economia circular em todo o território geográfico.

g) Necessidade de criar uma cultura para a economia circular: para que a economia circular funcione, as pessoas precisam mudar hábitos (Kréziak *et al.*, 2020) e comportamentos (Gåvertsson *et al.*, 2020). Isso é complexo e demorado e, portanto, é preciso avaliar o quanto as pessoas estão dispostas a fazer essa transição de conduta em favor da economia circular (Pisitsankkhakarn; Vassanadumrongdee, 2020; Nainggolan *et al.*, 2020), além do nível de reconhecimento dos consumidores acerca da autoidentidade verde, autocongruência e valor percebido nesse tipo de produto (Confente; Scarpi; Russo, 2020). assim como a dimensão social da EC (Clube; Tennant, 2022). Fatores esses que incluem, também, o engajamento dos *stakeholders* locais para disseminar conhecimento a fim de apoiar a economia circular (Godoi, 2022).

h) Complexidade de materiais de remanufatura e criação de ciclos de produção curtos e fechados: O conceito de circularidade não é novo. Desde a Idade Média, e antes da Revolução Industrial, os produtos já eram reaproveitados e, em sua maioria, consistiam em materiais de fácil decomposição – como madeira, fibras e palha – ou fáceis de serem reciclados ou reutilizados – como ferro e tijolos. No entanto, a industrialização trouxe novos produtos, mais complexos e elaborados, bem como uma diversidade muito maior de (novos) materiais, os quais usamos hoje e que, muitas vezes, não são tão facilmente recicláveis, seja por suas características de reciclagem, seja por possuírem componentes tóxicos. Nesse sentido, a maioria dos produtos não foi projetada para desmaterialização. Isso dificulta a separação dos diferentes materiais e possibilita sua reintegração na cadeia produtiva para que detenham o maior valor possível. Além disso, é excessivamente caro trazer alguns materiais de volta à sua origem industrial. Reuter, Van Schaik e Ballester (2018) realizaram um estudo mostrando as limitações dos fluxos de materiais da reciclagem na economia circular, usando como caso uma análise baseada em simulação da reciclagem do Fairphone 2. Assim, é interessante notar que há uma substancial falta de atenção em relação à conscientização e práticas de EC no design de produtos.

i) O problema energético: Uma das questões que a EC aborda como importante, mas que não se aprofunda de forma consistente, é a questão energética. Atualmente, a maior parte da energia gerada e consumida no mundo é proveniente de fontes de combustíveis fósseis (Tidjani; Chandra, 2012; Demirbas; Hashem; Bakhsh, 2017; Famoso *et al.*, 2020), embora a grande maioria dessa energia seja queimada como fonte de energia e não possa ser reutilizada ou reciclada (Bagherian; Mehranzamir, 2020; Gangwar; Shankar, 2020; De Oliveira; Oliveira, 2023). O conceito energético da economia circular é baseado na primeira lei da termodinâmica, a qual postula que a quantidade de energia é sempre constante, ou seja, sem desperdício em um sistema fechado. Dito isso, constata-se que os sistemas abertos podem, e devem, ser convertidos em sistemas circulares, tendo em vista a escassez de recursos e seu uso inteligente, contemplando o planeta Terra como um sistema fechado (SU *et al.*, 2013). Contudo, de acordo com a segunda lei da termodinâmica, os processos que envolvem a transferência ou conversão de energia térmica são irreversíveis. Isso significa que o grau de degeneração de um sistema isolado tende a aumentar com o tempo. Em outras palavras, um sistema não pode se mover para sempre sem inserir novos recursos e sem produzir/gerar resíduos.

Assim, por natureza, um sistema não é circular e isolado, mas linear e aberto. Consequentemente, sempre haverá alguma necessidade de minerar novos combustíveis fósseis, além do fato de que a reciclagem de materiais também requer energia, tanto pelo processo de reciclagem quanto pelo transporte de materiais reciclados, ou daqueles que ainda passarão pelo processo de reciclagem. Para resolver essa questão, os defensores da EC dizem que devemos mudar para um sistema com energia 100% renovável. No entanto, essa ideia não fecha o círculo, pois para construir e manter usinas de energia renovável e infraestrutura complementar, também precisamos de recursos (energia e materiais), mas, como mencionado

Economia circular: conceitos, dimensões e abordagens

acima, a tecnologia de coleta e armazenamento de energia renovável depende de materiais de difícil reciclagem, como painéis solares, turbinas eólicas e baterias de íons de lítio.

Portanto, é notório que o conceito de EC ganhou popularidade rapidamente, mas sua essência permanece incompreendida e difícil de implementar. Como sugestão para estudos futuros, recomendamos a criação de mecanismos que possibilitem refutar o conceito de EC, ou seja, fornecer soluções aplicadas para cada um dos pontos críticos mapeados e descritos neste estudo, além de validar esses mecanismos por meio de estudos teórico-empíricos, experimentos e estudos etnográficos – como legitimar as proposições teóricas deste estudo em diferentes países e contextos geográficos.

2.2 Agenda de pesquisa

Além das principais diretrizes que refutam a economia circular, destacamos os principais aspectos que merecem preocupação e engajamento científico para que os avanços ocorram, incluindo os principais atores a serem envolvidos e o nível em que ela se manifesta: macro (como estruturas e economia), meso (modelos de negócios, estruturas industriais e acordos setoriais) e micro (indivíduos, empresas, modelos de negócios, produtos e serviços). Dentro de cada nível há elementos que viabilizam, de forma estratégica, a operação de uma economia suportada por pressupostos sistêmicos. Esses elementos estão representados no quadro 2.1:

Quadro 2.1: Agenda de pesquisa

Principais aspectos	Descrição	Atores a serem envolvidos	Nível de engajamento
Medindo a circularidade com precisão	Um dos desafios são as métricas adequadas para mensurar a circularidade de recursos (Cottafa; Ritzen, 2021) e resíduos e, assim, trazer para nossa sociedade e mercado os modelos de negócios efetivamente circulares (Galvão et al., 2020; Fehrer; Wieland, 2020).	Governo, pesquisadores e empresas	Macro Meso Micro
Nível de compreensão do conceito	Ninguém faz uma economia circular sozinho. Logo, quando uma empresa focal assume que é circular, isso é uma informação duvidosa. A EC é um conceito colaborativo (Patwa et al., 2020), que requer um engajamento sistêmico de toda a cadeia produtiva, governos e todos os tipos de stakeholders. Exige a perspectiva da simbiose industrial, a estruturação de ecoparques, cidades industriais e distritos industriais engajados e comprometidos com a implementação das premissas da economia circular.	Sociedade em geral	Macro Meso Micro
Infraestrutura deficiente	Necessidade de fornecer uma estrutura que suporte a desmaterialização e reinserção de materiais de produtos obsoletos. Ou seja, a infraestrutura exerce uma influência negativa e positiva nos modelos de negócios de EC.	Governo, empresas e cidadãos em geral	Macro Meso Micro
Lógica de planejamento e design de produto a ser repensada	Desconstruir o conceito de obsolescência programada e eliminar gradualmente tipos de materiais e formas de fabricação dos produtos, que dificultam ainda mais a desmaterialização e separação de materiais.	Governo e empresas	Micro
Número limitado de estudos sobre desempenho circular	As métricas ainda são uma questão duvidosa, complexa e difícil de implementar. A ausência de estudos põe em causa a ideia da EC ser tão promissora.	Pesquisadores	Macro Meso Micro

Economia circular: conceitos, dimensões e abordagens

Principais aspectos	Descrição	Atores a serem envolvidos	Nível de engajamento
Ausência de requisitos legais condizentes com o que a EC prega	Apoiar os investidores e envolver todos os cidadãos. Despertar o desejo de adesão, subsidiar boas iniciativas de EC e incentivar a manutenção de boas práticas de EC.	Governo, universidades, associações e indústrias	Macro Meso Micro
Complexidade para realizar a gestão de resíduos em uma sociedade que não atende aos critérios de separação e triagem de resíduos	O problema dos resíduos sólidos vem crescendo de acordo com o crescimento da população mundial, mas em diversas sociedades isso vem ocorrendo em escala e velocidade muito superiores. No entanto, as soluções para este problema não crescem no mesmo grau. Mesmo que a economia circular se concentre mais em etapas anteriores ao momento em que os produtos se tornam resíduos, sem dúvida, a questão das formas de recolha e separação dos diferentes tipos de resíduos (especialmente os gerados pelos cidadãos, nas suas casas) está relacionada a um possível sucesso ou falha da EC, pois ele também funciona e considera os ciclos biológicos. Portanto, são necessários estudos mais avançados sobre questões relacionadas à logística.	Governo, universidades, associações e indústrias	Macro Meso Micro
Complexidade para reutilização porque ainda existe uma cultura de propriedade	As pessoas guardam os objetos porque acham que um dia podem precisar deles. A cultura de propriedade dificulta a circularidade dos materiais.	Empresas e cidadãos em geral	Meso Micro
A necessidade de colaboração em um ambiente capitalista que instiga a competição	Nosso modelo educacional e a sociedade capitalista incentivam a competição. A maneira de mudar isso é estimular alternativas sobre como promover a solidariedade e a colaboração em uma sociedade baseada na competição.	Empresas, escolas, universidades e governo	Micro

Principais aspectos	Descrição	Atores a serem envolvidos	Nível de engajamento
Como criar ciclos curtos em uma sociedade que incentiva a globalização	Multinacionais, players globais, competitividade internacional. Essas estruturas não vão de encontro aos ciclos curtos desejados pela economia circular, porque são estruturas que fortalecem ciclos longos. É preciso criar conexões, sistemas, redes e nós que fortaleçam ciclos locais, ciclos curtos e oportunidades para reduzir a pegada ecológica de uma cadeia produtiva.	Empresas, escolas, universidades e governo	Macro Meso Micro
Cada ramo da indústria terá seus problemas específicos e métodos para resolvê-los	Articular atores de instituições de ensino e entidades de pesquisa para solucionar os problemas das organizações. Estimular pesquisas proposicionais, que impactem a sociedade e transformem as realidades sociais.	Empresas, escolas, universidades e governo	Macro Meso Micro
Há necessidade de uma abordagem mais estratégica para a introdução do modelo circular, o que realmente facilitaria o fechamento do ciclo no setor	Os governos, por meio de políticas públicas, transformam a economia circular em um projeto estratégico para seu país e para todas as organizações.	Governo	Macro Meso Micro
As empresas precisam de opções práticas que não sejam apenas fáceis de entender, mas também economicamente e tecnologicamente viáveis.	Promover incentivos governamentais, subsídios, benefícios fiscais para opções circulares e incentivos para os consumidores aderirem a produtos circulares.	Governo	Macro Meso Micro

Fonte: Elaborado pelo autores.

Por fim, entendemos que os aspectos mencionados no quadro 2.1 podem ser considerados os mais críticos e cruciais para o avanço da economia circular e, como tal, entendemos que eles devem ser priorizados em primeira instância. Observações que corroboram com os escritos de Bauwess *et al.*, (2020) os quais também concordam que a EC pode ser conceituada de formas bastante contrastantes.

2.3 Observações finais

Este artigo elencou a economia como um conceito possivelmente contestado, difícil de ser adotado e implementado, destacou os pontos críticos e os principais pontos controversos que desafiam esse conceito e mostrou que há um equívoco crítico do termo devido à sua dubiedade, inconsistência, confusão com outras práticas de sustentabilidade, ausência teórica que o embase científicamente e pouca clareza de sua unidade de análise.

A principal contribuição deste estudo é lançar luz sobre os pontos críticos da implementação da EC. Logo, os pontos polêmicos apontados podem servir como subsídios para que a comunidade científica encontre alternativas e soluções viáveis para o progresso da economia circular. Destacamos, ainda, que o papel da pesquisa na resolução de problemas complexos é essencial devido às crescentes interdependências intrincadas entre diferentes campos e disciplinas científicas.

Nesse cenário, as universidades podem cumprir o papel de pesquisa ao propôr ferramentas, caminhos, alternativas e práticas que promovam a disseminação da economia circular em diferentes contextos organizacionais. Mais particularmente, podem liderar o desenvolvimento de soluções capazes de fornecer diversos artefatos para o progresso da economia circular nas organizações e gerar mudanças efetivas na sociedade de consumo em prol da permanência dos recursos, otimização do uso de materiais e ampliação do valor dos recursos.

Assim, consideram-se as contribuições deste estudo: *a)* sistematizar os obstáculos e desafios mais desafiadores para o avanço da EC (aspectos que a tornam contestada); *b)* apresentar alguns caminhos cruciais para o progresso da EC; *c)* indicar direções para que governo, universidades, empresas e sociedade em geral se comprometam com o progresso da economia circular.

Referências

AHMED, Wisal.; LIM, Chia Wei. Production of sustainable and structural fiber reinforced recycled aggregate concrete with improved fracture properties: a review. *Journal of Cleaner Production*. v. 2, n. 279, p. 123.832, 2021.

ALTHAF, Shahana; BABBITT, Callie.Wan.; CHEN, Roger. Forecasting electronic waste flows for effective circular economy planning. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 14, n. 151, p. 104-362, 2019.

BAGHERIAN, Mohammad Ali; MEHRANZAMIR, Kamyar. A comprehensive review on renewable energy integration for combined heat and power production. *Energy Conversion and Management*, v. 224, p. 113.454, 2020.

BARBIERI, Renata; SANTOS, David Ferreira Lopes. Sustainable business models and eco-innovation: A life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, v. 266, n. 24, 2020.

CALISTO FRIANT, Martin; VERMEULEN, Walter J. V.; SALOMONE, Roberta. A typology of circular economy discourses: Navigating the diverse visions of a contested paradigm. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 11, n. 161, 2020.

CHAUHAN, Ankur; JAKHAR, Suresh Kumar; CHAUHAN, Chetna. The interplay of circular economy with industry 4.0 enabled smart city drivers of healthcare waste disposal. *Journal of cleaner production*, v. 279, p. 123.854, 2021.

CICCULLO, Federica; CAGLIANO, Raffaela; BARTEZZAGHI, Giullia; PEREGO, Alessandro. Implementing the circular economy paradigm in the agri-food supply chain: The role of food waste prevention technologies. *Resources, Conservation and Recycling*. v. 1, n. 164, p. 105-114, 2021.

CLUBE, Rebecca KM; TENNANT, Mike. Social inclusion and the circular economy: The case of a fashion textiles manufacturer in Vietnam. *Business Strategy & Development*, v. 5, n. 1, p. 4-16, 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI, 2019. Encontro Economia Circular e a Indústria do Futuro. Economia Circular: pesquisa e caminho estratégico. Disponível em: https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/00/29/0029b-00c-dfb8-4b4e-b315-636221f7d695/pesquisa_caminho_estrategico_economia_circular.pdf. Acesso em: 13 set. 2020.

CONFENTE, Ilenia, Daniele; RUSSO, Ivan. Marketing a new generation of bio-plastics products for a circular economy: The role of green self-identity, self-congruity, and perceived value. *Journal of Business Research*, v. 7, n. 112, p. 431-439, 2020.

CONG, Liang.; ZHAO, Fu; SUTHERLAND, John, W. Integration of dismantling operations into a value recovery plan for circular economy. *Journal of Cleaner Production*, v. 10, n. 149, p. 378-386, 2017.

COTTAFAVA, Dario; RITZEN, Michiel. Circularity indicator for residential buildings: Addressing the gap between embodied impacts and design aspects. *Resources, Conservation and Recycling*, v.1, n. 164, p. 105-120, 2021.

DEMIRBAS, Ayhan; HASHEM, Ayman A.; BAKHSH, Ahmed A. The cost analysis of electric power generation in Saudi Arabia. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, v. 12, n. 6, p. 591-596, 2017.

Economia circular: conceitos, dimensões e abordagens

DE OLIVEIRA, Carla Tognato; OLIVEIRA, Giovanna Groff Andrade. What Circular economy indicators really measure? An overview of circular economy principles and sustainable development goals. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 190, p. 106.850, 2023.

DONNER, Mechthild; GOHIER, Romane; DE VRIES, Hugo. A new circular business model typology for creating value from agro-waste. *Science of the Total Environment*, v. 716, p. 137.065, 2020.

FAMOSO, F. et al. Designing sustainable bioenergy from residual biomass: Site allocation criteria and energy/exergy performance indicators. *Applied Energy*, v. 274, p. 115.315, 2020.

FANG, Chang.; MA, Xiuyan.; ZHANG, Jin; ZHU, Xide. Personality information sharing in supply chain systems for innovative products in the circular economy era. *International Journal of Production Research*, v. 59, n. 19, p. 5.992-6.001, 2020.

Fehrer, J. A., & Wieland, H. (2021). A systemic logic for circular business models. *Journal of Business Research*, 125, 609-620.

FIGGE, Frank; THORPE, Andrea Stevenson; MANZHYNISKI, Siarhei. Between you and I: A portfolio theory of the circular economy. *Ecological Economics*, v. 190, p. 107.190, 2021.

FIGGE, Frank; THORPE, Andrea Stevenson. The symbiotic rebound effect in the circular economy. *Ecological Economics*, v. 163, p. 61-69, 2019.

FREI, Regina; JACK, Lisa; KRZYZANIAK, Sally-Ann. Sustainable reverse supply chains and circular economy in multichannel retail returns. *Business, Strategy and the Environment*, v. 29, n. 5, p. 1-16, 2020.

GALLIE, Walter Bryce. IX. Essentially Contested Concepts. *Proceedings of the Aristotelian Society*, v. 56, n. 1, p. 167-198, 1956.

GALVÃO, Graziela Darla Araújo; HOMRICH, Aline Sacchi; GEISSDOERFER, Martin; EVANS, Steve; FERRER, Paulo Sergio Scoleze; CARVALHO, Marly M. Towards a value stream perspective of circular business models. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 162, p. 105.060, 2020.

GANGWAR, Manali; SHANKAR, Jata. Molecular Mechanisms of the Floral Biology of *Jatropha curcas*: Opportunities and Challenges as an Energy Crop. *Frontiers in Plant Science*, v. 11, p. 609, 2020.

GARCÍA-BARRAGÁN, Juan F.; EYCKMANS, Johan; ROUSSEAU, Sandra. Defining and measuring the circular economy: a mathematical approach. *Ecological Economics*, v. 157, p. 369-372, 2019.

ÅGERTSSON, Ida; MILIOS, Leonidas.; DALHAMMAR, Carl. Quality Labelling for Re-used ICT Equipment to Support Consumer Choice in the Circular Economy. *Journal of Consumer Policy*, v. 43, n. 2, 2020.

GODOI, Lúcia R. Gestão do desperdício de alimentos nas escolas municipais: uma análise na perspectiva da economia circular. Dissertação (Mestrado). UNISUL – Universidade do Sul de Santa Catarina – Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, 2022.

JULIANELLI, Vivianne; CAIADO, Rodrigo Goianes Gusmão; SCAVARDA, Luiz Felipe; CRUZ, Stephanie Pinto de Mesquita Ferreira. Interplay between reverse logistics and circular economy: Critical success factors-based taxonomy and framework. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 158, p. 104.784, 2020.

KIEFER, Christoph P.; CARRILLO-HERMOSILLA, J.; DEL RÍO, P. Building a taxonomy of eco-innovation types in firms. A quantitative perspective. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 145, p. 339-348, 2019.

KIEFER, Christoph P.; GONZÁLEZ, Pablo Del Rio. CARRILLO-HERMOSILLA, Javier. Drivers and barriers of eco-innovation types for sustainable transitions: A quantitative perspective. *Business Strategy and the Environment*, v. 28, n. 1, p. 155-172, 2018.

KIRCHHERR, Julian; REIKE, Denise; HEKKERT, Marko. Conceptualizing the circular economy: an analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 127, p. 221-232, 2017.

KORHONEN, Jouni; NUUR, Cali; FELDMANN, Aandreas; BIRKIE, Seyoum Eshetu. Circular economy as an essentially contested concept. *Journal of Cleaner Production*, v. 175, p. 544-552, 2018a.

KORHONEN, Jouni; HONKASALO, Antero; SEPPÄLÄ, Jyri. Circular economy: the concept and its limitations. *Ecological economics*, v. 143, p. 37-46, 2018b.

KRÉZIAK, Dominique; PRIM-ALLAZ, Isabelle; ROBINOT, Elisabeth. The destiny of replaced technological products: The influence of perceived residual value. *Recherche et Applications en Marketing*, v. 35, n. 2, p. 24-47, 2020.

KRISTOFFERSEN, Eivind *et al.* The smart circular economy: A digital-enabled circular strategies framework for manufacturing companies. *Journal of business research*, v. 120, p. 241-261, 2020.

LINDER, Marcus; SARASINI, Steven; VAN LOON, Patricia. A metric for quantifying product-level circularity. *Journal of Industrial Ecology*, v. 21, n. 3, p. 545-558, 2017.

MILLAR, Neal; MCLAUGHLIN, Eoin; BÖRGER, Tobias. The circular economy: swings and roundabouts?. *Ecological economics*, v. 158, p. 11-19, 2019.

MORAGA, Gustavo; HUYSEVELD, Sophie; DE MEESTER, Steven; DEWULF, Jo. Development of circularity indicators based on the in-use occupation of materials. *Journal of Cleaner Production*, v. 279, p. 123.889, 2021.

Economia circular: conceitos, dimensões e abordagens

- MOREAU, Vicent; SAHAKIAN, Marlyne; VAN GRIETHUYSEN, Pascal; VUILLE, François. Coming full circle: why social and institutional dimensions matter for the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, v. 21, n. 3, p. 497-506, 2017.
- MORENO, Mariale; COURT, Richard; WRIGHT, Matt; CHARNLEY, Fiona. Opportunities for redistributed manufacturing and digital intelligence as enablers of a circular economy. *International Journal of Sustainable Engineering*, v. 12, n. 2, p. 77-94, 2019.
- NASIR, Mohammed Haneef Abdul; GENOVESE, Andrea; ACQUAYE, Adolf A.; KOH, S.C.L.; YAMOAH, Fred. Comparing linear and circular supply chains: A case study from the construction industry. *International Journal of Production Economics*, v. 183, p. 443-457, 2017.
- NISHIJIMA, Daisuke; NANSAI, Keisuke; KAGAWA, Shigemi; OGUCHI, Masahiro. Conflicting consequences of price-induced product lifetime extension in circular economy: The impact on metals, greenhouse gas, and sales of air conditioners. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 162, p. 105.023, 2020.
- PARIDA, Vinit; Burström, Thommie; Visnjic, Ivanka & Wincent, Joakim. Orchestrating industrial ecosystem in circular economy: A two-stage transformation model for large manufacturing companies. *Journal of business research*, v. 101, p. 715-725, 2019.
- PISITSANKKHAKARN, Rachada; VASSANADUMRONGDEE, Sujitra. Enhancing purchase intention in circular economy: An empirical evidence of remanufactured automotive product in Thailand. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 156, p. 104.702, 2020.
- PLUSKAL, Jaroslav; ŠOMPLÁK, Radovan; NEVRLÝ, Vlastimir; SMEJKALOVÁ; Veronika; PAVLAS, Martin. Strategic Decisions Leading to Sustainable Waste Management: Separation, Sorting and Recycling Possibilities. *Journal of Cleaner Production*, 2020.
- RAHMAN, Mizanur; KIM, Jumbeum; LARATTE, Bertrand. Disruption in Circularity? Impact analysis of covid-19 on ship recycling using Weibull tonnage estimation and scenario analysis method. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 164, p. 105.139, 2021.
- REIKE, Denise; VERMEULEN, Walter J. V.; WITJES, Sjors. The circular economy: New or Refurbished as CE 3.0? – Exploring Controversies in the Conceptualization of the Circular Economy through a Focus on History and Resource Value Retention Options. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 135, p. 246-264, 2018.
- REUTER, Markus A.; VAN SCHAIK, Antoinette; BALLESTER, Miquel. Limits of the circular economy: Fairphone modular design pushing the limits. *World of Metallurgy-ERZ-METALL*, v. 71, n. 2, p. 68-79, 2018.
- SEHNEM, Simone; PEREIRA, Susana Carla Farias; JABBOUR, Charbel Chiappetta; JABBOUR, Ana Beatriz Lopes de Souza. Improving sustainable supply chains' performance through operational excellence: circular economy approach. *Resources Conservation And Recycling*, v. 149, p. 236-248, 2019a.

SEHNEM, Simone; VAZQUEZ-BRUST, Dego; PEREIRA, Susana Carla Farias; CAMPOS, Lucila Maria Souza. Circular economy: benefits, impacts and overlapping. *Supply Chain Management*, v. 24, n. 6, p. 784-804, 2019b.

SU, Biwei et al. A review of the circular economy in China: moving from rhetoric to implementation. *Journal of cleaner production*, v. 42, p. 215-227, 2013.

TIDJANI, Fadoul Souleyman; CHANDRA, Ambrish. Integration of renewable energy sources and the utility grid with the Net Zero Energy Building in Republic of Chad. In: *IECON 2012-38th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society*. IEEE, p. 1.025-1.030, 2012.

URBINATI, Andrea; CHIARONI, Davide; CHIESA, Vittorio. Towards a new taxonomy of circular economy business models. *Journal of cleaner production*, v. 168, p. 487-498, 2017.

VEGTER, Dennis; VAN HILLEGERSBERG, Jos; OLTHAAR, Matthias. Supply chains in circular business models: processes and performance objectives. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 162, 2020.

WANG, Heming; SCHANDL, Heinz; WANG, Xinzhe; MA, Fengmei; YUE, Qiang; WANG, Guoqiang; WANG, Yao; WEI, Yao; ZHANG, Zhihe; ZHENG, Ruiying. Measuring progress of China's circular economy. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 163, p. 105.070, 2020.

WHICHER, Anna; HARRIS, Christopher.; BEVERLEY, Katie; SWIATEK, Piotr. Design for circular economy: Developing an action plan for Scotland. *Journal of Cleaner Production*. v. 172, p. 3.237-3.248, 2018.

Políticas públicas para a economia circular – exemplos de políticas europeias e referências para o Brasil

Maria Lima-Toivanen
Henna Sundqvist

Introdução

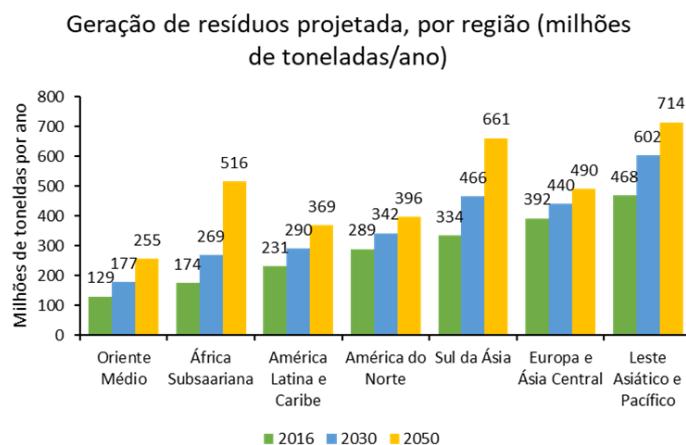
Ainda que haja uma crescente literatura acadêmica sobre economia circular (EC), ainda não há uma fundamentação teórica estabelecida, considerando-se uma base compartilhada de conhecimentos e modelos conceituais para defini-la (Kalmykova *et al.* 2018; Prendeville *et al.* 2018). Essa área de pesquisa ainda está em fase de consolidação em termos de definição, limites, princípios e práticas associadas (Korhonen *et al.*, 2018a; Merli *et al.*, 2018). Isso vale também para a compreensão de como sistemas e subsistemas socioeconômicos complexos podem afetar e ser afetados pelas chamadas “transições para a economia circular” (Korhonen *et al.*, 2018b).

Embora a ideia de EC tenha suas raízes nas discussões teóricas da década de 1960 sobre economia ecológica e economia industrial, ela ganhou alta prioridade política apenas durante a última década diante da necessidade de mudar do modelo econômico linear – “coletar-produzir-descartar” – para um modelo circular. Ressalta-se que um dos principais impulsionadores da EC é a crescente geração de resíduos, como veremos no gráfico 3.1, que impulsiona o cenário de degradação ambiental.

Existem muitos tipos de fluxos de resíduos, incluindo: resíduos industriais, agrícolas, de construção e demolição, perigosos, eletrônicos e municipais, entre outros. Desses fluxos

de resíduos, os industriais são gerados em quantidades muito maiores do que, por exemplo, os resíduos sólidos urbanos (RSU), pois sua produção está intrinsecamente relacionada ao aumento dos níveis de renda da população, à medida que um cresce, o outro também cresce. O gráfico 1 mostra a geração de RSU projetada por regiões do globo até 2050, ressaltando que a projeção para o crescimento da quantidade de resíduos industriais é de até 18 vezes maior do que a dos sólidos urbanos (Kaza *et al.* 2018).

Gráfico 3.1: Geração global de resíduos sólidos municipais com projeção até 2050



Fonte: Adaptado de Kaza *et al.* (2018, p. 28).

Diante desse cenário, as atuais políticas globais abordam particularmente certos RSU de alto volume, como plásticos e embalagens, papel e eletrônicos (gráfico 3.2), além dos industriais, a exemplo dos resíduos de construção.

Gráfico 3.2: Composição global dos resíduos sólidos urbanos



Fonte: Adaptado de Kaza *et al.* (2018, p. 29).

O crescente acúmulo de resíduos e a degradação ambiental relacionada a esse fenômeno mostram a necessidade de uma governança ambiental mais efetiva, que tenha como objetivo solucionar os desafios relacionados ao meio ambiente, alterando práticas, instituições, conhecimentos, tomadas de decisão e comportamentos existentes. A governança ambiental, portanto, envolve um conjunto de políticas, tanto públicas quanto privadas, e processos regulatórios, por meio dos quais os atores influenciam as ações das partes interessadas (*stakeholders*) e os resultados ambientais (Lemos; Agrawal, 2006).

A governança da sustentabilidade, por sua vez, amplia a abordagem de governança ao considerar outros aspectos além da sustentabilidade ambiental, ou seja, aspectos econômicos e sociais. Vários atores desempenham papéis na governança ambiental e de sustentabilidade, incluindo Estado, municípios, comunidades, empresas e organizações não governamentais (ONGs). Visando isso, o modelo de governança envolve políticas públicas e privadas, ambas necessárias para promover e estimular as transformações para a sustentabilidade, como a transição à EC (por exemplo, Jacobsen; Lauber, 2006; Edmondson *et al.* 2019).

Neste capítulo, focamos particularmente nas políticas públicas. Inicialmente, é importante destacar que as políticas públicas regulatórias de cima para baixo (*top down*) não são suficientes por si só para impulsionar transformações significativas, sendo necessárias outras abordagens, podendo estas serem voluntárias ou colaborativas, assim como políticas privadas implementadas por atores empresariais. No entanto, um desafio das políticas privadas, e particularmente das políticas de autorregulação, é que as empresas podem não ter incentivos suficientes para resolver os problemas, mesmo que tenham melhores informações para encontrar a solução (Coglianese; Mendelson, 2010).

O cenário político que afeta a EC é complexo e engloba desde a produção, consumo, gestão de resíduos, proteção ambiental, compras públicas sustentáveis, ou verdes, até a inovação, entre outros (Milius, 2018). Convém lembrar que uma única medida de política ou regulação, por mais eficiente que seja, nunca é suficiente para mudar todo o sistema econômico, sendo mais eficaz uma combinação de abordagens, incluindo políticas públicas, privadas e colaborativas em várias áreas de enfoque.

As políticas públicas, para governar e fomentar a EC, são versáteis e muitos tipos de instrumentos políticos, tais como instrumentos regulatórios, econômicos e *soft* (não impositivos), são utilizados. Os instrumentos regulatórios abrangem, por exemplo, regras, leis e normas. As abordagens econômicas, às vezes rotuladas como instrumentos baseados no mercado, são impostos e subsídios, mas também contratos públicos e sistemas de comércio, como o comércio de emissões de gases de efeito estufa (GEE). Os instrumentos *soft* envolvem iniciativas de conscientização, como atividades de coordenação, programas, campanhas de comunicação, rótulos e abordagens voluntárias, tais como acordos e compromissos voluntários.

Os instrumentos de política também podem ser categorizados como *cenouras, chichotes e sermões*, com base em como eles incentivam as partes interessadas. As cenouras (premiação), principalmente meios econômicos, atuam muitas vezes como incentivo

positivo, enquanto os chicotes (coerção) são muitas vezes abordagens regulatórias, como proibições ou regras vinculativas. Os sermões (conscientização), por sua vez, são medidas informativas que visam influenciar as pessoas através da transferência de conhecimento (Bemelmans-Vidéc *et al.* 1998).

O objetivo deste capítulo é exemplificar como a transformação para a EC é promovida por meio de políticas públicas e combinações de medidas políticas, além de detalhar algumas políticas específicas para apoiar a EC e a transição sustentável na Europa, de modo a combiná-las com as prioridades políticas brasileiras. Para tanto, usamos as práticas implementadas na União Europeia (UE) como referência e refletimos o que pode ser aprendido com a implementação de políticas de EC na Europa, especialmente para o Brasil. Essas referências são úteis porque, em países de baixa e média renda, o conceito de EC tem sido considerado por sua relevância e contribuição para melhorar o crescimento econômico, os níveis de emprego e alcançar o desenvolvimento sustentável (Cramer, 2022).

No campo das políticas em uso e necessárias ao Brasil, existem alguns estudos recentes com foco em recomendações para a implantação da EC, tais como Mesquita *et al.* (2021) e Confederação das Indústrias (CNI, 2018); em melhores práticas (Silva; Capanema, 2019); e iniciativas de EC implementadas (Luz; Franco, 2021; Silva *et al.* 2019), para citar apenas algumas referências. Em termos de publicações técnicas, o Brasil e o México concentram o maior número de publicações sobre EC na América Latina (Cramer, 2022).

Este estudo adota uma abordagem exploratória, implementado por meio de pesquisa bibliográfica, com foco na identificação das políticas de EC na Europa e no Brasil e consideração das potenciais lições que podem ser aplicadas ao contexto brasileiro.

Este capítulo está organizado da seguinte forma: na seção subsequente, são apresentadas as políticas europeias que apoiam a transição para a EC são apresentadas e, na última seção, é apresentado, de forma breve, o *status* da implantação da EC no Brasil, além das referências europeias que têm potencial para servir de modelo no enfrentamento das lacunas apresentadas por *stakeholders* brasileiros.

3.1 Da economia linear à circular – superando barreiras por meio de políticas públicas

As políticas públicas são de extrema importância para facilitar a transição sustentável, pois visam endereçar as barreiras que impedem a adesão de atores públicos e privados, além de facilitar a implementação e promover os potenciais benefícios, os motivadores, da EC. Tendo isso em vista, políticas relacionadas à EC estão sendo implementadas em todo o mundo com vistas a promover a sustentabilidade. Essas iniciativas políticas, de acordo com a compilação feita por Wasserbaur *et al.* (2022), referem-se a: *i*) design de produto; *ii*) fabricação/fornecimento de produtos e serviços; *iii*) consumo; *iv*) resíduos/fim de ciclo de vida; e *v*) desenvolvimento de mercado de recursos gerenciados circularmente.

3.2 Barreiras e Impulsionadores da EC

Muitas razões podem dificultar a implementação dos princípios da EC. Um dos mais importantes deles é a falta de conhecimento dos tomadores de decisão política a respeito desse modelo de economia. Essa barreira está relacionada à falta de incentivos claros, regulação complexa e sobreposta, bem como à falta de apoio governamental (Uusitalo *et al.*, 2020).

As barreiras e os impulsionadores para o movimento em direção à EC foram analisados por vários autores. Como exemplo, as principais categorias de barreiras para avançar para a EC foram identificadas como financeiras, estruturais, operacionais, atitudinais e tecnológicas (Ritzén; Sandström, 2017) ou culturais, regulatórias, de mercado e tecnológicas (Kirchherr *et al.*, 2018). Tanto para barreiras quanto para motivadores, os exemplos incluem fatores *hard*, ou seja, técnicos e econômicos/financeiros/de mercado, e *soft*, como fatores institucionais/regulatórios e sociais/culturais (de Jesus; Mendonça, 2018). Tura *et al.* (2019) dividiram os fatores por trás das barreiras e motivadores, como ambientais, econômicos, sociais, institucionais, tecnológicos e informacionais, baseados na cadeia de suprimentos e organizacionais. As barreiras e os fatores motivadores são apresentados no quadro 3.1 (barreiras) e no quadro 3.2 (impulsionadores).

Quadro 3.1: Barreiras à implantação da economia circular

Econômicas	Insuficiência de mecanismos de mensuração dos benefícios financeiros da EC; baixos preços de material virgem; altos custos iniciais de investimento e falta de capacidade financeira e suporte para modelos de negócios circulares; falta de mecanismos de mercado para recuperação de resíduos.
Tecnológicas	Falta de tecnologias e habilidades técnicas relacionadas à EC; falta de design circular nos produtos; falta de projetos de demonstração em grande escala.
Políticas e Regulatórias	Falta de incentivos ou políticas claras em apoio a uma transição de EC; falta de apoio governamental; falta padronização; regulação complexa e sobreposta; falta de conhecimento dos decisores políticos a respeito de EC; falta de informação e conhecimento, por exemplo, sobre impactos; falta de consenso global.

Cultural	Cultura da empresa hesitante, ou seja, aversão ao risco; conflitos com a cultura empresarial existente e falta de cooperação interna; hierarquia organizacional pesada e falta de suporte gerencial; falta de suporte de rede e parceiros, mas vontade limitada de colaborar na cadeia de valor; baixa percepção de sustentabilidade; pensamento em silo; falta de consciência social, interesse e incerteza da capacidade de resposta e demanda do consumidor.
Operacional	Baixa integração nos processos de produção; falta de troca de informações; falta de colaboração e recursos; insuficiência de infraestrutura e de gerenciamento da cadeia de suprimentos; distribuição de responsabilidade pouco clara; incompatibilidade com operações (lineares) existentes e com as metas de desenvolvimento; limites nas aquisições circulares.

Fonte: Baseado em Ritzén e Sandström (2017); de Jesus; Mendonça (2018); Kirchherr *et al.* (2018); Tura *et al.* (2019).

Quadro 3.2: Impulsionadores da economia circular

Econômicos	Aumento da demanda por e esgotamento de recursos, e aumento do custo e volatilidade dos recursos; potencial para reduzir a dependência de suprimentos e evitar preços altos e voláteis; potencial para melhorar a eficiência de custos, encontrar novos fluxos de receitas e aumentar lucros; potencial para o desenvolvimento de novos negócios, inovação e oportunidades de sinergia; potencial de diferenciação e fortalecimento da marca da empresa; potencial para aumentar níveis de emprego.
Tecnológicos	Novas tecnologias que facilitam a otimização de recursos, remanufatura e regeneração de subprodutos como input para outros processos, desenvolvimento de soluções de compartilhamento com experiência e conveniência superiores para o consumidor
Políticos e Regulatórios	Aumento da legislação ambiental, normas ambientais e diretrizes de gestão de resíduos; fundos de apoio, impostos e políticas de subsídios.

Culturais	Maior compartilhamento de informações por meio de tecnologias aprimoradas de gerenciamento de informações, por exemplo, plataformas; práticas abertas de colaboração e comunicação; multidisciplinaridade, maior disponibilidade de recursos e capacidades; maior internacionalização e conscientização mundial sobre as necessidades de sustentabilidade; maior compreensão das demandas de sustentabilidade; circularidade integrada à estratégia e aos objetivos da empresa; desenvolvimento de habilidades e capacidades para EC; consciência social, alfabetização ambiental e mudanças nas preferências dos consumidores (por exemplo, de propriedade de ativos para modelos de serviços).
Operacionais	Gerenciamento de redes (reversas); potencial para melhorar as operações existentes.
Ambiental	Potencial para prevenir impactos ambientais negativos.

Fonte: Baseado em Ritzén; Sandström (2017); de Jesus; Mendonça (2018); Kirchherr *et al.* (2018); Tura *et al.* (2019).

Para superar as barreiras à implantação da EC, é essencial que o conhecimento sobre os instrumentos de política e incentivos esteja amplamente disponível e que seus efeitos sejam descritos, incluindo informações de como implementá-los. A importância desses incentivos foi enfatizada pela Comissão Europeia:

em todos os aspectos da transição sistêmica, o padrão ainda é uma abordagem linear de negócios como de costume. [...] o principal fator para a transição pode ser reduzido a incentivos. Estes são as regras formais e informais que influenciam o comportamento e as decisões. Dentro de cada um dos elementos, devemos buscar incentivos para tornar a abordagem de negócios circular a preferida (Comissão Europeia, 2019a, p. 53).

Essa posição traz à luz o papel dos decisores políticos na promoção de uma economia de baixo carbono, especialmente no contexto de recuperação econômica pós-pandemia da COVID-19. De acordo com a Ellen MacArthur Foundation (2020), cabe a eles:

- estabelecer uma direção comum rumo à recuperação resiliente por meio da EC;
- fomentar a colaboração para criar soluções sistêmicas;
- definir incentivos para permitir uma EC de baixo carbono; e
- desbloquear oportunidades de investimento circular para atender às principais prioridades públicas.

Os exemplos a seguir de políticas de implementação da EC ilustram os resultados das ações de decisores políticos, revelando, principalmente, o comprometimento com a criação de mecanismos para garantir um ambiente favorável à transição para a EC e a sustentabilidade.

3.3 Políticas públicas da UE que promovem a transição para a EC

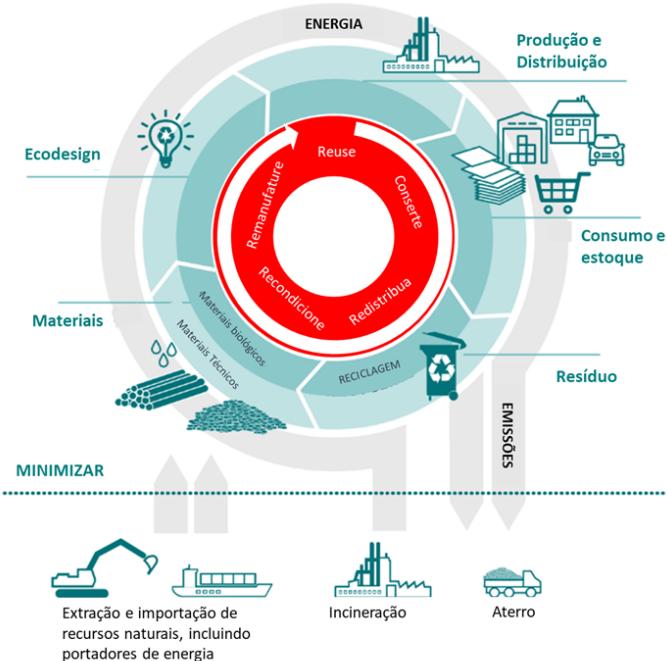
A EC começou a ganhar importância na UE a partir de 2010. O conceito evoluiu a partir das políticas anteriores à Comissão Europeia sobre eficiência de recursos, gestão de resíduos e desperdício zero. Na UE, considera-se que a EC mantém o valor dos produtos, materiais e recursos pelo maior tempo possível, devolvendo-os do ciclo do produto ao final de seu uso, assim minimizando a geração de resíduos (European Commission, 2015). A mais recente estratégia de crescimento da Comissão Europeia, o Pacto Ecológico Europeu (European Green Deal ou Acordo Verde Europeu), baseia-se fortemente na abordagem da EC e visa acelerar a transição para a sustentabilidade necessária para enfrentar os graves desafios relacionados às alterações climáticas e à degradação ambiental (European Commission, 2019ab). Embora a EC seja, antes de tudo, um modelo econômico, na UE ela é vista como uma forma de transformar os padrões de produção e de consumo para melhor enfrentar os limites planetários, bem como mitigar as mudanças climáticas e as perdas de biodiversidade.

O Pacto Ecológico Europeu envolve várias estratégias e iniciativas setoriais específicas que visam a promover a EC, sendo a política-chave o renovado “Plano de Ação para a Economia Circular” (European Commission, 2020), mas existem várias outras estratégias que também apoiam a transição para esse modelo, incluindo:

- estratégia de plásticos;
- estratégia química;
- estratégia e plano de ação para a bioeconomia;
- estratégia de biodiversidade para 2030;
- plano de ação em materiais críticos;
- nova estratégia industrial;
- plano de ação poluição zero; e
- estratégia da UE para têxteis sustentáveis e circulares, bem como iniciativas como de produtos sustentáveis.

Em comum essas estratégias e planos têm um alto nível de ambição e são orientados para o futuro, abrindo assim caminhos para uma economia mais sustentável e circular. Além disso, as estratégias abordam todos os elementos de uma EC, do projeto à reciclagem e à gestão de resíduos (figura 3.1). Muitas das estratégias que apoiam a EC também destacam a necessidade de se renovar os modelos de negócios existentes e incentivar a reutilização, remanufatura e modelos de serviços inovadores, tal como o “produto como serviço”.

Figura 3.1: Elementos de uma economia circular



Fonte: Adaptado de Bahn-Walkowiak et al. (2019).

3.4 Exemplos de mecanismos de implementação de políticas de EC na UE

3.4.1 Mecanismos regulatórios

As políticas de EC da UE baseiam-se no princípio da hierarquia de resíduos (figura 3.2), o qual destaca a prevenção de resíduos como a opção preferida, seguida pela preparação de resíduos para reutilização, reciclagem e recuperação, enquanto o envio de resíduos para aterro é a opção de gestão de resíduos menos preferida. Nesse cenário, o ecodesign é uma ferramenta chave na prevenção da geração de resíduos, sendo assim, a Comissão Europeia lançou a iniciativa Produtos Sustentáveis para revisar a Diretiva de Ecodesign de 2009, a qual enfocava principalmente produtos relacionados à energia e à melhoria da eficiência energética. Como resultado, o novo Regulamento de Ecodesign para Produtos Sustentáveis (REPS) foi introduzido em 2024. Este regulamento estende o escopo além dos produtos relacionados à energia para abranger quase todos os produtos físicos, com apenas algumas exceções, como alimentos, rações e produtos medicinais. O regulamento estabelece regras de desempenho e informação, ou seja, requisitos de ecodesign, para melhorar a durabilidade, reutilização, atualização e reparabilidade dos produtos.

Figura 3.2: Princípio da hierarquia de resíduos



Fonte: European Commission (s.d.)

A Diretiva de Resíduos (2018/851) é o principal instrumento regulamentar para o tratamento e gestão de resíduos da UE e estabelece os principais conceitos, definições e princípios, como o princípio da hierarquia de resíduos. Ela também introduz a Responsabilidade Estendida do Produtor (REP), o que significa que os produtores são responsáveis por organizar a coleta, a triagem e a reciclagem de resíduos (ou seja, “poluidor-pagador”). No entanto, embora a prevenção de resíduos seja priorizada, as quantidades de resíduos, urbanos principalmente, têm aumentado de modo constante ao longo dos anos na Europa, indicando que o modelo atual de REP não incentiva suficientemente a prevenção de resíduos nem aborda todas as frações de resíduos, como os resíduos têxteis.

A atual Diretiva de Resíduos estabelece metas vinculativas de gestão de resíduos para os estados-membros da UE. Por exemplo, as metas de reutilização e reciclagem de resíduos municipais são de, no mínimo, 55%, 60% e 65%, em peso, até 2025, 2030 e 2035, respectivamente. Além disso, até 2025, os estados-membros são obrigados a estabelecer a coleta seletiva de resíduos têxteis.

Existem também diretivas específicas para certos fluxos de resíduos, como embalagens, eletrônicos e equipamentos elétricos (REEE), baterias e acumuladores, resíduos de mineração e aterros, de construção e demolição, de biodegradáveis e veículos em final de ciclo de vida. A diretiva relativa aos resíduos extrativos estabelece regras para a gestão de materiais minerários e visa melhorar a sua administração através da reciclagem, reutilização ou valorização, sempre que possível, de forma segura e amigável ao ambiente.

Na Europa, os resíduos de embalagens são uma fração crescente dos RSU, fato que reflete nas regras da UE sobre embalagens e seus resíduos, abordando tanto o design quanto a gestão destes. Embora essa diretiva enfatize a prevenção ao estabelecer metas de reciclagem mais rígidas para diferentes materiais de embalagem (tabela 3.1), também destaca a necessidade de aumentar a produção de embalagens reutilizáveis.

A diretiva também obriga os países-membros a definir esquemas de REP para as embalagens e os resíduos de embalagens. Embora a implementação das regras tenha sido bem-sucedida no aumento da reciclagem de embalagens, as quantidades destes resíduos ainda estão aumentando na Europa. Ao longo de um período de nove anos, a geração de resíduos de embalagens cresceu 17% na UE (Eurostat, 2021). Particularmente, a reciclagem de embalagens plásticas tem sido um desafio e os índices de reciclagem são modestos. No entanto, também existem casos de sucesso, como mostra o caso da reciclagem de papel e papelão, a qual teve uma taxa de reciclagem de 82,3% em 2019 (Eurostat, 2021), superando a meta regulatória para 2025, que se situa em 75%, tornando a cadeia de valor do papel e papelão um bom exemplo de EC em ação.

Para reforçar a eficácia das regras sobre embalagens e resíduos de embalagens e para conter a crescente geração de resíduos de embalagens, a UE introduziu em 2025 um novo Regulamento sobre Embalagens e Resíduos de Embalagens (2025/40), que substitui a diretiva anterior (2018/852/EC). O Regulamento sobre Embalagens e Resíduos de Embalagens introduz várias medidas novas, incluindo a imposição de restrições adicionais a certos plásticos de uso único, minimização do peso e do volume das embalagens, evitando embalagens desnecessárias e estabelecendo metas para o conteúdo reciclado em embalagens plásticas, bem como definindo metas e medidas de reutilização para certos tipos de embalagens. Além disso, esforços estão sendo feitos para garantir a segurança minimizando as substâncias preocupantes, como as substâncias perfluoroalquiladas e polifluoroalquiladas (PFAS) nas embalagens.

Tabela 3.1: Metas obrigatórias de reciclagem de embalagens na UE para resíduos urbanos

	Metas atuais (%)	Em 2025 (%)	Em 2030 (%)
Todas as embalagens ¹	55	65	70
Plástico	25	50	55
Madeira	15	25	30
Metais ferrosos	50 (Incl. Al)	70	80
Alumínio	-	50	60
Vidro	60	70	75
Papel e papelão	60	75	85
REEE ² (dependendo do tipo de REEE)	70-80 (recuperação) 50-80 (reciclagem)		

¹ Diretiva 2018/852/CE que altera a Diretiva (EU) 94/62 sobre embalagens e resíduos de embalagens (OJ L 150).

² Diretiva (EU) 2012/19/CE relativa aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (OJ L 197, p. 38-71).

Baterias ³ (dependendo do tipo de bateria)	50-75	65-75 ⁴	70-804
---	-------	--------------------	--------

Fonte: Adaptado de Diretiva 2018/852/CE, Diretiva 2012/19/CE, Diretiva 2006/66/CECOM/2020/798, Regulamento 2025/40.

3.4.2 Mecanismos econômicos

Na UE, a precificação de externalidades positivas e negativas, por meio de diferentes instrumentos econômicos, é usada para incentivar e promover a transição para a EC, visando isso, a REP é um instrumento econômico nesta combinação de instrumentos. Na prática, os representantes dos produtores muitas vezes organizam as responsabilidades, incluindo coleta, triagem e tratamento de resíduos, por esquemas de conformidade (esquemas REP), e transferem a responsabilidade para associações de produtores que organizam o transporte e a reciclagem, mantendo-se financeiramente responsáveis por esses esquemas. No entanto, a REP não abrange todos os fluxos de resíduos. Por exemplo, os custos de coleta e tratamento de RSU são cobrados das unidades familiares/residenciais. As taxas de resíduos são impostas para incentivar os cidadãos a reduzir e também a separar as sobras, uma vez que a taxa para os RSU separados é muitas vezes inferior se comparada a dos RSU mistos.

A tributação é outro tipo de instrumento econômico usado para precisar externalidades negativas. Por exemplo, vários estados-membros da UE implementaram impostos ambientais. Dentre esses impostos consta, por exemplo, o imposto sobre resíduos depositados em aterro, com o objetivo de incentivar a redução das quantidades de resíduos e promover uma maior utilização de resíduos em vez de aterros. Outro exemplo de imposto ambiental é o imposto sobre embalagens de bebidas implementado na Finlândia. Esse imposto visa incentivar os fabricantes de bebidas a aderir a sistemas de depósito-reembolso (executados pelos consumidores) e a realizar reciclagem de embalagens (vidro, plástico e alumínio) de bebidas. Ao se tornar membro de um sistema de devolução, fabricantes e importadores de bebidas ficam isentos do imposto (Ettlinger, 2016).

Em 2021, um novo tipo de instrumento fiscal, um imposto sobre plásticos, foi introduzido na UE. O imposto (€ 0,80/kg) é baseado na quantidade de resíduos de embalagens plásticas não recicladas e é cobrado dos estados-membros. Além disso, esse instrumento busca incentivar os estados-membros a melhorar a reciclagem de resíduos de embalagens plásticas e estimular a transição para a EC.

Embora o plano de ação para a EC sugira uma aplicação mais ampla de instrumentos econômicos, incluindo impostos sobre aterros e incineração, e encoraje a flexibilidade na

³ Diretiva (EU) 2006/66/CE relativa às pilhas e acumuladores e resíduos de pilhas e acumuladores e que revoga a Diretiva 91/157/CEE (JO L 266).

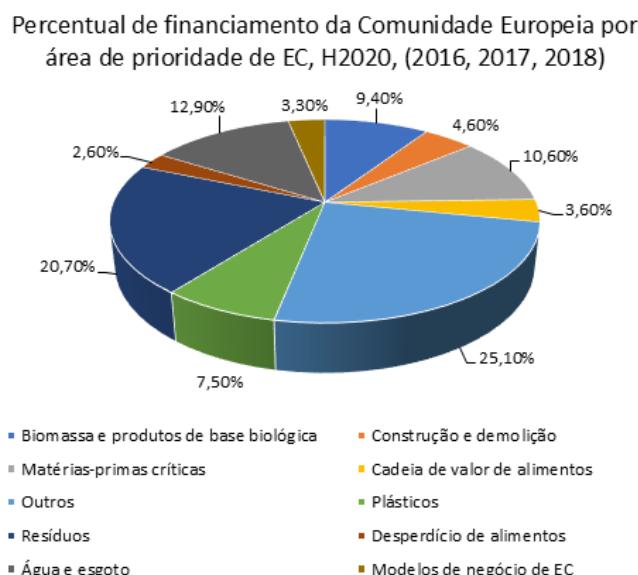
⁴ COM/2020/798 Proposta de regulamento relativo a pilhas e acumuladores, que revoga a Diretiva 2006/66/CE e altera o Regulamento (UE) nº 2019/1020.

utilização do imposto sobre o valor agregado (IVA), especialmente nos serviços de reparo, o atual conjunto de instrumentos ainda é limitado. No entanto, muitos tipos de instrumentos são identificados na literatura, tais como imposto sobre recursos de matéria-prima, redução de impostos de reutilização/reparo e imposto de hierarquia de resíduos no final da vida útil dos produtos (Milius, 2021) ou, ainda, transferência de impostos de mão de obra para recursos (por exemplo, Groothuis *et al.* 2022).

Financiamentos e investimentos para pesquisa, desenvolvimento e inovação (P&D&I) são importantes incentivos econômicos, especialmente para a implementação de políticas a fim de dirimir as barreiras e promover os impulsionadores da adoção da EC pela indústria e sociedade em geral. Na UE, o financiamento estratégico da pesquisa e inovação centra-se no apoio a atividades de excelência, em conformidade com o artigo 179º do Tratado sobre o Funcionamento da UE (TFUE). Os programas-marco, que desde 2014 incluem financiamento específico para projetos de EC, é uma das principais fontes de financiamento estratégico para criar o futuro e resolver desafios específicos relacionados às barreiras para a EC.

De acordo com Vrancken *et al.* (2019), começando especificamente no Programa Horizonte 2020 (H2020), que durou de 2014 a 2020, os projetos de EC financiados foram ações de pesquisa e inovação com foco na pilotagem ou demonstração de novos conceitos circulares. No primeiro período de financiamento da EC, que vigorou de 2016 a 2018, foram financiados 257 projetos no valor de 1.450.289.513,00 euros, dos quais a UE contribuiu com 1.237.222.945,00 euros. O gráfico 3.3 apresenta o volume de financiamento por áreas prioritárias:

Gráfico 3.3: Financiamento de Projetos de EC por área de prioridade (2016-2018)



Fonte: Adaptado de Gonzalez; Mamalis (2019).

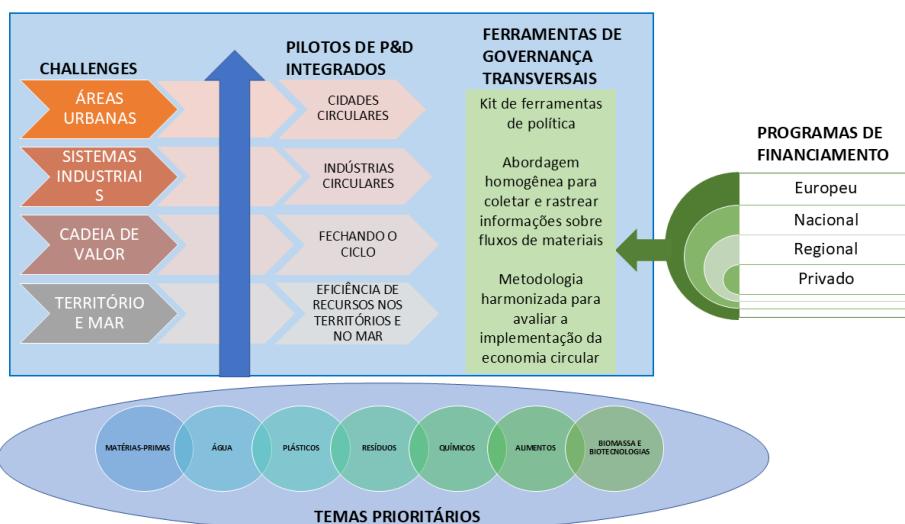
Economia circular: conceitos, dimensões e abordagens

O Programa Horizonte Europa (2021-2027) abrange a EC em dois clusters: i) energia e mobilidade climática e; ii) alimentação, bioeconomia, recursos naturais, agricultura e ambiente. A abordagem de clusters promove a superação de barreiras de acordo com o nível das disciplinas, dos setores e das áreas políticas, a fim de promover a colaboração e o aumento do impacto no que diz respeito às prioridades políticas da UE e globais (European Commission, 2018a).

Vale a pena notar que o financiamento da EC é coberto por uma ampla gama de programas na Europa. Em 2019, foram identificados 108 programas, dos quais o H2020 era um deles (Vrancken et al. 2019). O alcance dos era regional ou nacional e implementados em todos os países europeus. Esse alto volume de programas leva ao risco de fragmentação dos investimentos em EC pela UE e os estados-membros.

O projeto europeu intitulado Plataforma de Economia Circular para a Agenda Estratégica de Prioridades Europeias (CICERONE), financiado pelo H2020 e sugeriu uma solução para a fragmentação das prioridades da EC em iniciativas europeias, regionais, nacionais e locais. O projeto Cicerone propunha enfrentar o desafio de forma colaborativa e sistêmica, aumentando a sustentabilidade da transição, valorizando o conhecimento e os recursos existentes ao focar nas áreas prioritárias necessárias para implementar a EC e alcançar emissões líquidas zero de carbono, além de cumprir as metas estabelecidas na Convenção de Paris e no Acordo Verde da UE. A figura 3.3 ilustra a abordagem do projeto Cicerone.

Figura 3.3: Proposição de uma agenda estratégica de pesquisa e inovação em EC na UE



Fonte: Adaptado de Bahn-Walkowiak et al. (2019).

Além do financiamento de P&D&I, são necessários investimentos maiores para a renovação industrial e a transformação tecnológica que apoiam a EC. Na Europa, o Banco Europeu de Investimento (EIB) apoia a transição circular e fornece financiamento para catalisar investimentos circulares, por meio de auxílio e orientação, a fim de melhorar a

prontidão no investimento de projetos relacionados à EC (EIB, 2020). Recentemente, o EIB iniciou o primeiro fundo dedicado ao investimento em indústrias circulares e de base biológica na Europa. Esse Fundo Europeu de Bioeconomia Circular concentra-se particularmente nos ciclos biológicos da EC, incluindo tecnologias facilitadoras, produção de biomassa e materiais de base biológica (EIB, 2020; ECBF, 2022).

Na UE, os contratos públicos também foram identificados como um importante instrumento econômico, uma vez que o poder de compra das autoridades públicas representa 14% do PIB da UE e pode, assim, servir como impulsionador da procura por produtos sustentáveis (European Commission, 2020). No Plano de Ação para a EC, a UE propôs critérios e metas mínimas obrigatórias de contratação pública verde na legislação setorial, bem como sugeriu o fortalecimento das capacidades dos compradores públicos por meio de orientação, treinamento e disseminação de boas práticas. Alinhada com a EC, a Finlândia criou um centro de competências baseado em redes para compras públicas sustentáveis e inovadoras (Keino, 2022) e foram definidos critérios de contratação pública para apoiar a EC na Bélgica (Circular Flanders, 2019).

3.4.3 Medidas soft

Na UE existem muitos tipos de medidas voluntárias e orientadas à disseminação de informações que apoiam a implementação de políticas de EC. As metas e comprometimentos voluntários fazem parte desta “caixa de ferramentas” de políticas, assim como a criação de alianças público-privadas. Por exemplo, de acordo com a Estratégia Europeia para Plásticos em uma Economia Circular, a Comissão Europeia convidou as partes interessadas a se comprometerem voluntariamente a produzir ou usar plásticos reciclados (European Commission, 2019b). Em 2018, a Comissão Europeia lançou a Aliança de Plásticos Circulares para promover e fortalecer ainda mais as abordagens voluntárias objetivando atender a meta de usar 10 milhões de toneladas de plásticos reciclados na UE até 2025. Essa aliança abrange todas as cadeias de valor de plásticos e inclui mais de 300 organizações da indústria, academia e autoridades do setor público (European Commission, 2022a).

Na área de baterias, a UE iniciou a Aliança Europeia de Baterias, que visa a desenvolver uma cadeia de valor de baterias inovadora, competitiva e sustentável na Europa a fim de que a região se beneficie da evolução tecnológica no mercado de veículos elétricos. Assim, a abordagem de EC constitui a espinha dorsal da sustentabilidade da cadeia de valor (European Commission, 2022a). Outro tipo de parceria público-privada é a Empresa Europeia de Base Biológica⁵ (CBE JU) entre a UE e o consórcio de indústrias de base biológica, o qual financia projetos que promovem indústrias circulares de base biológica na Europa e está ligada ao programa Horizonte Europa (CBE, 2022).

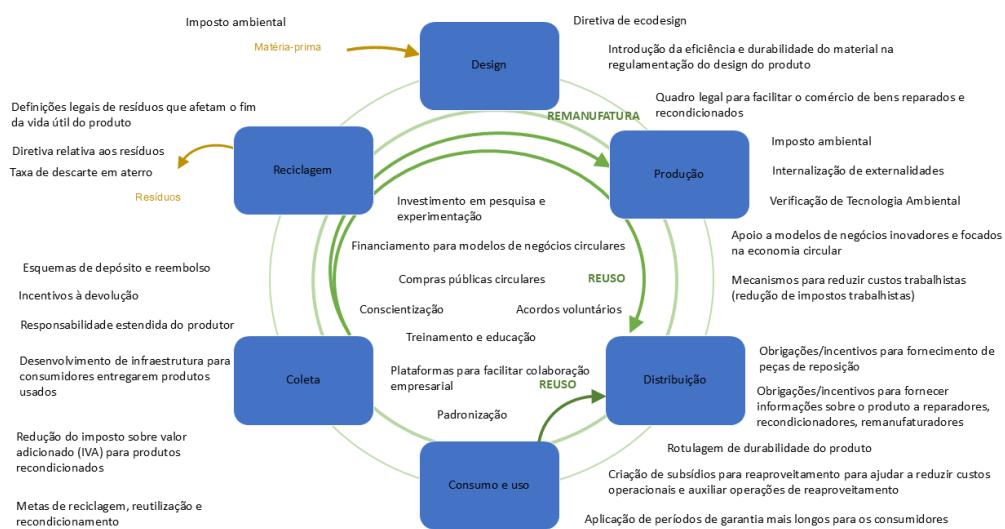
⁵ Circular Bio-based Europe Joint Undertaking

Economia circular: conceitos, dimensões e abordagens

Além das atividades setoriais, a UE estabeleceu uma iniciativa abrangente, chamada Plataforma Europeia de Stakeholders da Economia Circular, com o objetivo de criar redes de atores, compartilhar informações sobre a EC e promover oportunidades para acelerar a transição para a EC (European Commission, 2022b).

Como mostram os exemplos anteriores, a UE implementou uma variedade de medidas que abordam diferentes elementos da EC, desde a concepção do produto até sua produção, consumo e gestão de resíduos. Essas medidas abrangem muitas áreas de governança, incluindo meio ambiente, comércio, economia e inovação. A figura 3.4 ilustra e resume os incentivos que podem ser usados para impulsionar a EC na sociedade, os quais foram elencados por stakeholders do projeto Policy Instruments and Incentives for Circular Economy (POLICE) (Uusitalo *et al.* 2020).

Figura 3.4: Vários incentivos que podem impulsionar a implementação da economia circular na sociedade



Fonte: Uustitalo *et al.* (2020).

3.5 Principais características da formulação de políticas de EC na EU

Uma característica fundamental na formulação de políticas europeias é a identificação da EC na agenda política de alto nível como uma ferramenta essencial para enfrentar os desafios ambientais, tais como a poluição por plásticos e as mudanças climáticas, e para promover o crescimento verde, estabelecendo assim um importante sinal e incentivo aos estados-membros e às indústrias. O elevado número de estratégias, planos de ação, mapas de rotas e programas a nível da UE e dos estados-membros relacionados à EC mostram que a *formulação de políticas é orientada para o futuro* com metas ambiciosas e regulamentação de apoio. A mais recente estratégia de crescimento da UE, o Pacto Ecológico Europeu, concentra-se particularmente no desenvolvimento da coerência das políticas. Isso é muito

importante, pois a regulação complexa e sobreposta pode formar uma barreira, conforme o quadro 3.1, para uma transição sistêmica, como é a transição para a EC.

Outra característica fundamental é a *grande ênfase em P&D&I colaborativo pan-europeu*, por meio de vários mecanismos e programas de financiamento de modo que são abordadas algumas das barreiras tecnológicas, econômicas e socioculturais as quais restringem o crescimento da economia circular. Devido à natureza sistêmica da EC, esforços conjuntos e colaboração intersetorial são vitais para transformar os negócios, os setores e as sociedades. Por meio de diversos meios, como parcerias público-privadas, programas de pesquisa conjunta, comitês de políticas de alto nível, plataformas, alianças e consultas públicas, a UE visa incentivar e promover *a inclusão e a colaboração*, além de apoiar o crescimento dos ecossistemas de EC.

Finalmente, o papel da *avaliação e aprendizagem* é importante na transição da EC e na formulação de políticas relacionadas. A transição para esse modelo busca atingir uma meta política em constante movimento, o que significa que não é suficiente avaliar apenas o estado atual, mas também avaliar impactos futuros e identificar potenciais fontes de insustentabilidade. Na UE, as avaliações do impacto das políticas e as consultas públicas são uma prática comum. Além disso, são coletados dados estatísticos sobre o estado da EC. No entanto, existem muitos elementos da economia circular que ainda carecem de tal informação, como por exemplo reutilização e remanufatura.

3.6 EC no Brasil e lições potenciais de experiências europeias

Esta seção apresenta uma visão geral da situação da EC no Brasil, ilustrando os desafios e as barreiras enfrentados pela indústria e sociedade assim como os benefícios potenciais que ela traz e o avanço da legislação, além de indicar lições que podem ser aprendidas com as conquistas da UE na implementação de políticas de EC. As lições propostas como referência são definidas com base em recomendações de especialistas brasileiros, considerando as lacunas para a implementação desse modelo econômico no país.

O total de resíduos sólidos urbanos produzidos no Brasil são estimados em 81 milhões de toneladas em 2023, em média 221.000 toneladas/dia e 1,047 kg per capita, segundo a Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (Abrema, 2024)).

Até 2021, conforme a Abrelpe (2021), o Brasil adotava um sistema linear de gestão de resíduos sólidos urbanos, apesar da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305/2010, a qual diferencia resíduos de rejeitos e introduz o princípio da hierarquia na gestão de resíduos. Até então, vigoravam práticas de destinação inadequada em todas as regiões do país, havendo lixões a céu aberto ainda em funcionamento, prejudicando a saúde de 77,5 milhões de pessoas, a um custo anual em torno de bilhões de dólares para tratamento de saúde e mitigação da contaminação ambiental (Abrelpe, 2021). Uma mudança importante está acontecendo. Segundo a Abrema (2024), atualmente, o Brasil está mudando significativamente sua am para o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos. O país está passando a adotar práticas de gerenciamento mais sustentáveis, que incluem várias formas

de tratamento e valorização desses materiais. Já existem diversas iniciativas de reciclagem para materiais secos e, recentemente, começaram a surgir projetos voltados para a reciclagem de resíduos orgânicos. Além disso, as opções de recuperação energética, que vão desde o uso de combustíveis derivados de resíduos até a produção de biogás e biometano, estão começando a se expandir no Brasil (Abrema, 2024).

3.6.1 Política de EC no Brasil

A EC não está expressa formalmente na legislação, devido a isso tem sido abordada apenas de forma descentralizada em ações públicas e privadas, principalmente com foco na gestão de resíduos. Há ações governamentais, como a Rota de Economia Circular, do Ministério de Desenvolvimento Regional (MDR, 2019); empresariais, como as reportadas por Luz e Franco (2021), entre várias outras implementadas especialmente por empresas multinacionais (Sanches *et al.* 2022) e brasileiras pioneiras; educacionais e de investigação, tais como a participação da Universidade de São Paulo na Rede Universidades Pioneiras da Fundação Ellen MacArthur, com o objetivo de incentivar pesquisas, desenvolver ações e divulgar os conceitos sobre economia circular (USP, 2016); e outras capitaneadas por associações setoriais, tais como acordos de logística reversa, adoção de acordos e compromissos voluntários, entre outros, como citados pela CNI (2020). Uma busca na internet mostra associações empresariais engajadas em atividades relacionadas à promoção de reciclagem no Brasil, como: Coalizão Embalagens pela Logística Reversa, Compromisso Empresarial pela Reciclagem (Cempre), Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos (ABREE), Rota da Reciclagem, para citar apenas algumas das existentes.

Em termos de avanços institucionais, a PNRS, o Marco Legal do Saneamento Básico (MLSB), a Lei nº 14.026/2020 e o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares) são os principais instrumentos no campo da gestão de resíduos e saneamento, que se relacionam com a EC. A PNRS tem sido o instrumento mais importante para a adoção de práticas circulares ao estabelecer, por exemplo, a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos como um conjunto de procedimentos individualizados e articulados realizados por fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e prestadores de serviços públicos de limpeza urbana e gestão de resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos gerados e os impactos do ciclo de vida dos produtos na saúde humana e na qualidade ambiental.

A PNRS também inclui a utilização de resíduos sólidos como matéria-prima nas cadeias produtivas, a utilização de insumos mais sustentáveis e com menor impacto negativo ao meio ambiente e um mercado para produtos derivados de materiais reciclados e recicláveis (CNI, 2020; Silva *et al.* 2019). O Planares, embora não tenha efeito de lei, menciona a EC como a abordagem norteadora da gestão de resíduos, e representa a estratégia de longo prazo em âmbito nacional para operacionalizar as disposições legais, princípios, objetivos e diretrizes da PNRS, com metas para os próximos 20 anos para a reciclagem de materiais, valorização, aproveitamento de resíduos (Brasil, 2022).

O MLSB estabeleceu a adequação à saúde pública, conservação dos recursos naturais e proteção ao meio ambiente como princípios fundamentais dos serviços de limpeza urbana (Abrelpe, 2020). A Global Recycling (2021) destaca como importante conquista do MLSB o desenho de uma nova classe de contratos de serviços de saneamento, incluindo o tratamento de resíduos, selados com o poder público, em condições mais justas e funcionando a longo prazo. A consulta pública do Plano Nacional de Gestão de Resíduos, realizada em 2021, contém metas para a recuperação energética de resíduos sólidos urbanos por meio de Digestão Anaeróbia e tratamento térmico, dando a possibilidade ao Brasil de implementar uma transição massiva para a EC ao utilizar tecnologias de transformação de resíduos em energia (Global Recycling, 2021).

Tratando-se de instrumentos de incentivo à reciclagem, uma das ações mais recentes do governo brasileiro é a emissão dos Decretos Federais nº 11.413 e nº 11.414. O Decreto no 11.413 (Brasil, 2023a) institui os seguintes certificados no âmbito dos sistemas de logística reversa:

- certificado de crédito de reciclagem de logística reversa: emitido pela entidade gestora para comprovar a restituição das massas equivalentes de produtos e embalagens ao ciclo produtivo;
- certificado de estruturação e reciclagem de embalagens em geral: emitido pela entidade gestora para certificar a empresa como titular de projeto estruturante de recuperação de materiais recicláveis e comprovar a restituição ao ciclo produtivo;
- certificado de crédito de massa futura: emitido por entidade gestora que permite à empresa auferir antecipadamente o cumprimento das metas, mediante investimentos também relacionados a sistemas estruturantes.

O Decreto no 11.414/2023 (Brasil, 2023b) institui o Programa Diogo de Sant’Ana Pró-Catadoras e Pró-Catadores para a Reciclagem Popular e o Comitê Interministerial para Inclusão Socioeconômica de Catadoras e Catadores de Materiais Reutilizáveis e Recicláveis. O Programa Diogo de Sant’Ana tem a finalidade de integrar e de articular as ações, os projetos e os programas da administração pública federal, estadual, distrital e municipal voltados à promoção e à defesa dos direitos humanos das catadoras e dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, por meio do fortalecimento de suas associações, cooperativas e outras formas de organização popular; da melhoria das condições de trabalho; do fomento ao financiamento público; da inclusão socioeconômica; e da expansão da coleta seletiva, da coleta seletiva solidária, da reutilização, da reciclagem dos de resíduos sólidos, da logística reversa e da educação ambiental.

Apesar do suporte político, a transição para implantação da EC no Brasil é incipiente e o conceito ainda é pouco compreendido (Munaro; Tavares, 2022). Conforme o SINIR+ (2019), dos 26 estados brasileiros, 19 havia implantado o plano de gestão dos resíduos sólidos de acordo com a PNRS, e dos 5.570 municípios, 2.487 havia implantado a nível local, abrangendo 64,77% da população nacional.

A reciclagem de certos tipos de resíduos atinge altas taxas no Brasil, por exemplo, recicla-se 97% das latas de alumínio e de papel produzidos no país (o índice mais alto do mundo). Os resíduos mais reciclados no Brasil são: papel, lata de alumínio, lata de aço,

Economia circular: conceitos, dimensões e abordagens

pneu e plástico. Desse itens, latas, garrafas plásticas e papéis (principalmente papelão) são os mais reciclados, devido ao fato de constituírem uma atividade econômica (Movimento Verdades Sustentáveis, 2020). Entretanto, o índice nacional de reciclagem de resíduos sólidos situa-se em 4% dos 27,7 milhões de toneladas anuais de resíduos recicláveis, sendo que na Alemanha recicla-se a um índice de 67% dos resíduos gerados. Os principais fatores que afetam esse baixo índice de reciclagem são a falta de conscientização e de engajamento do consumidor na separação e descarte seletivo de resíduos, bem como a falta de infraestrutura das prefeituras para permitir que esses materiais retornem ao ciclo produtivo, com potencial de recuperação (Grandra, 2022).

Assim como em outros países, não há um consenso sobre a definição de EC no Brasil. A indústria utiliza a proposta do Comitê Técnico TC 323 da International Organization for Standardization (ISO), a qual define a EC como um sistema econômico que utiliza uma abordagem sistêmica para manter um fluxo circular de recursos regenerando, retendo ou agregando valor, ao mesmo tempo em que contribui para o desenvolvimento sustentável (Chevauché, 2021). O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) a conceitua como o sistema econômico que substitui o modelo linear de produção por sistemas regeneradores que minimizam o consumo de recursos e a geração de resíduos, as emissões e a dissipação de energia (Silva; Capanema, 2019).

Como proposta de sanar a falta de legislação de suporte à EC no Brasil, há dois projetos de lei (PL) em tramitação no Congresso Nacional: *i*) o PL nº 5.296/2016, de 17 de maio de 2016, o qual dispõe sobre a Política Nacional de Produção e Consumo Sustentáveis e institui o selo “produto sustentável” e o selo “serviço sustentável” para a atividade econômica com desempenho ambiental superior, e *ii*) o PL nº 1.874/2022, o aPolítica Nacional de Economia Circular, e o selo “produto economicamente circular”. Sobre a efetivação da implementação desses PLs, a EC poderá realizar os potenciais de transformação para a sustentabilidade que se tem apregoado como seu benefício principal. Um passo importante para a institucionalização da EC no Brasil é a aprovação da Estratégia Nacional de Economia Circular (ENEC), por meio do Decreto 12.082, de Junho de 2024 (Brasil, 2024). O quadro 3.3 apresenta os objetivos da ENEC e os meios vislumbrados para atingí-los.

Quadro 3.3 Estratégia Nacional de Economia Circular – Objetivos e meios de alcance

Objetivos	Meios
I – Criar ambiente normativo e institucional favorável à economia circular	a) estabelecimento de metas, padrões e indicadores quantificáveis para monitorar a circularidade b) desenvolvimento de mercados para produtos reutilizáveis, recondicionados e reciclados c) articulação com outras políticas públicas e compromissos internacionais

Objetivos	Meios
II – Fomentar a inovação, a cultura, a educação e a geração de competências para reduzir, reutilizar e promover o redesenho circular da produção	<ul style="list-style-type: none"> a) criação de programas de capacitação para empresas adotarem práticas circulares de produção e incentivarem o treinamento e a atualização de competências dos trabalhadores b) do incentivo à pesquisa, ao desenvolvimento e à inovação para a promoção da circularidade c) promoção da cultura e da educação ambiental e do estímulo ao pensamento crítico e inovador para a circularidade d) promoção de produções industriais, minerais, artesanais, extrativistas, agropecuárias e agroflorestais sustentáveis, incluídos os processos de distribuição, comércio e serviços associados e) incentivo à reutilização e ao aumento da vida útil de produtos
III – Reduzir a utilização de recursos e a geração de resíduos, de modo a preservar o valor dos materiais	<ul style="list-style-type: none"> a) minimização de resíduos desde a concepção do produto b) incentivos à instalação de recicladoras em todo o País c) fomento a investimentos em infraestrutura e ao uso de tecnologias para o desenvolvimento da economia circular d) articulação entre políticas de gestão de resíduos e economia circular
IV – Propor instrumentos financeiros de auxílio à economia circular, inclusive por meio:	<ul style="list-style-type: none"> a) financiamento b) estímulo a compras públicas de bens e serviços circulares c) tratamento tributário adequado para reduzir a poluição e os resíduos
V – Promover a articulação interfederativa e o envolvimento de trabalhadoras e trabalhadores da economia circular	<ul style="list-style-type: none"> a) incorporação de trabalhadoras e trabalhadores informais às cadeias de valor circulares b) fomento a políticas públicas de coleta e triagem, de incentivos a cadeias produtivas e industriais de reciclagem e da valorização de catadoras e catadores de materiais recicláveis c) desenvolvimento econômico regional, por meio de cadeias produtivas de reciclagem e negócios circulares

Fonte: Brasil (2024)

3.6.2 Práticas de EC na Indústria Brasileira

Apesar dos incentivos políticos limitados, a indústria brasileira tem adotado vários tipos de práticas de EC em seus modelos de negócios, conforme revelado por pesquisa da CNI (2020). Essas práticas incluem, por exemplo, o uso de matérias-primas recicladas, remanufatura, reciclagem aprimorada usando sistemas automatizados de triagem de resíduos, entre outros. Todavia, a adoção de CE no Brasil ainda está em seus estágios iniciais (Coelho *et al.* 2021). Conforme revelado por Sanches *et al.* (2022), são as grandes empresas que operam no Brasil que estão enviando esforços crescentes e significativos em direção a uma economia circular sustentável.

Bioeconomia circular é a área em que tem acontecido os maiores desenvolvimentos devido à longa experiência do Brasil nos setores de bioenergia e bioeconomia. Esse acúmulo de conhecimento e prática deu-se em função do pioneirismo do Brasil na produção de bio-combustíveis, o que começou em 1975 com o Programa Pró-Alcool, e o desenvolvimento da conversão de resíduos da produção agrícola em energia (termal, eletricidade, pellets e etanol de segunda geração). Além disso, o Brasil adota também tecnologias de conversão de resíduos urbanos e de áreas rurais para geração de eletricidade e gás biometano, já no que tange aos resíduos de biomassa, estes são utilizados para outros fins, como fertirrigação e alimentação animal. Entretanto, há uso limitado de soluções de maior valor agregado (Coelho *et al.* 2021). A construção de políticas públicas e de mecanismos de mercado de carbono para facilitar a internalização e valorização econômica dos benefícios climáticos são fundamentais para a inserção adequada do setor florestal em uma nova economia global de baixo carbono (IBA, 2022).

Embora essas práticas sejam importantes, o progresso para adoção ampla das práticas de EC na indústria ainda é lento, devido principalmente ao baixo entendimento de seu potencial trazido pela PNRS, bem como à falta de incentivo à reciclagem e ao desalinhamento e desconhecimento das linhas de financiamento para práticas de EC. Embora existam linhas de financiamento para práticas sustentáveis, não há integração entre elas de modo que contemple as diversas práticas de EC, as quais podem ser aplicadas em diferentes setores da indústria.

Ainda não há um entendimento claro sobre a EC e como garantir a viabilidade de instrumentos práticos para promovê-la (incentivos, isenções, subsídios, treinamentos, bônus etc.), isso se dá, principalmente, devido a falta de incentivos à reciclagem. Essa questão levou ao fechamento de algumas empresas à desistência de planos de investimento (CNI, 2018). Entretanto, a falta de conhecimento da EC se dá em um nível conceitual mais elevado, porque a maioria das empresas vêm acompanhando as regulamentações da PNRS. Em termos de emprego prático da EC, esta envolve, além das empresas que aplicam critérios de EC (formalmente ou não) aos seus programas de sustentabilidade e das que operam nos setores relacionados, outros níveis de empreendimentos e empreendedores que devem ser considerados, como a categoria de catadores. Ainda que esses últimos se situem na

categoria de empreendimentos de sobrevivência, eles são parte integrante do ecossistema de implementação da economia circular no Brasil.

3.6.3. Aspectos sociais particulares da transição para a EC: o papel dos catadores de recicláveis no Brasil

No Brasil, ao contrário da Europa, a coleta informal ou não convencional de resíduos tem um importante papel econômico e impacto social, que devem ser levados em consideração para a implantação da EC. É um contexto onde se tem de falar em EC inclusiva, envolvendo também catadores de recicláveis, os quais podem ser considerados como mediadores da instituição da EC em países emergentes (Fuss *et al.* 2021). Korsunova *et al.* (2022) introduzem a noção de EC impulsionada pela necessidade, definida como um conjunto de práticas formais e informais, localmente incorporadas e interligadas, destinadas a restaurar e reter o valor de bens e materiais enquanto possível, com base nas necessidades econômicas e nas oportunidades de geração de renda.

Atuante em um patamar de baixo para cima (*bottom up*), as cooperativas de catadores de recicláveis e os catadores informais no Brasil desenvolveram um mercado significativo, ainda que esbarrem na falta de infraestrutura para reciclagem e descarte adequado de resíduos. Os catadores coletam resíduos recicláveis nas ruas e aterros sanitários, ou atuam por meio de cooperativas em parceria com organizações privadas e públicas, para vender para empresas que extraem matérias-primas recicláveis. As cooperativas de catadores de materiais recicláveis são responsáveis por 50% da coleta seletiva nos municípios, seguidas de 39% executados por empresas municipais e 36% por empresas privadas⁶ (Cempre, 2019).

De acordo com Demajorovic e Lima (2013), os catadores são uma categoria profissional reconhecida. Muitas vezes, são pessoas com baixa ou sem educação formal e desempregadas, que recolhem o reciclável e o repassam para um intermediário que fica com a maior parte dos lucros. Para combater essa posição injusta, muitas cooperativas foram criadas, o que deu voz aos catadores em importantes fóruns locais, nacionais e internacionais, a exemplo da Associação Nacional de Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis (Ancat).

Com o devido respaldo da legislação e parcerias com prefeituras locais, a atividade tem gerado significativo impacto econômico, social e ambiental, conforme Demajorovic e Lima (2013), os quais reportam exemplos de como as empresas, especialmente em implantação de atividades de logística reversa, e organizações públicas podem integrar os catadores formalmente em suas atividades de EC. Casos similares são os que levaram à implantação da plataforma “Reciclar pelo Brasil”,⁷ a qual atua na regularização, melhoria e profissionalização do trabalho de cooperativas e associações de catadores de materiais recicláveis por meio de parcerias com empresas. Engelke (2020) discute a inclusão dos

⁶ Os municípios podem ter mais de um agente executor da coleta seletiva (Cempre, 2019).

⁷ Vide: <https://www.reciclarpelobrasil.com.br/>

Economia circular: conceitos, dimensões e abordagens

catadores de recicláveis na implantação de EC no Brasil, enquanto Fuss *et al.* (2021) o fazem especificamente no contexto da cidade de Belo Horizonte.

A implementação do Programa Diogo de Sant’Ana Pró-Catadoras e Pró-Catadores para a Reciclagem Popular, instituído pelo Decreto nº 11.414/2023, deverá ser realizada em cooperação com órgãos ou entidades da administração pública federal e com órgãos e entidades dos estados, do Distrito Federal e dos municípios. Essa iniciativa reconhece o papel preponderante dessa categoria profissional para a transição para a EC e pode servir como *benchmark* para outros países em que desempenham similar papel na coleta seletiva dos resíduos urbanos (Brasil, 2023).

3.8 Referências da UE para atender recomendações de stakeholders brasileiros

Ao usar as políticas de economia circular da União Europeia como referência para o Brasil, é necessário um alerta de isenção de responsabilidade. A realidade e a cultura brasileiras diferem daquelas da UE e, assim como as prioridades nacionais, precisam ser cuidadosamente consideradas ao se projetar e desenvolver políticas públicas e combinações coerentes de políticas de EC que possibilitem a transição para a sustentabilidade. No entanto, a referência ainda pode trazer inspirações, ideias e informações, a partir de exemplos da abordagem política de EC da UE. Nesse sentido, o *benchmark* permite identificar e abordar elementos que estão faltando atualmente para a implementação da EC no Brasil.

As sugestões aqui apresentadas baseiam-se em referências aplicáveis às recomendações para promover a transição para a EC no Brasil apresentadas pela CNI (2020) e Mesquita *et al.* (2021). O quadro 3.3 lista essas recomendações vinculadas a fontes de políticas de referência (terceira coluna) para os setores público e privado brasileiros, bem como para a sociedade civil.

Quadro 3.3: Recomendações de instrumentos de política e incentivos para a implementação da EC no Brasil – potenciais lições da UE

Áreas foco	Tópicos	Referências da UE
Políticas públicas gerais	Fortalecimento do papel da EC nas políticas públicas	Criação de estratégia/plano de implantação de EC. Integrar o enfoque da EC nas outras estratégias e programas governamentais, conforme feito pelos Estados-Membros. Consulte a Plataforma Europeia de Stakeholders da EC para exemplos nacionais.
	Incentivo à valorização de resíduos	Fixação de impostos ambientais sobre a deposição de resíduos em aterro, redução de impostos sobre reciclagem e utilização de materiais reciclados. Consulte a Plataforma Europeia de Stakeholders da EC para exemplos.
	Simplificação e desburocratização tributária	Assegurar a coerência das políticas e evitar a sobreposição de regulamentação e tributação.
	Apoio à bioeconomia circular mapeando o potencial de fontes renováveis	Estabelecer estratégias regionais e setoriais, como exemplo das estratégias de especialização inteligente da UE para a sustentabilidade, por exemplo, Estratégia de Especialização Inteligente em Bioeconomia do Meio-Norte da Suécia (Lima-Toivanen <i>et al.</i> 2019).
	Incentivo à criação de mercado para serviços e produtos circulares (incluindo compras públicas)	Criar acordos e compromissos voluntários e alianças público-privadas. Capacitação em compras públicas, por exemplo, a estrutura de compras da EC (Ellen MacArthur Foundation, 2022).

Áreas foco	Tópicos	Referências da UE
Colaboração e engajamento de stakeholders	Criação de plataformas, por exemplo, para compartilhar informações sobre <i>i</i>) pesquisa e <i>ii</i>) disponibilidade de fluxo de resíduos	Plataforma Europeia de Stakeholders da EC.
	Fortalecimento da cooperação internacional	Programa estratégico de parcerias internacionais da UE inclui economia circular entre as áreas prioritárias para cooperação com o Brasil (European External Action Service, 2022).
	Fortalecimento/criação de redes intersetoriais multisectoriais de EC	Aliança Global sobre EC e Eficiência de Recursos (GACERE), Rede EC100 estabelecida no Brasil pela Ellen MacArthur Foundation (2017). ⁸
	Modelo de governança para garantir o acesso aos recursos da EC	Boas práticas do hub de conhecimento da Plataforma Europeia de Stakeholders da EC. Cramer (2022) analisa modelos de governança de CE de 16 países, principalmente europeus.
	Parcerias público-privadas para expandir negócios de EC e apoiar ecossistemas	Por exemplo, Empresa Europeia de Base Biológica Circular (CBE JU).
Conscientização sobre EC	Campanhas de disseminação de conhecimento sobre oportunidades de EC	Banco de dados de ativos de campanha pelo Programa de Ação de Resíduos e Recursos (WRAP). ⁹
	Ações empresariais de EC	Exemplos de CE e estudos de caso pela Ellen MacArthur Foundation
Financiamento e investimentos	Linhas de crédito para EC	Financiamento do Banco Europeu de Investimento para os projetos industriais de EC.
	Linhas de crédito para aumentar a recuperação de resíduos sólidos	Estabelecer taxas e impostos municipais sobre resíduos. Obrigações de EPR para determinados fluxos de resíduos municipais (embalagens, baterias, REEE). Taxas de resíduos municipais ecomoduladoras (por exemplo, resíduos mistos mais caros).

⁸ Não foram encontradas informações recentes a respeito das operações da Rede EC100 no Brasil.

⁹ Plataforma com ferramentas para campanhas direcionadas a diferentes públicos, materiais e áreas de enfoque. Baseada no Reino Unido. Disponível em: <https://wrap.org.uk/resources/campaign/>

Áreas foco	Tópicos	Referências da UE
Educação e IDI	Inclusão da EC nos currículos escolares do ensino fundamental ao universitário	Programas educacionais para graduação, pós-graduação e aprendizado contínuo do Instituto Europeu para Inovação e Tecnologia (EIT), nas áreas de matérias-primas (EIT RM), mudanças climáticas (EIT Climate-KIC), alimentos (EIT Food). ¹⁰ Materiais didáticos sobre EC para o ensino fundamental, ensino médio e ensino profissionalizante elaborado pelo SITRA. ¹¹
	Desenvolvimento de parceria indústria-escola	Por exemplo, alianças de inovação no âmbito do programa Erasmus+ (programa da UE para educação, formação, juventude e desporto)
	Desenvolvimento de plataformas de tecnologia de EC	A Plataforma Europeia de Stakeholders da EC lista 169 Redes/Plataformas de EC (25.07.2022).
	Promoção do desenvolvimento tecnológico e disseminação do conhecimento na área da bioeconomia e renováveis	Por exemplo, empresa comum europeia de base biológica circular e financiamento da UE em P&D&I.
	Criação de incentivos para (bio)resíduos em projetos de energia	Imposto ambiental sobre aterros sanitários. Ver Mottershead <i>et al.</i> (2021) para uma avaliação completa dos impostos ambientais na UE.

¹⁰ Instituto Europeu de Inovação e Tecnologia (EIT). Disponível em: <https://eit.europa.eu/>, acesso em: 10/01/2025.

¹¹ O Fundo de Inovação Finlandês (Sitra) é um think-thank orientado para o futuro com foco na sustentabilidade. De 2017 a 2019, financiou um projeto chamado Ensino de economia circular para todos os níveis de ensino. Mais informações: <https://www.sitra.fi/en/articles/circular-economy-teaching-materials-for-primary-school-upper-secondary-school-and-vocational-school/>, acesso em: 10/01/2025.

Áreas foco	Tópicos	Referências da UE
Aprendizagem e monitoramento	Monitoramento e avaliação de iniciativas	Plataforma web de monitoramento da EC Eurostat (https://ec.europa.eu/eurostat/web/circular-economy); Marco de Monitoramento da EC para a UE (European Commission, 2018b); Estabelecer obrigações para coletar dados relacionados a EC e criar um gabinete de estatísticas (Eurostat). Realização de análises sobre EC (ver como exemplo a Agência Europeia do Meio Ambiente); Avaliações de impacto de políticas.
	Troca de experiências	Desenvolvimento de parcerias e plataformas público-privadas, como a CBE JU e a Plataforma Europeia de Stakeholders da EC.

Fonte: Adaptado de Mesquita *et al.* (2021) e CNI (2020).

3.9 Considerações finais

A EC implica uma mudança radical e sistêmica nos modos de produção e consumo, visando a sustentabilidade. Essa transformação requer não apenas mudanças tecnológicas, econômicas e sociais, mas também políticas. É necessário não apenas realinhar práticas e políticas existentes, mas desenvolver novas abordagens e definir combinações coerentes de políticas que impulsionem a transição para uma EC neutra em termos climáticos e segura, que respeite a biodiversidade e seja socialmente aceitável e justa.

Na Europa, há uma ênfase política crescente no fortalecimento do papel da EC como ferramenta de mitigação climática (European Commission 2019a; Fundação Ellen MacArthur, 2021a) e na reversão da perda de biodiversidade (Fundação Ellen MacArthur, 2021b; Forslund *et al.* 2022). A Fundação Ellen MacArthur (2021b) propôs três princípios por meio dos quais a EC pode abordar as causas da perda de biodiversidade: *i*) eliminar resíduos e poluição projetando problemas; *ii*) circular produtos e materiais e reduzir a demanda por recursos naturais; e *iii*) regenerando a natureza, por exemplo, por meio de agricultura regenerativa e agrofloresta. Essa abordagem para as questões climáticas e de biodiversidade é particularmente relevante para o Brasil, dado que as indústrias de alimentos e processos de base biológica, tais como de papel e celulose e química, têm significativa importância nacional e estão intimamente ligadas ao comércio global.

A implementação formal da EC no Brasil trará importantes benefícios econômicos, sociais e ambientais para os quais ainda não há conhecimento suficiente do potencial que possuem, especialmente no combate aos desafios sistêmicos das mudanças climáticas. Este potencial,

contudo, ainda é pouco conhecido e explorado. Para transformar esse potencial em realidade, é essencial que as instituições brasileiras estejam fortemente envolvidas no processo.

Instituições brasileiras robustas nas áreas de ciência, tecnologia, meio ambiente e inovação, em arranjos colaborativos entre academia, organizações da sociedade civil e indústria, são fundamentais para formular instrumentos de políticas de EC e mecanismos de implementação adequados à realidade brasileira.

A definição de políticas adequadas é crucial para fomentar mudanças culturais e elevar a conscientização através de instrumentos de política eficazes. No entanto, apesar de um quadro legal bem estruturado, ainda falta comprometimento com as metas estabelecidas, contrastando com o pragmatismo europeu na execução dessas metas. A longa tradição brasileira de cooperação com a Comissão Europeia em temas emergentes de ciência, tecnologia, inovação e meio ambiente pode beneficiar o estabelecimento de um diálogo político para apoiar o desenho de instrumentos apropriados, considerando as dotações e desafios locais.

Como é possível observar em alguns exemplos brasileiros, muitos setores da sociedade e da economia já possuem um entendimento sobre a EC. Muitas vezes, os motores têm sido as necessidades de subsistência (como os catadores), a adaptação a uma nova legislação ou às exigências dos mercados internacionais (indústria) ou a pressão para se adaptar aos acordos internacionais (governo). Oportunamente, espera-se um maior avanço por meio da implementação da ENEC em face aos desafios das mudanças climáticas e os benefícios da EC.

O Brasil tem experiência suficiente em planejamento de políticas, a exemplo da Lei Brasileira de Inovação, a PNRS e a PNEC em elaboração, que, por meio do engajamento e consulta aos *stakeholders*, têm garantido as contribuições para o estabelecimento de políticas coerentes, implementadas governos locais e pelas agências de fomento federais e estaduais. Isso pode ser uma base para a implementação da EC no país, desde que vigore a liderança e a proatividade. Em termos de políticas, o envolvimento com as lições da UE permitiria dar saltos em vez de trabalhar em etapas incrementais.

Liderança política é o fator crucial para tornar a EC, assim como quaisquer outras medidas que facilitem a transição para a sustentabilidade. Ainda que não tenha sido um levantamento exaustivo das ações implementadas pelo governo e indústria, e muitas ações levadas a cabo por ONGs e outras organizações da sociedade civil não tenham sido mencionadas, neste capítulo foi apresentado o suficiente em termos de capacidades para que o Brasil implemente políticas em suporte da EC. Nesse sentido, as lições mais significativas da Europa dizem respeito aos incentivos, à coordenação de políticas e aos seus mecanismos de implementação.

Agradecimentos

Projeto Policy Instruments and Incentives for Circular Economy (POLICE), financiado pelo EIT Raw Materials (2019).

Projeto Plataforma de EC para a Agenda Estratégica de Prioridades Europeias (Cicerone), financiado pela programa Horizon 2020, contrato de concessão 820707, (2018-2021).

Referências

ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2021. *Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais*, 2021. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama>. Acesso em: 5 maio 2022.

ABREMA. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2024. *Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente*. 2024. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/download/96475/?tmstv=1733786378>. Acesso em: 28.03.2025.

BAHN-WALKOWIAK, Bettina; WILTS, Henning; REIMER, Wolfgang; LEE, Meng-chun. Overview report on definition and concept of the Circular Economy in a European Perspective, 2019. Disponível em: <https://cicerone-h2020.eu/wp-content/uploads/2020/05/CICERONE-D1.1-Overview-Report-on-Definition-and-Concept-of-the-Circular-Economy-in-a-European-Perspective.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2022.

BEMELMANS-VIDEC, Marie-Louise; RIST, Ray C.; VEDUNG, Evert Oskar. Carrots, sticks and sermons: policy instruments and their evaluation. *Transaction Publishers*, v. 1, New Brunswick, London, 1998.

BRASIL. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES. Tudo na Circularidade – Investindo nas cooperativas de material reciclável. São Paulo: BNDES, 13 mar. 2025. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/onde-atuamos/social/tudo-na-circularidade>. Acesso em: Acesso em 12/04/2025.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, e outras. Diário Oficial da União: Seção 1, Brasília, DF, 16 jul. 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm. Acesso em: 20/01/2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. *Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Planares*. Brasília, DF: MMA, 2022. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/agendaambientalurbana/lixao-zero/PLANO_NACIONAL_DE_RESIDUOS_SOLIDOSPLANO_NACIONAL_DE_RESIDUOS_SOLIDOS-1.pdf. Acesso em: 5 ago. 2022.

BRASIL. Decreto nº 11.413, de 13 fevereiro de 2023. Institui o Certificado de Crédito de Reciclagem de Logística Reversa, o Certificado de Estruturação e Reciclagem de Embalagens em Geral e o Certificado de Crédito de Massa Futura, no âmbito dos sistemas de logística reversa de que trata o art. 33 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Presidência da República, Casa Civil, Secretaria Especial para Assuntos Jurídicos, 2023a. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2023-2026/2023/Decreto/D11413.htm. Acesso em: 8 nov. 2023.

BRASIL. Decreto nº 11.414, de 13 fevereiro 2023. Institui o Programa Diogo de Sant’Ana Pró-Catadoras e Pró-Catadores para a Reciclagem Popular e o Comitê Interministerial para Inclusão Socioeconômica de Catadoras e Catadores de Materiais Reutilizáveis e Recicláveis. Presidência da República, Casa Civil, Secretaria Especial para Assuntos Jurídicos, 2023b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/decreto/D11414.htm. Acesso em: 8 nov. 2023.

BRASIL. Decreto nº 12.082, de 22 de junho de 2024. Dispõe sobre a Política Nacional de Economia Circular. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 23 jun. 2024. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/decreto/D12082.htm. Acesso em: 31 mar. 2025.

BRASIL. Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Planares. Brasília, DF: Presidência da República, Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, 2022. Instituto pelo Decreto nº 11.043, de 13 de abril de 2022. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/d11043.htm. Acesso em: 21/01/2024.

BRASIL. Projeto de Lei n.º 1.874, de 2022. Institui a Política Nacional de Economia Circular e altera a Lei n.º 10.332, de 19 de dezembro de 2001, a Lei n.º 12.351, de 22 de dezembro de 2010, e a Lei n.º 14.133, de 1.º de abril de 2021, para adequá-las à nova política. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2422879>. Acesso em: 15/01/2025.

CBE. *Circular Bio-based Europe Joint Undertaking*, 2022. Disponível em: <https://www.cbe.europa.eu/>. Acesso em: 28 jul. 2022.

CEMPRE. *CEMPRE Review*, 2019. Disponível em: <https://cempre.org.br/wp-content/uploads/2020/11/CEMPRE-Review2019.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2022.

CHEVAUCHÉ, Catherine; ISSANES, Clarisse; KORTER, Monja. *ISO Technical Committee 323 Circular Economy*, 2021. https://unece.org/sites/default/files/2021-11/2_2_ENG_2021%2011%20ISO%20TC%20323%20presentation_0.pdf

CIRCULAR FLANDERS. *Together towards a circular economy in Flanders*, 2019. Disponível em: <https://vlaanderen-circulair.be/en>. Acesso em: 19 jul. 2022.

CNI. Economia circular: oportunidades e desafios para a indústria brasileira. Brasília: Confederação Nacional da Indústria, 2018.

CNI. Circular economy: strategic path for brazilian industry. Brasília: Confederação Nacional da Indústria, 2020.

COELHO, Suan Teixeira; DIAZ-CHAVEZ, Rocío; CORTEZ, Cristiane Lima; PERECIN, Danilo; POSSETTI, Gustavo Rafael Collere; RIETOW, Julio Cesar; SILVA, Clarinda. Circular Economy in Brazil, 2021. In: GHOSH, Sadhan Kumar; GHOSH, Sannidhya Kumar. *Circular Economy: Recent Trends in Global Perspective*, p. 459-496, 2021.

Economia circular: conceitos, dimensões e abordagens

COGLIANESE, C.; MENDELSON, E. Meta-Regulation and Self-Regulation. In: BALDWIN, Robert; CAVE, Martin; LODGE, Martin. *The Oxford Handbook of Regulation*. Oxford University Press, 2010.

CRAMER, Jacqueline. Effective governance of circular economies: an international comparison. *Journal of Cleaner Production*, v. 343, 2022.

ECBF. *Venture Capital for Transformation*, 2022. Disponível em: <https://www.ecbf.vc/>. Acesso em: 18 jul. 2022.

EDMONDSON, Duncan; KERN, Florian; ROGGE, Karoline. The co-evolution of policy mixes and socio-technical systems: Towards a conceptual framework of policy mix feedback in sustainability transitions. *Research Policy*, v. 48, 2019.

EIB. The EIB Circular Economy Guide: Supporting the circular transition, 2020.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. How policymakers can achieve a resilient recovery with the circular economy, 2020. Disponível em: <https://emf.thirdlight.com/link/jgz5kn7aukea-h9eyxo/@/preview/1?o>. Acesso em: 18 jul. 2022.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. *Completing the picture*: how the circular economy tackles climate change, 2021a. Disponível em: <https://emf.thirdlight.com/link/w750u7vysuy1-5a5i6n/@/preview/1?o>. Acesso em: 5 ago. 2022.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. *The nature imperative*: how the circular economy tackles biodiversity loss, 2021b. Disponível em: <https://emf.thirdlight.com/link/bqgxl2mlprld-v7i2m6/@/#id=0>. Acesso em: 5 ago. 2022.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. *Circular Economy Procurement Framework*, 2022. Disponível em: Mar<https://emf.gitbook.io/circular-procurement/-MB3yM1RMC1i8iNc-VYj/>. Acesso em: 5 ago. 2022.

ENGELKE, Rozi. *O trabalho em cooperativas de reciclagem no brasil como forma de implementar a economia circular e alcançar a sustentabilidade social*. Dissertação (Mestrado em Ciência Jurídica) – Universidade do Vale do Itajaí, Santa Catarina, 2020. Disponível em: <https://www.univali.br/Lists/TrabalhosMestrado/Attachments/2741/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Rozi%20Engelke.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2022.

ETTLINGER, Sarah. *Deposit refund system (and packaging tax) in Finland*, 2016. Disponivel em: <https://ieep.eu/wp-content/uploads/2022/12/FI-Deposit-Refund-Scheme-final.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2022.

EUROPEAN COMMISSION. Waste Framework Directive. Directorate-General for Environment. Online [s.d.]. Disponível em: https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/waste-framework-directive_en#publications. Acesso em: 20 jul. 2022.

EUROPEAN COMMISSION. *Proposal for a decision of the european parliament and of the council on establishing the specific programme implementing horizon europe: the framework programme for research and innovation.* Brussels, 2018a. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:7cc790e8-6a33-11e8-9483-.> Acesso em: 20 jul. 2022.

EUROPEAN COMMISSION. *Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions on a monitoring framework for the circular economy.* Strasbourg, 2018b. Disponível em: <https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/monitoring-framework.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2022.

EUROPEAN COMMISSION. *Accelerating the transition to the circular economy: improving access to finance for circular economy projects.* Directorate-General for Research and Innovation. Publications Office, 2019a.

EUROPEAN COMMISSION. *Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions.* The European Green Deal, 2019b.

EUROPEAN COMMISSION. *Commission staff working document.* Assessment report of the voluntary pledges under Annex III of the European Strategy for Plastics in a Circular Economy, 2019c. Disponível em: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/34267>. Acesso em: 28 jul. 2022.

EUROPEAN COMMISSION. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. A New Circular Economy Action Plan for a Cleaner and More Competitive Europe—COM/2020/98 Final. 2020. Available online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=15 83933814386&uri=COM:2020:98:FIN>. Acesso em: 17 jan 2021.

EUROPEAN UNION. *European Circular Economy Stakeholder Platform,* 2022. Disponível em: circulareconomy.europa.eu/platform. Acesso em: 28 jul. 2022.

EUROPEAN COMMISSION. *Circular plastics alliance,* 2022a. Disponível em: https://ec.europa.eu/growth/industry/strategy/industrial-alliances/circular-plastics-alliance_en. Acesso em: 28 jul. 2022.

EUROPEAN COMMISSION. *European Battery Alliance,* 2022b. Disponível em: https://ec.europa.eu/growth/industry/strategy/industrial-alliances/european-battery-alliance_en. Acesso em: 28 jul. 2022.

EUROPEAN EXTERNAL ACTION SERVICE. *The americas and the caribbean:* regional multiannual indicative programme 2021-2027, 2022. Disponível em: https://international-partnerships.ec.europa.eu/system/files/2022-01/mip-2021-c2021-9356-americas-caribbean-annex_en.pdf. Acesso em: 28 jul. 2022.

Economia circular: conceitos, dimensões e abordagens

FORSLUND, Tim; GORST, Ashley; BRIGGS, Charlie; AZEVEDO, Devens; SMALE, Robin. Tackling root causes: An introduction to root cause analysis in the context of sustainable well-being. SITRA 2022. Disponível em: <https://media.sitra.fi/app/uploads/2022/05/sitra-tackling-root-causes-1.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2022.

FUSS, Maryegli; BARROS, Raphael. T.V.; POGANIETZ, Witold-Roger. The role of a socio-integrated recycling system in implementing a circular economy: The case of Belo Horizonte, Brazil. *Waste Management*, v. 121, p. 215-225, 2021.

GLOBAL RECYCLING. Waste-to-Energy Technology in Brazil: on a massive transition into the future. *Markets*, v. 3, p. 28-31, 2021. Disponível em: https://global-recycling.info/pdf/GLOBAL-RECYCLING_3-2021.pdf. Acesso em: 28 jul. 2022.

GONZALEZ, Avelino Gonzalez; MAMALIS, Petros. Research & Innovation Projects relevant to the Circular Economy Strategy, Calls 2016-2018, HORIZON 2020. *European Commission: Directorate-General for Research and Innovation*, 2019. Disponível em: https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/h2020_projects_circular_economy_2016-2018.pdf. Acesso em: 21 jul. 2022.

GRANDRA, Alana. *Índice de reciclagem no Brasil é de apenas 4%, diz Abrelpe*. Agência Brasil, 2022. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2022-06/indice-de-reciclagem-no-brasil-e-de-4-diz-abrelpe>. Acesso em: 2 ago. 2022.

GROOTHUIS, Femke. The Taxshift. An EU Fiscal Strategy to Support the Inclusive Circular Economy. *The Ex'tax Project*, 2022. Disponível em: https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/the-taxshift_eu-fiscal-strategy_extax-project-2june22def.pdf. Acesso em: 18 jul. 2022.

IBA (online). Mudanças Climáticas. Indústria Brasileira de Árvores, 2022. Disponível em: <https://www.iba.org/mudancas-climaticas>. Acesso em: 18 jul. 2022.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO/TC 323 – Circular economy. Technical Committee on Circular Economy, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland. Created 2018; scope: standardization in the field of circular economy to develop frameworks, guidance, supporting tools and requirements for implementation by organizations to maximize contribution to sustainable development. Disponível em: <https://www.iso.org/committee/7203984.html>. Acesso em: 20/01/2025.

JACOBSSON, Staffan; LAUBER, Volkmar. The politics and policy of energy system transformation: explaining the German diffusion of renewable energy technology, *Energy Policy*, v. 34, n. 3, p. 256-276, 2006.

de JESUS, Ana; MENDONCA, Sandro. Lost in Transition? Drivers and Barriers in the Eco-innovation Road to the Circular Economy. *Ecological Economics*, v. 145, p. 75-89, 2018.

KALMYKOVA, Yuliya; SADAGOPAN, Madumita; ROSADO, Leonardo. Circular economy: from review of theories and practices to development of implementation tools. *Resources, Conservation & Recycling*, v. 135, p. 190-201, 2018.

- KAZA, Silpa; YAO, Lisa; BHADA-TATA, Perinaz; VAN WOERDEN, Frank. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. *Urban Development Series*. Washington, DC: World Bank, 2018. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/92a50475-3878-5984-829e-0a09a6a9badc/content>. Acesso em: 18 jul. 2022.
- KEINO. About KEINO, 2022. Disponível em: <https://www.hankintakeino.fi/en/about-keino>.
- KIRCHHERR, Julian; PISCICELLI, Laura; BOUR, Ruben; KOSTENSE-SMIT, Erica; MULLER, Jennifer; HUIBRECHTSE-TRUIJENS, Anne; HEKKERT, Marko. Barriers to the circular economy: evidence from the European Union (EU). *Ecological Economics*, v. 150, p. 264-272, 2018.
- KORHONEN, Jouni; HONKASALO, Antero; SEPPÄLÄ, Jyri. Circular economy: the concept and its limitations. *Ecological Economics*, v. 143, p. 37-46, 2018a.
- KORHONEN, Jouni; NUUR, Cali; FELDMANN, Andreas; BIRKIE, Seyoum Eshetu. Circular economy as an essentially contested concept. *Journal of Cleaner Production*, v. 175, p. 544-552, 2018b.
- KORSUNOVA, Angelina; HALME, Minna; KOURULA, Arno; LEVÄNEN, Jaarko; LIMA-TOIVANEN, Maria. Necessity-driven circular economy in low-income contexts: How informal sector practices retain value for circularity. *Global Environmental Change*, v. 76, 2022.
- JORNAL DA USP. USP integra rede de universidades relacionadas à economia circular. *Jornal da USP*. Atualizado: 4 maio 2018. Disponível em: <https://jornal.usp.br/institucional/press-release/usp-integra-rede-de-universidades-relacionadas-a-economia-circular/>. Acesso em: 18 jul. 2022.
- LEMOS, Maria Carmen; AGRAWAL, Arun. Environmental Governance. *Annual Review of Environment and Resources*, v. 31, p. 297-325, 2006.
- LIMA-TOIVANEN, Maria; RILLA, Nina; ZENKER, Andrea. European observatory for clusters and industrial change: policy briefing. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2019. Disponível em: https://www.clustercollaboration.eu/sites/default/files/eu_initiatives/eocic_-_policy_briefing_-_north-middle_sweden.pdf. Acesso em: 11 jul. 2022.
- LUZ, Beatriz; FRANCO, Nathalia Geronazzo. Os 5 elementos essenciais de negócios circulares e os cases brasileiros selecionados, 2021. In: LUZ, Beatriz (org.). Economia circular: debate global, aprendizado brasileiro. Rio de Janeiro: *Exchange 4 Change Brasil*, 2021, p. 248-297.
- MERLI, Roberto; PREZIOSI, Michele; ACAMPORA, Alessia. How do scholars approach the circular economy? A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, v. 178, p. 703-722, 2018.

Economia circular: conceitos, dimensões e abordagens

MESQUITA, Pedro Paulo Dias; MENDES, Rodrigo; CECILIANO, Adriane Nogueira; DOS SANTOS, Mariana Camilo. Economia circular: caminhos para o Brasil. In: Luz, Beatriz Economia circular: debate global, aprendizado brasileiro. Rio de Janeiro: *Exchange 4 Change Brasil*, 2021, p. 223-236, 2021.

MILIOS, Leonidas. Advancing to a Circular Economy: three essential ingredients for a comprehensive policy mix. *Sustainability Science*, v.13, p. 861-878, 2018.

MILIOS, Leonidas. Towards a Circular Economy Taxation Framework: Expectations and Challenges of Implementation. *Circular Economy and Sustainability*, v. 1, n. 2, p. 477-498, 2021.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. Rotas de Integração Nacional: Rota da economia circular, 2019. Disponível em: <http://portalrotas.avaliacao.org.br/rota/rota-da-economia-circular/5>. Acesso em: 23 jul. 2022.

MOTTERSHEAD, David; WATKINS, Emma; GORE, Tim; ANDERSEN, Mikael Skou; PEDERSEN, Anders Branth; WHITEOAK, Kym; de BRUYN, Sander; VERGEER, Robert; CHOWDHURY, Tanzir; VAN HUMMELEN, Stijn; CHEWPREECHA, Unnada. *Green taxation and other economic instruments Internalising environmental costs to make the polluter pay*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, European Union, 2021. Disponível em: https://environment.ec.europa.eu/system/files/2021-11/Green%20taxation%20and%20other%20economic%20instruments%20%E2%80%93%20Internalising%20environmental%20costs%20to%20make%20the%20polluter%20pay_Study_10.11.2021.pdf. Acesso em: 25 jul. 2022.

MOVIMENTO VERDADES SUSTENTÁVEIS. *Como funciona o mercado de reciclagem no Brasil?*, 2020. Disponível: <https://verdadessustentaveis.com/como-funciona-o-mercado-de-reciclagem-no-brasil/>. Acesso em: 22 jul. 2022.

MUNARO, Mayara Regina; TAVARES, Sérgio Fernando. Analysis of Brazilian public policies related to the implementation of circular economy in civil construction. Porto Alegre: *Ambiente Construído*, v. 22, n. 2, p. 129-142, 2022.

PRENDEVILLE, Sharon; CHERIM, Emma; BOCKEN, Nancy. Circular cities: mapping six cities in transition. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, v. 26, p. 171-194, 2018.

RITZÉN, Sofia; SANDSTRÖM, Gunilla Ölundh. Barriers to the circular economy: integration of perspectives and domains. *Procedia CIRP*, v. 64, p. 7-12, 2017.

SANCHES, Julia Romano; TREVISAN, Adriana Hofmann, SELES, Bruno Michel Roman Pais; CASTRO, Camila Gonçalves; PIAO, Roberta Souza; ROZENFELD, Henrique; MASCARENHAS, Janaina. Sustainable circular economy strategies: an analysis of brazilian corporate sustainability reporting. *Sustainability*, v. 14, p. 5.808, 2022.

SILVA, Flavia Christina; SHIBAO, Fabio Ytoshi; KRUGLIANSKAS, Isak; BARBIERI, José Carlos; SINISGALLI, Paulo Antonio Almeida. Circular economy: analysis of the implementation of practices in the Brazilian network. *Revista de Gestão*, v. 26, n. 1, p. 39-60, 2019.

SILVA, Vanessa Pinto; CAPANEMA, Luciana Xavier de Lemos. Políticas públicas na gestão de resíduos sólidos: experiências comparadas e desafios para o Brasil. Rio de Janeiro: *Resíduos sólidos*, BNDES, v. 25, n. 50, p. 153-200, 2019. Disponível em: <http://web.bnbes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/19062>. Acesso em: 3 jul. 2022.

SINIR + (Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos). Ministério do Meio Ambiente. *Inventário Nacional de Resíduos Sólidos*, 2019. Disponível em: <https://sinir.gov.br/relatorios/nacional/>. Acesso em: 24 jul. 2022.

TURA, Nina; HANSKI, Jyri; AHOLA, Tuomas; STÅHLE, Matias; PIIPARINEN, Sini; VALKOKARI, Pasi. Unlocking circular business: a framework of barriers and drivers. *Journal of Cleaner Production*, v. 212, p. 90-98, 2019.

UUSITALO, Teuvo; HUTTUNEN-SAARIVIRTA, Elina; HANSKI, Jyri; LIMA-TOIVANEN, Maria; MYLLYOJA, Jouko; VALKOKARI, Pasi. Policy instruments and incentives for circular economy: final report. EIT Raw Materials, 2020. <https://eitrawmaterials.eu/wp-content/uploads/2020/07/EIT-RawMaterials-project-POLICE-Final-report.pdf>. Acesso em: 6 jul. 2022.

VRANCKEN, Karl; LE BLÉVENNEC, Kévin; WANG, Ke; WARDENAAR, Tjerk; KOIJMAN, Esmee; SCHOENMAKER, Rosa; DE CAROLIS, Roberta; OMAHNE, Vasja; LUKMAN, Rebeka Kovacic; VIDERGAR, Petra; LEE, Meng-Chun. Synthesis report on performance and coverage assessment of existing CE R&I programs. *Cicerone*, 2019. Disponível em: <https://cicerone-h2020.eu/wp-content/uploads/2020/05/CICERONE-D1.5-Synthesis-report-on-performance-and-coverage-assessment-of-existing-CE-RI-programs.pdf>.

WASSERBAUR, Raphael; SAKAO, Tomihiko; MILIOS, Leonidas. Interactions of governmental policies and business models for a circular economy: a systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, v. 337, p. 130.329, 2022.

ISO TC 323 – Economia circular e a participação brasileira

Sérgio Monforte
Lúcia Helena Xavier
Natacha Britschka
Carolina Zoccoli

Introdução

A proposição do conceito de economia circular alcançou notável projeção nos últimos anos, principalmente após a divulgação do estudo elaborado pela consultoria McKinsey e pela fundação Ellen Macarthur durante o Fórum Econômico Mundial de 2015. Esse estudo estimou a oportunidade de 1.8 trilhão de euros em benefícios econômicos anuais na União Europeia até 2030, com a transição para a economia circular.

Desde então, a conceituação de economia circular vem sendo abordada a partir de diferentes perspectivas. Foi elaborada uma norma inglesa e outra francesa sobre o tema, a Confederação Nacional da Indústria no Brasil investiu em estudos que aprofundaram o entendimento do conceito considerando a realidade brasileira. O mundo acadêmico produziu diversos artigos científicos sobre o tema, chegando a apresentar mais de 140 diferentes definições para o conceito (Kirchherr *et al.*, 2017; Reike *et al.*, 2018), sendo a maior parte pautada na redefinição de cadeias reversas de suprimentos e focada nas vias de circularidade (Khajuria *et al.*, 2022; Trivya *et al.*, 2022).

Nesse contexto, a Associação Francesa de Normalização (Afnor) fez o pedido, em 2019, para que a Organização Internacional de Normalização (ISO) iniciasse o trabalho de elaboração de uma norma internacional sobre economia circular.

Em maio de 2019, em Paris, foi realizada a primeira reunião plenária para a organização dos trabalhos do Comitê Técnico 323 – Economia Circular (ISO TC 323). Nessa reunião, foram criados quatro grupos de trabalho (WG – Working Groups) distintos, para trabalhar

Economia circular: conceitos, dimensões e abordagens

nos seguintes temas: WG1: Terminologia, princípios e framework; WG2: Implementação e modelos de negócio; WG3: Métricas de circularidade; WG4: Assuntos específicos e estudos de caso; e um Comitê de Apoio a Presidente do ISO TC 323 (CAG). Além disso, foi elaborado um plano de ação estratégico.

Em junho de 2020, foi realizada a segunda reunião plenária, desta vez de forma virtual, onde o trabalho dos grupos foi aprofundado, as recomendações dos grupos validadas e a necessidade de escalar o desenvolvimento dos trabalhos dos WGs ressaltada, principalmente no que tange aos termos, às definições e aos princípios, além de articular mais efetivamente o alinhamento entre trabalhos paralelos.

Em janeiro de 2021, outra reunião virtual foi realizada na qual foi proposta a revisão e validação dos escopos de trabalhos de todos os WGs formados e a criação de mais dois grupos de trabalho, sendo eles WG5: Ficha técnica de circularidade do produto; e JWG: Materiais Secundários. Além disso, a organização de *workshops* de alinhamento entre os WGs foi solicitada e aprovada nessa reunião plenária, para promover o alinhamento que não estava acontecendo.

Em setembro de 2022, finalmente foi possível realizar uma reunião híbrida com grande participação presencial em Kigali, capital de Ruanda, ocasião em que: foi validada, definitivamente, a definição de economia circular e de outros conceitos importantes; criou-se um grupo para revisar o plano de ação estratégico; considerou-se a recuperação energética como parte do escopo da norma; e atualizou-se o calendário para publicação das cinco normas para o final de 2024, bem como dos dois relatórios técnicos para o final de 2022, conforme a lista abaixo:

- ISO 59.004: economia circular – terminologia, princípios e diretrizes para implementação;
- ISO 59.010: economia circular – diretrizes sobre modelos de negócios e redes de valor;
- ISO 59.020: economia circular – medindo e avaliando a circularidade;
- ISO 59.040: economia circular – ficha técnica de circularidade do produto;
- ISO 59.014: materiais secundários – princípios, sustentabilidade e requisitos de rastreabilidade;
- ISO TR 59.031: economia circular – abordagens baseadas em desempenho;
- ISO TR 59.032: economia circular – revisão da implementação do modelo de negócios.

4.1 Economia circular: terminologias e princípios

Como referência básica para os diálogos, foram consideradas a norma inglesa (BSI 8001), norma francesa (XP X30-901), artigos científicos, como o que faz a análise de 114 definições distintas (Kirchherr *et al.*, 2017), publicações da Fundação Ellen MacArthur, da Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2018), entre outras, para a definição dos termos e dos princípios da norma internacional de economia circular.

O primeiro trabalho realizado pelo WG1 foi a elaboração da definição de economia circular. Após pequenos ajustes, o texto final foi aprovado na recente plenária em Kigali, consolidando um consenso global sobre o conceito:

economia circular: sistema econômico que utiliza uma abordagem sistêmica para manter o fluxo circular dos recursos, por meio da recuperação, retenção ou adição de seu valor, enquanto contribui para o desenvolvimento sustentável.¹²

Nota 1: Recursos podem ser considerados como estoques e fluxos.¹³

Nota 2: Pela perspectiva de desenvolvimento sustentável, o fluxo de recursos virgens é mantido o mais baixo possível e o fluxo circular de recursos é mantido o mais fechado possível, para minimizar emissões e perdas (desperdício de recursos) no sistema econômico (ISO 59004:2024, p. 1, tradução livre).¹⁴

O diálogo foi fracionado em algumas ideias específicas para depois chegar à composição da definição atual, sendo elas: abordar o sistema ou o modelo econômico; relação entre recursos e valor; aspectos sociais, ambientais e econômicos considerados.

Sistema ou modelo econômico: o grupo considerou que o termo sistema seria o mais adequado, considerando que a ideia da norma é contribuir em como a economia é pensada e implementada nos territórios (que seria restrito ao escopo definido pelo usuário). Não seria um modelo a ser utilizado como referência, mas sim uma proposta de transição para um sistema econômico mais eficaz e efetivo no uso dos recursos, evitando desperdícios e promovendo a gestão estratégica dos recursos naturais. Nesse momento, foi definido que o termo “recursos” estaria restrito aos recursos materiais enquanto os recursos humanos e financeiros não deveriam ser tratados por esta norma.

Relação entre recursos e valor: este foi um ponto crucial na construção da definição, pois amplia a visão de algumas definições existentes ao mimetizar o funcionamento da natureza, inspirada na escola do biomemitismo. Consideramos que o sistema econômico agrega valor ao recurso e não deve desperdiçar nada, pois, como pontua Lavoisier em sua famosa frase, “na natureza, nada se perde, nada se cria, tudo se transforma”. Dessa forma, o fluxo circular do recurso é mantido por meio da adição, retenção e recuperação de seu valor, com envolvimento da atividade humana para reduzir a entropia do sistema.

Aspectos sociais, ambientais e econômicos: após algumas conversas sobre a inclusão de questões sociais, impactos ambientais e fluxo financeiro, decidiu-se que o foco da norma deve ser o fluxo de recursos (materiais). As consequências sociais, ambientais e econômicas devem ser tratadas de forma indireta ao fluxo dos recursos, com a perspectiva do desenvolvimento sustentável.

Outra definição que passou por um longo diálogo antes da inclusão foi o termo “solução”, que traz uma inovação na forma como as normas tratam a relação entre “produto” e “serviço”, e ainda está em construção:

¹² circular economy: economic system that uses a systemic approach to maintain a circular flow of resources, by recovering, retaining or adding to their value, while contributing to sustainable development.

¹³ Note 1 to entry: Resources can be considered concerning both stocks and flows.

¹⁴ Note 2 to entry: The inflow of virgin resources is kept as low as possible, and the circular flow of resources

Economia circular: conceitos, dimensões e abordagens

solução: combinação de um produto e serviço que atende a uma necessidade.¹⁵

produto: objeto físico projetado ou utilizado com um propósito.¹⁶

serviço: atividade projetada e executada com um propósito¹⁷ (ISO 59004:2024, p. 4-5, tradução livre).

Essa alteração propõe uma nova abordagem sobre a definição atual de produto constante nas normas internacionais, ao acrescentar o termo “solução” e explicitar que enquanto produto é um objeto físico o serviço, por sua vez, é uma atividade. Atualmente, temos as seguintes terminologias acordadas entre os países-membros na última reunião plenária:

valor: ganho(s) ou benefício(s) pela satisfação de necessidades e expectativas, em relação ao uso e conservação de recursos¹⁸

rede de valor: rede de cadeias de valor interligadas e partes interessadas¹⁹

fluxo circular de recursos: ciclo sistemático da oferta e uso de recursos dentro de ciclos técnicos ou biológicos²⁰

circular: alinhados com os princípios para uma economia circular²¹

circularidade: grau de alinhamento com os princípios para uma economia circular²²

aspecto de circularidade: elemento das atividades ou soluções de uma organização que interage com a economia circular²³

avaliação de circularidade: análise e interpretação de resultados e impactos da medição de circularidade²⁴

¹⁵ solution: product or service, or a combination thereof, that fulfils a need of an interested party.

¹⁶ product: physical-based object designed for or utilized with a purpose

¹⁷ service: activity designed or executed with a purpose.

¹⁸ value: gain(s) or benefit(s) from satisfying needs and expectations, in relation to the use and conservation of resources.

¹⁹ value: network network of interlinked value chains and interested parties

²⁰ circular flow of resources systematic cycling of the provision and use of resources within multiple technical or biological cycles.

²¹ circular: aligned with the principles for a circular economy

²² circularity: degree of alignment with the principles for a circular economy

²³ circularity: aspect element of an organization's activities or solutions that interacts with the circular economy

²⁴ circularity assessment: evaluation and interpretation of results and impacts from a circularity measurement

medição de circularidade: processo para ajudar a determinar o desempenho da circularidade por meio da coleta, cálculo ou compilação de dados ou informações²⁵

desempenho de circularidade: grau em que um conjunto de aspectos de circularidade se alinham com os princípios para uma economia circular²⁶

indicador de circularidade: métrica usada para medir um ou mais aspectos de circularidade²⁷

perspectiva do ciclo de vida: consideração dos aspectos de circularidade relevantes para uma solução durante seu ciclo de vida, incluindo impactos ambientais, sociais e econômicos²⁸ (ISO 59004:2024, p.2 – 13, tradução livre).

Para a construção dos princípios, a norma inglesa (BSI 8001) foi utilizada como ponto de partida para os diálogos, considerando também a abordagem do WBCSD (sigla em inglês do Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável) e da Fundação Ellen MacArthur.

Princípios do BSI 8001:

- pensamento sistêmico;
- inovação;
- responsabilização;
- colaboração;
- otimização do valor;
- transparência.

Abordagem do documento do WBCSD:

- Fechar o ciclo.
 - % entrada circular;
 - % saída circular;
 - % circularidade da água;
 - % energia renovável.
- Otimizar o ciclo.
 - % materiais críticos;
 - % materiais recuperados.
- Valorizar o ciclo.

²⁵ circularity measurement: process to help determine the circularity performance through collection, calculation or compilation of data or information

²⁶ circularity performance: degree to which a set of circularity aspects align with the objectives and principles for a circular economy

²⁷ circularity indicator: metric used to measure one or more circularity aspects

²⁸ life cycle perspective: consideration of the circularity aspects relevant to a solution during its life cycle which includes consideration of the relevant environmental, social and economic impacts

- Produtividade da circularidade dos materiais.

De forma similar, os princípios da Fundação Ellen MacArthur preconizam a eliminação de resíduos e poluição desde o princípio, a manutenção de produtos e materiais em uso e a regeneração de sistemas naturais. A primeira versão dos princípios, organizada pela comissão técnica, enfatizou a importância da interação e interdependência entre os sistemas econômico, social e ambiental. Assim, foram postulados da seguinte forma:

- pensamento sistêmico;
- perspectiva de longo prazo;
- criação de valor;
- utilização de recursos de forma eficaz e eficiente;
- colaboração mútua;
- responsabilização;
- transparência;
- inclusão.

A segunda versão da lista de princípios, elaborada pela comissão técnica, foi simplificada com o objetivo de preservar os principais conceitos da lista versão original, que continha oito princípios. Essa versão explica a relação entre *valor* e *recurso* com a ideia principal de forma concisa, incorporando o pensamento sistêmico e a resiliência do ecossistema como pilares fundamentais para compreensão do conceito, como é possível verificar na lista a seguir:

- pensamento sistêmico;
- criação de valor;
- compartilhamento de valor;
- disponibilidade dos recursos;
- rastreabilidade dos recursos;
- resiliência do ecossistema.

O primeiro princípio (pensamento sistêmico) refere-se à perspectiva de longo prazo, à interação entre os sistemas econômico, social e ambiental e ao ciclo de vida das soluções. O segundo princípio (criação de valor) aborda a oferta de soluções que utilizam os recursos de forma eficiente e efetiva, contribuindo para a satisfação das necessidades da sociedade. Já para a constituição do terceiro princípio (compartilhamento de valor) foi considerada a colaboração ao longo de toda a cadeia de valor, promovendo a inclusão e equidade das relações, com o valor criado pela oferta de soluções. O quarto princípio (disponibilidade dos recursos), por sua vez, envolve o gerenciamento dos estoques e fluxos dos recursos de forma sustentável, considerando a disponibilidade para as futuras gerações. Para o quinto princípio (rastreabilidade dos recursos) foi considerado o rastreamento dos estoques e fluxos dos recursos de forma transparente e responsável, promovendo a manutenção do fluxo circular dos recursos. Por fim, o sexto princípio (resiliência do ecossistema) versa a implementação de ações e estratégias que contribuem com a regeneração do ecossistema, considerando os limites do planeta.

No que tange ao avanço da discussão acerca das definições de economia circular realizado pelo WG1, um importante aspecto que vale ser destacado é o não estabelecimento de

barreiras a partir da definição de ações que seriam circulares em detrimento daquelas que não seriam circulares. O argumento do Brasil nesse tocante se pautava na fragilidade do estabelecimento de limites na estruturação do conceito da economia circular que, de fato, não corresponde às práticas experimentadas. Em outras palavras, buscar definir processos e produtos circulares poderia não ser suficiente para abranger a diversidade de condições. Além disso, a maior ou menor contribuição de uma ação ou tecnologia para a transição à economia circular é dependente do contexto, uma vez que existem diferentes marcos regulatórios, infraestrutura, capacidade de investimento e mecanismos financeiros, viabilidade técnica e econômica e conhecimento sobre o tema, dentre outros fatores nos países.

Nesse sentido, o Brasil defendeu um olhar baseado na abordagem *technology agnostic*, que é pautada na imparcialidade em relação ao uso de qualquer tecnologia específica para resolver problemas. Assim, optou-se por investir na definição de conceitos que reforcem os princípios de circularidade e que apontem para cenários propícios para consolidar o processo de transição à circularidade.

4.2 Implementação da economia circular nas organizações

Trazer orientações a qualquer organização que queira contribuir para uma economia circular não é trivial. O nível de conhecimento e de engajamento com o tema, a capacidade de mudança e de influência, os modelos de negócio e os papéis de cada possível leitor da norma são muito diversos. Outro ponto relevante é que o processo em direção à implementação da economia circular em uma organização é complexo e evolucionário.

Nesse sentido, o desafio para o comitê técnico, o qual tem trabalhado ao longo desses anos, é de desenhar um *framework* que subsidie a implementação da economia circular a partir de uma abordagem flexível, cuja implementação possa ser adaptada pelas organizações considerando suas especificidades (apresentado na norma nº 59.004), direcionando as organizações e avaliando as implicações das legislações aplicáveis, bem como a conjuntura econômica, as exigências do mercado e dos consumidores.

O *framework* da norma nº 59.004 foi estruturado de forma a dar diretrizes para que as organizações voltem o olhar à sua atual situação e, assim, identifiquem oportunidades de aumentar sua circularidade. Para apoiar a identificação de oportunidades, o texto da referida norma exemplifica ações que podem ser implementadas pelas organizações, inspirado no modelo de economia circular da norma francesa. Nessa abordagem, são apresentados conjunto de ações (não exaustivo), que foi organizado para ilustrar ações que permitam à organização adicionar valor, contribuir para a retenção e recuperação de valor, reconstruir valores perdidos e apoiar a transição para a economia circular.

Essa forma de apresentação foi escolhida por fortalecer a relação entre a adoção dessas práticas com a definição de economia circular adotada na norma, objetivo comum de todas as organizações. Apesar dessa categorização, não são ações necessariamente independentes e podem impactar mais de um modelo de geração de valor.

É importante ressaltar o posicionamento brasileiro de que o capítulo deveria abordar os conceitos principais, visando aspectos exemplificativos e inspiracionais ao apresentar para o leitor opções que o impulsionem a repensar e criar sua estratégia para a implementação da economia circular, indo na contramão da definição de critérios e requisitos de atendimento à implementação dessas ações, ou direcionamentos sobre preferência de uma ação em detrimento de outra. Ou seja, cabe a cada organização desenhar sua estratégia de implementação de economia circular, com o arranjo de práticas que faz sentido para sua realidade, olhando para sua capacidade, contexto e passos percorridos no assunto a partir do *framework*.

No comitê, decidiu-se pelo desenvolvimento da norma nº 59.010 de forma complementar, com apresentação de uma metodologia mais detalhada para a transição, com foco em negócios. No entanto, a forte relação entre os documentos resultou em sobreposição de conteúdos e ajustes de alinhamento que ainda precisam ser feitos.

Outro aspecto importante para a implementação da economia circular destacado na norma nº 59.004, com forte relação à norma nº 59.010, é a identificação de novas interações com as partes interessadas seja na cadeia de valor, seja na forma mais ampla (rede de valor e em diferentes setores e esferas de influência).

O conceito de rede de valor foi incorporado à família de normas do comitê a partir do entendimento de que a economia circular requer uma visão mais ampla, para além das relações comerciais da cadeia de valor. Isso porque, além de alguns ciclos não serem possíveis de serem fechados na própria cadeia de valor, requerendo uma visão multisectorial para a identificação de oportunidades de continuidade do fluxo de materiais, desafios e barreiras técnicas, regulatórias ou financeiras, requerem atuação com atores com quem a organização não necessariamente costuma se relacionar, além do estabelecimento de relações não comerciais.

A norma nº 59.010 enfatiza a consolidação de redes de valor e a construção de uma governança comum nessas redes. Essa visão enfatiza a necessidade de parcerias e esforços conjuntos para que a economia circular seja, de fato, alcançada, tema recorrentemente levantado pelo Brasil nas discussões.

A mensuração e avaliação dos avanços da implementação da estratégia de economia circular adotada pela organização, ou pela rede de valor de forma conjunta, é fundamental para subsidiar essa evolução. O assunto é mais aprofundado a seguir.

4.3 Métricas para a circularidade

O grupo de trabalho WG3 está responsável pela condução dos trabalhos para a elaboração da norma nº 59.020, com vista à medição e avaliação da circularidade. O estabelecimento de métricas para a medição da circularidade – ou seja, o quão alinhado aos princípios da economia circular um determinado objeto de análise performa – mostrou-se, desde o princípio das discussões, essencial para a composição do conjunto de padrões técnicos sobre economia circular.

No mercado, diversas ferramentas de indicadores de circularidade vêm ganhando trânsito. Por exemplo, aquelas voltadas para negócios, como a Circulytics, ferramenta da Ellen MacArthur Foundation, e os Indicadores para a Transição Circular (Circular Transition Indicators – CTI), do World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), assim como outras ferramentas voltadas para gestores públicos de territórios, especialmente a economia circular e seus relatórios sobre a lacuna de circularidade (do inglês, *circularity gap*) em países e municípios. O comitê da ISO entendeu que a padronização dos conceitos de economia circular e seus desdobramentos deveriam puxar também a normatização de critérios mínimos a serem medidos e avaliados para identificar o avanço na transição de uma economia linear para uma economia circular.

Ocorre que a economia circular pode se desenhar sob perspectivas muito distintas. Ferramentas de medição, como as que listamos, podem se propor a medir o desempenho de circularidade de uma instalação industrial, por exemplo. Porém, do ponto de vista de uma gestão municipal, para avaliar o avanço da circularidade em uma região geográfica, outra composição de indicadores é necessária. Especialistas trouxeram, ainda, a necessidade de se medir a circularidade a partir da perspectiva de um objeto (produto) ou parte (componente ou material) em seus múltiplos ciclos de vida, o que é diferente de olhar para um processo produtivo ou para um território.

Para solucionar essa questão, o comitê técnico recorreu à literatura acadêmica e identificou os níveis de sistema mais recorrentes que representam essas diferentes perspectivas. Tomou-se a decisão de trabalhar sob quatro perspectivas: a macro, que contempla regiões geográficas e os elementos que nela interagem; a meso, que representa, por exemplo, um conjunto de atores organizacionais, como uma cadeia de abastecimento, um distrito industrial ou um conjunto de empresas de uma mesma *holding*; e, finalmente, a micro, no qual o olhar está em um produto, em uma empresa ou em uma organização, somente.

O levantamento documental e acadêmico feito por esse grupo de trabalho identificou mais de 100 sistemas de medição de circularidade, listou os indicadores utilizados por esses sistemas e discutiu suas características à luz dos princípios e conceitos de economia circular que embasam a série de normas. Uma das primeiras conclusões do grupo foi a de que sistemas de medição de circularidade propostos por estudos acadêmicos tendem a ser mais complexos e mais alinhados ao ideal de ajuste de uma organização ou produto aos princípios da economia circular. Por outro lado, os indicadores propostos por esses estudos, muitas das vezes, são pouco práticos, carentes de dados e informações indisponíveis ou de difícil acesso e, portanto, são menos viáveis de implementar do que os sistemas de indicadores já operacionalizados no mercado.

Essa constatação levou o grupo a propor o estabelecimento de mais dois princípios que devem nortear a transição para a economia circular – estes relacionados às atividades de medição e avaliação da circularidade. O primeiro deles é garantir limites apropriados para o objeto avaliado. Isso quer dizer que o avaliador deve definir escalas temporais e espaciais apropriadas, cuidando para que a definição do escopo não distorça o resultado. A definição

da escala temporal está relacionada aos ciclos de vida, enquanto a espacial relaciona-se ao alcance e impacto do objeto analisado. Já o segundo princípio recomendado é garantir que o resultado seja significativo, de modo que as medições e avaliações de circularidade representem, de forma abrangente, significativa e confiável, o sistema econômico em foco. Isso tem a ver com transparência, rastreabilidade (de recursos e de dados) e, quando possível, comparabilidade com outros sistemas estudados.

A definição do escopo adequado é fundamental, e o grupo reconhece que não é fácil estabelecer os limites do que será medido. Os motivos são vários, um deles é que a rede de valor de uma organização ou o ciclo de vida de um produto apresentam fronteiras cada vez menos claras, outro é que muitos dados essenciais para a quantificação do resultado não existem ou não se consegue acessá-los, porque o levantamento desses dados ainda não é uma operação padrão na maioria das instituições. Dessa forma, uma visualização gráfica será incluída na futura norma para auxiliar na visualização da entrada e saída dos recursos (e de seu valor) nos limites do sistema cuja circularidade está sendo avaliada.

4.4 Fichas técnica de circularidade do produto

A elaboração da norma nº 50.040, a partir do grupo WG5, tem como escopo apoiar processos decisórios ou estratégias baseadas em requisitos legais, regulatórios ou políticos a partir da proposição do conceito da ficha técnica de circularidade do produto (do inglês, Product Circularity Data Sheet – PCDS). Esta norma, desenvolvida com a finalidade de certificação, pretende possibilitar garantias e rastreabilidade nas relações entre clientes e fornecedores.

A PCDS tem como premissa a gestão da informação sobre os produtos e fornecerá uma metodologia genérica para a melhoria dos processos circulares a partir de um conjunto de requisitos a partir dos quais serão providas e gerenciadas informações no âmbito B2B, incluindo pequenas e médias empresas e protegendo o caráter confidencial dos dados. A minuta da norma considera fornecedores como organizações ou indivíduos que fornecem produtos em acordo entre as partes e exemplifica a categoria a partir de produtores, distribuidores e vendedores de produtos e serviços.

Cabe ressaltar que no conceito de produto estão inclusos tanto os produtos quanto os serviços. Dessa forma, no Brasil, estariam abrangidas, por exemplo, as empresas integradoras que operacionalizam os procedimentos de instalação, manutenção dos produtos, bem como o fornecimento de serviços relacionados. Outro aspecto relevante relacionado à proteção de dados é a definição de dados, que tem regulamentação de referência a partir da Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (Brasil, 2018).

O modelo da ficha técnica deve considerar as seguintes categorias de informações:

- projeto para a desmontagem (design for disassembly): considera etapas de desmontagem (possibilidade de remontagem), desmantelamento (não possível remontagem) e remontagem;

- projeto para reuso e reciclagem (design for reuse and recycling): considerar possibilidades de reuso, reparo, recondicionamento, remanufatura, downcycling e destinação;
- projeto para a durabilidade (design for durability): especificação dos critérios para o prolongamento da vida útil e técnicas de manutenção e reparo para atingir maior vida útil sem impactos decorrentes do uso;
- impactos da economia circular (circular economy impacts): categoria utilizada para a inclusão de aspectos específicos para a economia circular e relevante para o setor de produtos, como social, ambiental, saúde e segurança.

A proposta da norma considera a definição de cadeia de custódia (ISO 22.095:2020), que consiste no processo por meio do qual as entradas, saídas e informações associadas são transferidas, monitoradas e controladas ao longo da cadeia de suprimentos. Essa definição contribui para a composição de um determinado produto e permite, por exemplo, a identificação da presença de substâncias potencialmente perigosas. Assim, pode-se afirmar que o acompanhamento e registro das informações, a partir da cadeia de custódia, possibilitaria a identificação dos riscos associados a determinado produto ou serviço.

A cadeia de custódia ainda pode contribuir para as métricas de circularidade, identificando, por exemplo, o conteúdo de material reciclável, ou reciclado, contido em determinado produto. Assim, pode-se identificar a correlação do conteúdo entre os grupos de trabalho WG3, WG5 e JWG14.

4.5 Sustentabilidade e gestão dos materiais secundários

Diferentes estudos científicos foram desenvolvidos nas últimas duas décadas sobre gestão de resíduos, evoluindo de técnicas de imobilização ou inertização de substâncias potencialmente poluentes (Qian *et al.*, 2001; Castaldi, 2005) para uma variedade de técnicas de recuperação e reaproveitamento de materiais secundários (Hoque *et al.*, 2011; Johnson, 2014; Potysz *et al.*, 2018).

A gestão dos materiais secundários foi um tema proposto desde as primeiras discussões para a estruturação dos princípios da economia circular. No entanto, a estruturação do grupo de trabalho se deu pela união de esforços de duas comissões técnicas com o estabelecimento do Joint Working Group 14 (JWG14). Esse grupo foi estruturado posteriormente à proposição das normas do TC 323, quando o comitê ISO estava propondo como terminologia os recursos recuperados, já incluindo os materiais secundários. Ainda assim, foi formado o grupo de trabalho com a proposta de considerar otimizar os esforços nas discussões da temática.

Assim, o grupo de trabalho resultou de discussões originadas no TC 207 sobre gestão ambiental e faz parte do escopo da avaliação do ciclo de vida (ISO/TC 207/SC 5), além de ter contribuído com as propostas apresentadas inicialmente no TC 323. Inspirada, em parte, na norma ISO IWA 19:2017 (ISO, 2017) sobre metais secundários, a elaboração da norma nº 59.014 tem como objetivo a estruturação dos requisitos para a recuperação de valor a partir de materiais considerados secundários em razão da sua origem. Dessa maneira, são

consideradas diferentes categorias de materiais com potencial de recuperação por meio de diferentes ações de circularidade.

A norma apresenta algumas temáticas inovadoras que contribuem para os princípios da circularidade. Uma das mais importantes é o entendimento de organizações que não se limitam a entidades empresariais, mas também compreendem associações, cooperativas e pessoas físicas, como agentes atuantes na gestão e fornecedores de materiais secundários. Ainda são propostos conceitos como técnicas destrutivas e não destrutivas, considerando a recuperação de materiais ou produtos e componentes respectivamente. A questão da subsistência é apresentada com o propósito de incluir os agentes que atuam na informalidade, com a perspectiva de minimizar a incerteza e proporcionar rastreabilidade ao sistema.

No âmbito do JWG14, foi estabelecido que não são consideradas as formas de recuperação energética no escopo da norma nº 59.014, que tece sobre os recursos secundários. Aliás, a temática de resíduos para a geração de energia (do inglês, *waste to energy*), é um dos temas amplamente discutidos nos diferentes grupos de trabalho que compõem o TC 323 e, apesar de não pertencer ao escopo da norma nº 59.014, há a tendência de inclusão da recuperação energética como mecanismo para a circularidade.

4.6 Considerações finais

Este capítulo teve como objetivo a abordagem da participação da delegação brasileira na elaboração das normas que compõem o TC 323, considerando este o fórum que resultará nas bases para o fortalecimento das ações pautadas no desenvolvimento sustentável e que também irão nortear as próximas iniciativas rumo à transição para a economia circular.

Cabe ressaltar que, conceitualmente, a economia circular prioriza os conteúdos e práticas sociais e ambientais por meio da economia. Assim, o estabelecimento de definições e, principalmente, estruturas e métricas para a economia circular são fundamentais para a transição pretendida.

O Brasil tem ocupado posição de destaque na condução do WG1, contribuindo para a estruturação de termos e definições para a economia circular. A atuação da equipe brasileira ainda se faz presente em todos os outros grupos de trabalho de forma a possibilitar tanto o alinhamento das abordagens como a disseminação dos conteúdos em harmonia com as práticas organizacionais.

A definição consensualizada para organizações a partir do TC 323 é bastante abrangente, permitindo a inclusão tanto das empresas quanto de organizações sociais e pessoas físicas envolvidas nos segmentos contemplados pelas normas em elaboração. Isso posto, a visibilidade de perfil colaborativo dos agentes tende a fortalecer os princípios de circularidade entre os diferentes setores e, da mesma forma, viabilizar ferramentas de rastreabilidade com foco no desenvolvimento sustentável.

A delegação brasileira teve o reconhecimento de sua atuação em diferentes momentos e foram destacados alguns pontos de contribuição na elaboração das normas como, por

exemplo, no alinhamento com representantes atuantes em todos os grupos de trabalho; a proposição de terminologias como técnicas destrutivas e não destrutivas, abrindo oportunidades para a recuperação de valor a partir do reuso ou recuperação de recursos materiais ou energéticos, entre outras.

O entendimento de que estabelecer quais seriam os exemplos de processos e produtos circulares ou não circulares estaria para além do escopo das normas que compõem o conjunto do TC 323 foi consensual na última plenária realizada em Kigali em outubro de 2022. No entanto, alguns pontos ainda seguem para acompanhamento, estruturação ou definição tendo como base os grupos de trabalho, como:

- alinhamento e harmonização das terminologias e conceitos;
- definição das interações entre os grupos de trabalho;
- estruturação de métricas para a mensuração da circularidade;
- definição do escopo das normas e reforço do status de transição para a economia circular;
- abrangência e estruturação das cadeias para recuperação dos materiais secundários;
- importância e potencial dos recursos energéticos na transição para a economia circular.

A colaboração entre os diversos atores da economia constrói capacidade para superar os desafios de investimentos necessários, infraestrutura e logística, soluções tecnológicas, inovações, novos modelos de negócio, engajamento do consumidor e potencializar o fluxo dos materiais. Todos esses passos de implementação, inclusive a consolidação e transformação das redes de valor, devem considerar os princípios da economia. Dessa forma, cada organização com sua autonomia, desenhará sua estratégia de implementação, mas baseadas em princípios comuns, fazendo com que a união dos esforços contribua para a transição para uma economia circular global.

Essa abordagem de transição é outro tema que vem sendo defendido e incorporado na norma pela delegação brasileira. Para além do consenso sobre economia circular e o cenário que se almeja chegar com a implementação da economia circular, é importante dar diretrizes para as organizações de como traçar esse caminho, incentivar a adoção de práticas, ainda que de forma gradual, o estabelecimento de parcerias para novas possibilidades, como já abordado anteriormente, de forma que todos consigam se engajar e contribuir. Uma abordagem disruptiva entre um modelo linear e um modelo circular, desconectado das atuais realidades do mercado e dos passivos com os quais ainda é preciso lidar produziria um texto, conceitualmente relevante, mas impraticável para diversas organizações, em diversos locais. Deve-se ter um cuidado especial com pequenos negócios, elos relevantes e fundamentais das cadeias e redes de valor tão discutidas no âmbito do Comitê e peças-chave para esse processo.

Se, por um lado, para pequenas e médias organizações a capacidade de inovação e adaptação é facilitada por suas estruturas reduzidas e seu tempo de resposta a tendências é mais ágil, a necessidade de apoio e sua capacidade de influência precisam ser consideradas.

Apesar das limitações impostas pela pandemia e da diversidade cultural, econômica e geográfica inerente aos experts que representam os países participantes, verifica-se um saldo bastante positivo para a estruturação dos princípios da economia circular, abordagens

práticas, métricas para a mensuração da circularidade e melhor compreensão dos recursos secundários, das cadeias produtivas e organizações envolvidas. Pode-se afirmar, portanto, que a transição para uma economia circular tem exigido esforços multilaterais no sentido do estabelecimento de consenso entre as partes envolvidas, superando limitações geopolíticas e aderentes ao conceito de sustentabilidade global.

Referências

- AFNOR (Association Française de Normalisation). Norme XP X30-901: Économie circulaire – Système de management de projet d'économie circulaire – Exigences et lignes directrices. Paris: AFNOR, out. 2018. Disponível em: <https://www.boutique.afnor.org/fr-fr/norme/xp-x30-901/economie-circulaire-systeme-de-management-de-projet-deconomie-circulaire-ex/fa194960/1759>. Acesso em: 20/01/2025.
- BRASIL. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), 2018. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm. Acesso em: 8 maio 2023.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION (BSI). BS 8001:2017 – Framework for implementing the principles of the circular economy in organizations: guide. London: British Standards Institution, 2017. ISBN 978-0-580-92644-0.
- CASTALDI, Paola; SANTONA, Laura; MELIS, Pietro. Heavy metal immobilization by chemical amendments in a polluted soil and influence on white lupin growth. *Chemosphere*, v. 60, n. 3, p. 365-371, 2005.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). Economia circular: oportunidades e desafios para a indústria brasileira. *Confederação Nacional da Indústria*, p. 64, 2018. Disponível em: [https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2018/4/economia-circular-oportunidades-e-desafios-para-industria-brasileira%20](https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2018/4/economia-circular-oportunidades-e-desafios-para-industria-brasileira/#economia-circular-oportunidades-e-desafios-para-a-industria-brasileira%20). Acesso em: 8 maio 2023.
- HOQUE, Enamul; PHILIP, Obbard. Biotechnological recovery of heavy metals from secondary sources—an overview. *Materials Science Engineering: C*, v. 31, n. 2, p. 57-66, 2011.
- ISO, IWA 19: 2017. Guidance principles for the sustainable management of secondary metals, 2017. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/69354.html>. Acesso em: 8 maio 2023.
- ISO 22.095:2020. Chain of custody – General terminology and models, 2020. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/72532.html>. Acesso em: 8 maio 2023.
- ISO 59004:2024. Circular economy – Vocabulary, principles and guidance for implementation. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/80648.html>. Acesso em: 20 fev. 2024.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). ISO 59010:2024 – Circular economy — Guidance on the transition of business models and value networks. Genebra: ISO, May 2024. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/80649.html>. Acesso em: 20/03/2025.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). ISO 59014:2024 — Environmental management and circular economy — Sustainability and traceability of the recovery of secondary materials — Principles, requirements and guidance. Geneva: ISO, Oct. 2024. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/80694.html>. Acesso em: 25/01/2025.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). ISO 59020:2024 – Circular economy — Measuring and assessing circularity performance. Geneva: ISO, May 2024. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/80650.html>. Acesso em: 20/03/2025.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). ISO 59040:2025 – Circular economy — Product circularity data sheet. Geneva: ISO, 2025. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/xxxxxx.html>. Acesso em: 25/03/2025.

JOHNSON, David Berrie. Biomining: biotechnologies for extracting and recovering metals from ores and waste materials. *Current Opinion in Biotechnology*, v. 30, p. 24-31, 2014.

KHAJURIA, Anupam; ATIENZA, Vella A.; CHAVANICH, Suchana; HENNING, Wilts; ISLAM, Islam; KRAL, Ulrich; LIU, Meng; LIU, Xiao; MURTHY, Indu K.; OYEDOTUN, Temitope D. Timothy; VERNA, Prabhat; XU, Guochang; ZENG, Xianlai; LI, Jinhui. Accelerating circular economy solutions to achieve the 2030 agenda for sustainable development goals. *Circular Economy*, v. 1, 2022.

KIRCHHERR, Julian; REIKE, Denise; HEKKERT, Marko. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 127, p. 221-232, 2017.

MCKINSEY & COMPANY. Mapping the benefits of a circular economy. June 2017. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/.../mapping-the-benefits-of-a-circular-economy>. Acesso em: 13/02/2025.

POTYSZ, Anna; VAN HULLEBUSCH, Erick D.; KIERCZAK, Jakub. Perspectives regarding the use of metallurgical slags as secondary metal resources: a review of bioleaching approaches. *Journal of Environmental Management*, v. 219, p. 138-152, 2018.

QIAN, Guangren; SUN, Darren Delai; TAY, Joo Hwa. New aluminium-rich alkali slag matrix with clay minerals for immobilizing simulated radioactive Sr and Cs waste. *Journal of nuclear materials*, v. 299, n. 3, p. 199-204, 2001.

REIKE, Denise; VERMEULEN, Walter; WITJES, Sjors. The circular economy: new or refurbished as ce 3.0?: exploring controversies in the conceptualization of the circular economy through a focus on history and resource value retention options. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 135, p. 246-264, 2018.

TRIVYZA, Nikoletta L.; RENTIZELAS, Athanasios; OSWALD, Sarah; SIEGL, Stephan. Designing reverse supply networks for carbon fibres: Enabling cross-sectoral circular economy pathways. *Journal of Cleaner Production*, v. 372, 2022.

Consumo sustentável no contexto da economia circular

Silvana Saionara Gollo
Solange Alfinito
Eluiza Alberto de Moraes Watanabe

Introdução

A economia mundial tem sido construída com base em um modelo linear de negócios, que se fundamenta na extração, transformação, consumo e descarte de produtos. Esse modelo não considera que os recursos naturais são finitos e que sua extração e utilização aumentam o consumo de energia e as emissões de CO₂, gerando um impacto significativo no meio ambiente.

Nesse contexto, os atuais padrões de consumo são insustentáveis, visto que o consumo excessivo de matérias-primas e energia resulta na geração de grandes quantidades de resíduos perigosos, em um ritmo insustentável (Bengtsson *et al.*, 2018; Lorek; Vergragt, 2015; Reisch; Thøgersen, 2015). Atrelado a isso, há indícios de que esses padrões de consumo contribuem para o aumento das desigualdades sociais (Vergragt, 2013). Segundo Thøgersen (2014), o modo de vida dominante não se sustenta mais e as atividades de indivíduos e famílias respondem, direta ou indiretamente, a uma grande e crescente parcela de impactos ambientais relacionados à estrutura e ao nível de consumo.

Algumas projeções apontam a incompatibilidade e a indisponibilidade de recursos naturais para as próximas gerações, o que endossa os fatos apresentados acima. O sexto relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) – Mudança Climática 2022: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade indica que há uma emergência planetária que é constituída pela tríade mudança climática, perda da biodiversidade e poluição, que ameaçam o bem-estar e a sobrevivência de milhões de pessoas em todo o mundo e colocam em risco os objetivos de desenvolvimento sustentável. Ademais, o custo para manter o modo de vida atual tem levado ao esgotamento de recursos renováveis, impedindo a regeneração

dos ecossistemas a tempo de atender às crescentes demandas (ONU, 2022). No entanto, há estimativas de que mudanças no estilo de vida e a adoção de comportamentos sustentáveis podem reduzir as emissões de gás carbônico em 40% a 70% até 2050 (ONU, 2022).

Esses dados nos oferecem indicativos de que o atual modelo linear de produção e consumo precisa ser repensado em escala global para dar espaço a novos modelos que promovam o equilíbrio entre o sistema econômico, a sociedade e o meio ambiente. Nesse contexto, surge o consumo sustentável (CS) e a economia circular (EC), com proposições mais sistêmicas e transformacionais, capazes de gerar mudanças nos sistemas de produção e no comportamento de consumo. O CS tem como premissa o uso de bens e serviços que minimizem o consumo de recursos naturais, materiais tóxicos, emissões de resíduos e poluentes ao longo do ciclo de vida dos produtos, sem colocar em risco as necessidades das gerações futuras (ONU, 1994).

Promover o consumo sustentável exige uma visão multidisciplinar do consumo, que envolve as dimensões da sustentabilidade (ambiental, social e econômica) em diferentes fases de consumo (aquisição, uso e descarte), aplicado a diferentes áreas (alimentação, vestuário, energia, mobilidade, habitação, dentre outras) (Fischer; Boehme; Geiger, 2017; Geiger; Fischer; Schrader, 2018; Piligrimiene *et al.*, 2021; Prothero *et al.*, 2011), bem como seus impactos sobre a sociedade atual e futura (Thøgersen; Ölander, 2002). Por sua vez, a EC visa difundir a ideia de que todos os materiais devem ser devolvidos ao ciclo produtivo, por meio da reutilização, redução e reciclagem de produtos (Bjornbet *et al.*, 2021; Camacho-Otero; Boks; Pettersen, 2018; Kirchherr; Reike; Hekkert, 2017).

A economia circular e o consumo sustentável estão ganhando cada vez mais atenção entre empresas, formuladores de políticas públicas e academia. Embora estudos relacionados a esses conceitos tenham crescido ao longo das últimas décadas, poucas pesquisas investigaram as ligações entre esses dois campos, em especial, o papel do CS na EC (Georgantzis Garcia *et al.*, 2021). Em vista disso, este capítulo tem como objetivo apresentar conceitos e dimensões teóricas de CS e EC, contextualizar a interligação entre os dois campos e enumerar perspectivas para promover o CS no contexto da EC.

O capítulo está estruturado em três seções: *i)* Consumo sustentável e economia circular: breve contextualização; *ii)* Interligações entre consumo sustentável e economia circular; e *iii)* Perspectivas para a promoção do consumo sustentável no contexto de economia circular.

5.1 Consumo sustentável e economia circular: uma breve contextualização

5.1.2 Consumo sustentável

A partir da Rio 92, com a elaboração da Agenda 21, o tema “impacto ambiental do consumo” surgiu como uma das questões de política ambiental relacionada às propostas de sustentabilidade, evidenciando que estilos de vida baseados no uso intensivo de recursos não renováveis contribuem para a degradação e agravamento da crise ambiental (ONU, 1992). Desde

então, o termo “consumo sustentável” tem desempenhado um papel proeminente na formulação e implementação de políticas para o desenvolvimento sustentável (Akenji; Bengtsson, 2014).

Os debates sobre a necessidade de mudanças para o consumo e a produção sustentáveis culminaram, em 2015, com a edição da Agenda 2030, que destaca 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), dentre os quais o ODS 12 é dedicado a “assegurar padrões de produção e consumo sustentáveis” (ONU, 2015) e apresenta, em seu preâmbulo, a necessidade de:

[...] 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 (ONU, p. 2, 2015).

A crescente preocupação mundial sobre sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, e necessidade de alternativas para a melhoria da qualidade ambiental e social do planeta, o CS tem recebido ampla cobertura na literatura acadêmica, em diversas áreas de pesquisa (Pepper; Jackson; Uzzell, 2009) as quais possuem foco no comportamento do consumidor, nas questões ambientais, bem como na economia e psicologia. Entretanto, outras disciplinas e campos de pesquisa também têm contribuído para o avanço da área, como a sociologia ambiental, economia comportamental, ciências políticas, filosofia e marketing sustentável (Reisch; Thøgersen, 2015). As pesquisas indicam que o consumo sustentável tem sido entendido como um desafio sistêmico, que demanda visões interdisciplinares e transdisciplinares. O consumo, neste contexto, é visto como parte de um sistema mais amplo de investimento, produção, comercialização, consumo e descarte, abrangendo aspectos materiais, econômicos, culturais, institucionais e de poder (Lorek; Vergragt, 2015).

O consumo sustentável foi definido pela Organização das Nações Unidas (1992) como o uso de bens e serviços que respondem às necessidades básicas e trazem melhores padrões de qualidade de vida, minimizando o uso de recursos naturais, materiais tóxicos, emissões de resíduos e poluentes ao longo do ciclo de vida dos produtos, de modo a não pôr em risco as necessidades das gerações futuras. Outros conceitos têm sido propostos, com ênfase em atos individuais, que visam satisfazer as necessidades humanas, por meio da aquisição, uso e disposição de produtos e serviços, com vista a não comprometer as condições ecológicas e socioeconômicas (Geiger; Fischer; Schrader, 2018), além de ações que resultam na diminuição dos impactos ambientais e na utilização dos recursos naturais ao longo do ciclo de vida dos produtos, comportamentos ou serviços (White; Habib; Hardisty, 2019).

Logo, as pesquisas desenvolvidas em CS visam compreender e promover comportamentos de consumo que conduzam ao desenvolvimento sustentável, analisando diferentes dimensões da sustentabilidade, áreas e fases de consumo (Banyte *et al.*, 2020; Geiger; Fischer; Schrader, 2018; Piligrimiene *et al.*, 2020; Thøgersen; Alfinito, 2020; Watanabe; Alfinito; Barbirato, 2021).

Quatro aspectos têm sido considerados em pesquisas para entender o CS, são eles: *i)* dimensões da sustentabilidade: compreendem os aspectos ambiental, social e econômico; *ii)* fases de consumo: compreendem as fases de aquisição, uso e descarte de bens e serviços; *iii)*

áreas de consumo: alimentação, vestuário, mobilidade, energia, habitação, local de trabalho etc.; iv) fatores de impacto: estrutura comportamental e escalas de medição, as quais têm se concentrado nos comportamentos ecologicamente e socialmente mais impactantes para capturar a essência do consumo sustentável (Geiger; Fischer; Schrader, 2018).

Em relação à dimensão da sustentabilidade, as pesquisas em CS se debruçam mais na dimensão ambiental (Hosta; Zabkar, 2021). Elas envolvem os estudos de diferentes aspectos, como cidadania ecológica (Seyfang, 2006), comportamentos pró-ambientais e auto-identidade (Dermody *et al.*, 2018), amor pela natureza, compras verdes, reutilização e reciclagem (Dong *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2021). Outros estudos exploram a relação entre preocupações ambientais e o comportamento de escolha do consumidor na compra de produtos verdes, examinando a influência dos valores de consumo no comportamento sustentável (Biswas; Roy, 2015). Outras pesquisas abordam fatores que influenciam o CS, incluindo intenção comportamental, conhecimento ambiental, controle comportamental percebido, eficácia de resposta e sensibilidade ambiental (Wang; Liu; Qi, 2014).

Alguns estudos em CS também têm analisado o tema em diferentes áreas de consumo, tais como alimentos e produtos orgânicos (Danner; Thøgersen, 2021; Thøgersen; Alfinito, 2020; Watanabe; Alfinito; Barbirato, 2021), café ecológico (Sorqvist *et al.*, 2013), roupas e moda (Mcneill; Venter, 2019), energia, mobilidade e habitação (Zhang *et al.*, 2018), eficiência energética (Hosta *et al.*, 2021), produtos cosméticos (Quoquab; Mohammad, 2020), gestão hoteleira verde (Chung, 2020). Da mesma forma, tem sido investigado os efeitos do *mindfulness* no CS nas áreas de nutrição e vestuário (Böhme *et al.*, 2018), bem como as evidências sobre a eficiência dos *nudges* em três domínios de consumo ambientalmente relevantes: energia, alimentos e transporte (Lehner; Mont; Heiskanen, 2016). Pesquisadores do CS também se referem às diferentes fases de consumo. Por exemplo, Piligrimiene *et al.* (2021) pesquisaram padrões de consumo sustentáveis dos consumidores na Lituânia, nas configurações casa e trabalho, com análise de três fases de consumo: aquisição, uso e descarte de produtos.

Além dessas pesquisas sobre CS, também há aquelas que abordam os fatores que influenciam na atitude e intenção de compra dos consumidores de produtos sustentáveis (Cornelissen *et al.*, 2008; Panzone *et al.*, 2016; Wang, 2017). Dentre os fatores ligados ao indivíduo, estão o gênero, idade, personalidade (Luchs; Mooradian, 2012; Panzone *et al.*, 2016), conhecimento do consumidor (Kim; Yun; Lee, 2014), espiritualidade e religiosidade (Lee *et al.*, 2016), valores e crenças (Biswas; Roy, 2015; Sharma; Jha, 2017), emoções (Froehlich *et al.*, 2013; Wang; WU, 2016), *self-identity*, *self-determination*, *self-concept* (Dermody *et al.*, 2015, 2018; Mcneill; Venter, 2019), *mindfulness* (Böhme *et al.*, 2018; Fischer *et al.*, 2017; Geiger *et al.*, 2020).

Outras relatam o CS ligado aos aspectos do contexto externo, focando em normas sociais (White; Simpson, 2013), influência social (Lazaric *et al.*, 2020), aprendizado social (Sharma; Rani, 2016), rotulagem (Huang *et al.*, 2021; Sorqvist *et al.*, 2013), marcas (Ulusoy; Barretta, 2016), comunicação, informação e internet (Toelkes, 2018; Wang; Hao, 2018), governança (Wang, 2017) e economia compartilhada (Wang *et al.*, 2019; WU; Zeng; Xie, 2017).

Os resultados dessas pesquisas apontam que o CS é um tema multidimensional e multinível, influenciado por diferentes variáveis (Milfont; Markowitz, 2016). Assim, para compreender o CS, é preciso avaliar as dimensões ambiental, social e econômica. Ademais, as atitudes e intenções dos consumidores em relação ao CS podem ser influenciadas por diferentes variáveis individuais (nível micro) e de contexto externo (níveis meso e macro).

5.1.2 *Economia circular*

A economia circular vem recebendo cada vez mais atenção em todo o mundo, como forma de superar os atuais modelos lineares de produção e consumo, baseados no crescimento contínuo e no aumento do rendimento de recursos (Murray; Skene; Haynes, 2017). Para Ellen MacArthur Foundation (2013), a base do crescimento econômico está na reutilização de grandes quantidades de materiais recuperados de produtos que chegaram ao fim de suas vidas úteis, e não na extração de novos recursos. Esse pensamento é consistente com a EC, entendida como uma economia industrial que é restaurativa por intenção, visando a utilização de energia renovável, rastreamento, eliminação de produtos químicos tóxicos e erradicação de desperdícios, por meio de um design bem projetado. Nessa concepção, o conceito “fim de vida dos produtos”, oriundo da economia linear, é substituído por novos fluxos circulares de reutilização, desmontagem, restauração, recuperação e renovação, num processo integrado, restaurador e regenerativo, promovendo a dissociação entre crescimento econômico e aumento no consumo de recursos.

Segundo a Comissão Europeia (2014) a EC pode ser definida como “um sistema econômico que mantenha o valor agregado nos produtos pelo maior tempo possível e elimine o desperdício”. Diferentemente da economia linear, onde há um processo linear de entrada de matéria-prima, produção, uso e descarte de produtos ao fim de sua vida útil, a EC traz uma mudança fundamental para o padrão tradicional de crescimento econômico e dos negócios através da coordenação de sistemas de produção e consumo em circuitos fechados, para reduzir, reutilizar e reciclar recursos no processo de produção, distribuição e consumo (Shao *et al.*, 2020). Na EC (figura 5.1), o processo circular inicia-se com a concepção e desenho de um produto ou processo, utilizando matéria-prima reciclada, e desenvolve-se através de ciclos de produção, manufatura, distribuição, consumo (uso, reuso, reparo), coleta e reciclagem. Finalizando o ciclo, os produtos tornam-se resíduos, ou seja, novas matérias-primas a serem utilizadas em novos produtos.

Figura 5.1: Economia circular



Fonte: Adaptado da Comissão Europeia (2014).

Na EC, a entrada e o desperdício de recursos, a emissão e o vazamento de energia são minimizados pela desaceleração, fechamento e estreitamento dos ciclos de materiais e energias, o que é possível por meio dos processos de criação de design duradouro, produção, reutilização, remanufatura, reforma e reciclagem (Geissdoerfer *et al.*, 2017). Nessa perspectiva, novos produtos e serviços são desenvolvidos em sistemas restauradores e regenerativos, economicamente viáveis e ecologicamente eficientes. Estudos acerca da EC raramente vinculam as atividades a benefícios econômicos, especialmente porque lidam com a otimização no uso de recursos, minimizando o desperdício, emissões, vazamento de energia e entrada de recursos, enquanto maximiza a saída do produto por meio do fechamento de loops e aplicação de ecoprojeto, reutilização, remanufatura, reforma e reciclagem (Tseng *et al.*, 2020). Assim, o processo circular materializa-se pela minimização de extração de recursos, reutilização de materiais, aumento da eficiência, desenvolvimento de novos modelos de negócios, produção e consumo sustentável. Com base nessas características do processo, a economia circular é entendida como a

redução, reutilização, reciclagem e recuperação de materiais nos processos de produção, distribuição e consumo, no nível micro (produtos, empresas, consumidores), nível meso (parques ecoindustriais) e nível macro (cidade, região, nação), com o objetivo de alcançar o desenvolvimento sustentável, o que implica criar qualidade ambiental, prosperidade econômica e equidade social, em benefício das gerações atuais e futuras (Kirschherr; Reike; Hekkert, 2017, p. 224-225).

Esse modelo de economia é sustentado por uma transição para energias e materiais renováveis, dissociando a atividade econômica do consumo de recursos finitos. Isso permite separar a criação de valor da geração de resíduos e uso de recursos, transformando radicalmente os sistemas de produção e consumo (Camacho-Otero; Boks; Pettersen, 2018). Assim, a EC implica a adoção de padrões de produção mais limpos em nível de empresa, aumento da responsabilidade e consciência dos produtores e consumidores, uso de materiais e tecnologias renováveis e adoção de políticas públicas que promovam o desenvolvimento sustentável. Com isso, a EC permite aumentar a eficiência no uso de recursos, com foco especial nos resíduos urbanos e industriais, para alcançar um melhor equilíbrio e harmonia entre economia, meio ambiente e sociedade. O objetivo final da promoção desse modelo circular é dissociar a pressão ambiental do crescimento econômico (Ghisellini; Cialani; Ulgiati, 2016).

5.2 Interligações entre os campos do consumo sustentável e da economia circular

A EC está ganhando cada vez mais atenção de empresas, formuladores de políticas e academia. Apesar de estudos crescentes nesse campo, o papel do CS na EC continua sendo um tema pouco pesquisado (Garcia *et al.*, 2021). Neste tópico, estão presentes algumas pesquisas que abordam os dois conceitos no sentido de elucidar suas interrelações.

O estudo de Camacho-Otero, Boks e Petterson (2018) mostrou que a maior parte da literatura existente sobre EC tem se concentrado na identificação de fatores que impulsionam ou dificultam o consumo de soluções circulares. Os autores identificam também um fenômeno ainda pequeno, mas em expansão, concentrado em oferecer *insights* sobre a natureza, o significado e a dinâmica do consumo. Eles apontam que, no contexto da EC, o consumo é anônimo, conectado, político, incerto e baseado em múltiplos valores, não apenas na utilidade dos produtos. Garcia *et al.* (2021) identificaram o CS como um dos fundamentos de nível micro da EC e apontaram dois elementos que são particularmente relevantes para as considerações sobre o consumo. O primeiro relaciona-se à ordem hierárquica das estratégias de circularidade apresentadas na definição de EC proposta por Kirchherr, Reijke e Hekkert (2017, p. 224-225), o que significa que a estratégia de redução deve ser preferida à reutilização e, assim, sucessivamente, às demais estratégias. O segundo elemento refere-se aos objetivos dessas estratégias, uma vez que os processos circulares somente serão efetivos se contribuírem para o desenvolvimento sustentável, em todas as suas dimensões (ambiental, social e econômica).

As atividades, decisões e comportamentos dos consumidores que seguem os princípios da EC denominam-se como “sistema de consumo circular” (Gomes; Moreira; Ometto, 2022). Nesse sistema, os consumidores atendem suas necessidades por meio de processos transacionais circulares da pré-aquisição, aquisição, pós-aquisição, pré-utilização, utilização e pós-utilização. Tais processos são entendidos como uma sequência de ações únicas e consecutivas realizadas ao longo de uma oferta circular e dirigidas por um comportamento

humano em resposta a estímulos externos ou internos (Muranko *et al.*, 2020). Quando tais estímulos estão centrados na obtenção de eficiência econômica, ambiental e social dos recursos, pode-se vislumbrar um comportamento de consumo circular sustentável.

É importante salientar que os sistemas de comportamentos circulares de consumo podem ocorrer em diversos estágios do processo de consumo (pré-aquisição, aquisição, uso e pós-uso) (Mukanko *et al.*, 2020). Com isso, a postura dos consumidores pode envolver diversas iniciativas circulares, tais como: favorecer a aquisição e uso de produtos circulares (que adotam a EC em sua cadeia, por exemplo); favorecer o acesso ao produto ao invés da propriedade (como a economia compartilhada); valorizar produtos com materiais que recirculam (como os recicláveis); resistir a obsolescência dos produtos (aumentar o ciclo de vida do produto fazendo sua manutenção e reparo, por exemplo); e valorizar produtos multifuncionais (que possuem mais de uma utilidade ou aplicação).

Os estudos permitem inferir que o CS possui relação com a EC, uma vez que as estratégias de reduzir, reutilizar, reciclar e recuperar produtos são essenciais para ambos os campos de estudo. Essa relação evidencia que o CS somente se efetiva se os consumidores tiverem atitudes e intenções de compra e consumo mais sustentáveis, envolvendo a redução no consumo de produtos e ações de reutilização, reciclagem e recuperação de produtos. Dessa forma, é evidente como as práticas de circularidade no CS podem contribuir para o avanço da EC e para o desenvolvimento sustentável.

5.3 Perspectivas para a promoção do consumo sustentável no contexto de economia circular

Na economia circular, o consumo sustentável é viável e também promissor se houver mudanças nos padrões de consumo e produção promovidos pela sociedade e governos. Para tanto, faz-se necessário um processo sistêmico de atividades socioambientais e econômicas, impulsionado pela aprendizagem sobre sustentabilidade, o que requer a participação ativa de pessoas e instituições de todas as esferas da vida.

No âmbito mundial, as iniciativas da União Europeia têm apontado um conjunto de políticas destinadas ao consumo e à produção sustentáveis. Tais iniciativas destinam-se a melhorar o desempenho ambiental global dos produtos ao longo do ciclo de vida, estimular a procura de melhores produtos e tecnologias de produção e ajudar os consumidores a fazer escolhas mais informadas. No âmbito do Plano de Ação para a Economia Circular, elaborado pela Comissão Europeia em 2020, há um conjunto de iniciativas para promover o desenvolvimento de produtos, serviços e modelos de negócio sustentáveis e a transformação dos padrões de consumo, visando adequar os produtos a uma economia com impacto neutro no clima, eficiente em termos de recursos e de natureza circular, como forma de concretizar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável até 2030 (Comissão Europeia, 2020).

Pesquisas apontam a relevância do consumo sustentável e da economia circular (Camacho-Otero; Boks; Pettersen, 2018; Gomes; Moreira; Ometto, 2022; Marrucci; Daddi; Iraldo, 2019) e

indicam que o estímulo a comportamentos circulares de consumo pode ser a chave à promoção do CS e aos avanços em direção à EC. Para exemplificar, Gomes, Moreira e Ometto (2022) identificaram 15 comportamentos, em diferentes estágios de consumo, que podem contribuir para esse processo. Dentre eles, pode-se citar: compra de produtos reciclados, remanufaturados ou recondicionados; maior cuidado e manutenção com os produtos; retorno dos produtos ao atingirem sua vida útil; separação de lixo; aquisição de produtos com certificação verde; reciclagem de produtos; reuso de produtos; compartilhamento de produtos e serviços; adoção de produtos e serviços orientados ao uso; descarte adequado dos produtos ou resíduos; redução do consumo; economia de água e energia; uso de refis; consumo de produtos locais e orgânicos.

Além dos comportamentos circulares mapeados, há evidências de que os consumidores com comportamentos circulares demonstram acessar e usar os recursos de novas maneiras. Outros exemplos para a adesão de comportamentos de consumo circular podem ser destacados a partir do estudo de Muranko *et al.* (2020), como: incentivar consumidores a reutilizar produtos ou aderir ao upcycling (reuso criativo trazendo uma função diferente ao produto do que aquela originalmente projetada, ou seja, ressignificar o produto).

Importante destacar também algumas práticas circulares que podem ser implementadas por empresas para promover o CS e a EC. Marrucci, Daddi e Iraldo (2019) demonstraram que a capacidade absorviva e as atividades organizacionais subjacentes de uma empresa facilitam significativamente a internalização e implementação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA), o que consequentemente melhora o desempenho geral das organizações e promove ações para transição à EC. Suas descobertas sugerem que as organizações devem se concentrar na aquisição, assimilação, transformação e exploração de conhecimentos para buscar oportunidades e agir de acordo com os objetivos da EC. Depois de definir tais objetivos, as organizações precisam alocar recursos econômicos, sociais e ambientais, fomentando a colaboração com os principais *stakeholders* e estabelecer estratégias de produção e consumo que visem promover o CS no contexto da EC.

Além dos comportamentos de consumo circulares mencionados acima, é possível listar algumas perspectivas para a promoção do CS no contexto da EC com base em planos de ações propostos em nível mundial e em pesquisas científicas destes dois campos de estudo:

- a. *Instituir o ecodesign e estimular estratégias para reduzir, reutilizar, reciclar e recuperar produtos:* o padrão “extrair, produzir, usar e descartar”, próprio da economia linear, não oferece incentivos suficientes aos produtores para que apostem na circularidade dos produtos. Muitos produtos estragam rapidamente e não podem ser facilmente reutilizados, recuperados ou reciclados. Para promover o CS no contexto da EC é preciso estabelecer princípios e estratégias de sustentabilidade que promovam, em primeiro lugar, a redução do consumo. Isso significa dizer que a estratégia de redução deve ser preferida à reutilização e assim sucessivamente às demais estratégias. No que se refere à concepção e ao design de produtos é preciso reduzir a presença de produtos químicos perigosos nos produtos e aumentar a eficiência energética. É fundamental também aumentar o teor de materiais reciclados

nos produtos, garantindo simultaneamente o seu desempenho e segurança; restringir a utilização única e combater a obsolescência prematura de produtos; estimular o uso de matérias-primas recicladas e promover a reciclagem de resíduos, bem como promover o desenvolvimento de embalagens recicláveis

- b. *Diminuir a pegada ecológica e de carbono:* a pegada ecológica representa um método comparativo entre o consumo e o fôlego ecológico do planeta. Empresas e consumidores podem contribuir com a diminuição da pegada ecológica através de ações simples, como: separar o lixo; priorizar a luz natural; utilizar mais o transporte coletivo; não adquirir animais silvestres; reduzir o uso do ar-condicionado; apagar a luz ao deixar o ambiente; acumular roupas para lavar e passar; diminuir o consumo de produtos industrializados; adquirir produtos que não agridam o meio ambiente; evitar o uso de mangueiras para lavar carro e/ou quintal; manter aparelhos eletrônicos fora da tomada quando não estiverem em uso, dentre outras ações.;
- c. *Conscientização e capacitação das empresas e consumidores:* as empresas e os consumidores são os principais atores da transição para uma EC. É necessário estabelecer uma maior ligação entre as decisões a montante e a jusante da cadeia de valor, para que os produtores, investidores, distribuidores e consumidores recebam informações e incentivos coerentes para garantir uma repartição equitativa dos custos e benefícios, através de ações sustentáveis. Esses stakeholders precisam ter acesso às informações sobre questões relacionadas à disponibilidade, durabilidade, uso mais racional e reparabilidade de produtos a fim de instrumentalizar-se para fazer escolhas sustentáveis.
- d. *Instituir rótulos ecológicos e rastreabilidade dos produtos:* visa incentivar as empresas a comercializarem produtos e serviços que cumpram determinados critérios ambientais. Ainda a etiquetagem deve fornecer informações essenciais que ajudem os consumidores a fazer escolhas mais informadas e conscientes sobre os produtos. Para o CS e a EC é preciso mobilizar o potencial da digitalização das informações sobre os produtos, incluindo rótulos e etiquetagem digitais e dados sobre rastreabilidades dos produtos.
- e. *Incentivar as indicações geográficas e certificações de origem de produtos locais sustentáveis:* definir formas especiais de proteção aos produtos que visem destacar suas características, através da identificação dos fatores naturais e humanos, em especial da terra e das práticas sustentáveis, pode ser uma estratégia para promover o CS, além de proporcionar o desenvolvimento da região em níveis circulares. Também, o selo de origem sustentável certifica e mostra para os consumidores e parceiros de negócios que a empresa faz parte da construção de uma cadeia produtiva mais sustentável.
- f. *Promover a mobilidade sustentável:* através de soluções colaborativas é possível otimizar as taxas de ocupação de veículos e o uso de combustíveis alternativos sustentáveis nos transportes, a fim de reduzir a poluição.

- g. Concentrar ações em setores estratégicos para a economia como: têxteis, plásticos, alimentos, embalagens, construção, eletrônica, baterias, veículos, no sentido de estimular a produção, o consumo e descarte dos produtos de forma sustentável.
- h. Garantir a diminuição e aproveitamento de resíduos: estimular ações voltadas à coleta seletiva e à reciclagem de resíduos, com vistas à produção de novos produtos.
- i. Instituir logística reversa: logística reversa é a área da logística que trata do fluxo físico de produtos, embalagens ou materiais, desde o ponto de consumo até o local de origem. Esse processo reverso pode contribuir para a redução de descarte em locais inapropriados e promover a circularidade dos produtos.
- j. Estimular contratos públicos ecológicos (CPE): o conceito de CPE tem sido reconhecido como uma ferramenta útil na aquisição de produtos e serviços ecológicos no mercado e na redução do impacto ambiental das atividades das autoridades públicas.
- k. Fomentar iniciativas legislativas em matéria de sustentabilidade dos produtos: a proposição de legislações sobre sustentabilidade dos produtos visa a transição para a economia circular, com impacto neutro no clima, eficiente em termos de recursos e de estratégias circulares, assegurando que o desempenho dos produtos em matéria de sustentabilidade se torne progressivamente a norma. Legislações para regulamentar matérias que visem melhorar a durabilidade e a possibilidade de remanufatura, reparabilidade e reutilização de produtos são fundamentais para a EC.

5.4 Considerações finais

Este capítulo teve como objetivo apresentar definições de consumo sustentável e economia circular, as relações entre os dois campos de estudo e enumerar perspectivas para promover esse modo de consumo no contexto do modelo circular. Na EC, os produtos são projetados para facilitar a reutilização, reforma, recuperação e reciclagem de materiais e energias, substituindo o conceito de fim de vida da economia linear por novos fluxos circulares de reutilização, restauração e renovação, num processo integrado, restaurador e regenerativo.

Nesse sentido, a EC é vista como um elemento-chave para promover a dissociação entre o crescimento econômico e aumento no consumo de recursos. O CS é visto, nesse contexto, como um elemento facilitador da EC, visto que as atitudes e intenções dos consumidores devem estar direcionadas à redução, reuso, reparação e reciclagem de produtos, no sentido contribuir para a melhoria da qualidade de vida no planeta, no momento atual e para as futuras gerações.

Os achados teóricos permitem apontar que, embora os temas consumo sustentável e economia circular sejam relevantes, poucos estudos têm investigado como um pode contribuir efetivamente no outro. Enfatiza-se que estão abertas oportunidades para mais pesquisas, principalmente no que diz respeito aos aspectos da dissociação entre intenção e comportamento para CS, com vistas a reduzir, reutilizar, reciclar e recuperar produtos, e estimular avanços para a EC. Futuros estudos podem contribuir para novos padrões de

comportamento, uma vez que o padrão extrair, produzir, usar e descartar, próprio da economia linear, está em completo desalinhamento com os princípios da EC.

Assim, recomenda-se que considerações teórico-práticas mobilizem novos conhecimentos para explorar as dimensões ambiental, social e econômica e as variáveis que as compõem, em seus diferentes níveis de análise (micro, meso e macro) e, também, desenvolvam novos modelos de comportamentos que valorizem as estratégias circulares (reduzir, reutilizar, reciclar e recuperar produtos). Igualmente, estudos de como os tópicos mencionados acima se relacionam com o CS e a EC e sobre o envolvimento colaborativo de diferentes *stakeholders* na fase de design do produto e de adoção de estratégias circulares seriam de particular interesse para ampliar o conhecimento do tema na área de gestão.

Agradecimentos

As autoras agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) e à Universidade de Brasília (UnB) pelo apoio institucional para a realização deste estudo.

Referências

- AKENJI, Lewis; BENGTSSON, Magnus. Making sustainable consumption and production the core of sustainable development goals. *Sustainability (Switzerland)*, v. 6, n. 2, p. 513-529, 2014.
- BANYTĘ, Jūratę; ŠALČIUVIENĖ, Laura; DOVALIENĖ, Aistė; PILIGRIMIENĖ, Žaneta; SROKA, Włodzimierz. Sustainable consumption behavior at home and in the workplace: Avenues for innovative solutions. *Sustainability (Switzerland)*, v. 12, n. 16, 2020.
- BENGTSSON, Magnus *et al.* Transforming systems of consumption and production for achieving the sustainable development goals: moving beyond efficiency. *Sustainability Science*, v. 13, n. 6, p. 1533-1547, 2018.
- BISWAS, A. A consumption value-gap analysis for sustainable consumption. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 24, n. 8, p. 7.714-7.725, 2017.
- BISWAS, Aindrila; ROY, Mousumi. Green products: an exploratory study on the consumer behaviour in emerging economies of the East. *Journal of Cleaner Production*, v. 87, n. 1, p. 463-468, 2015.
- BJORNBET, Marit Moe *et al.* Circular economy in manufacturing companies: A review of case study literature. *Journal of Cleaner Production*, v. 294, p. 126-268, 2021.
- BÖHME, Tina *et al.* Mindfulness training at school: Away to engage adolescents with sustainable consumption? *Sustainability (Switzerland)*, v. 10, n. 10, 2018.

CAMACHO-OTERO, Juana; BOKS, Casper; PETTERSEN, Ida N. Consumption in the circular economy: A literature review. *Sustainability (Switzerland)*, v. 10, n. 8, 2018.

COMISSÃO EUROPEIA. Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions. A new circular economy action plan for a cleaner and more competitive Europe, 2020. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2020%3A98%3AFIN>. Acesso em: 11 ago. 2022.

COMISSÃO EUROPEIA. Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions. Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe, 2014. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A52014DC0398>. Acesso em: 11 jan. 2022.

CHUNG, Kuo Cheng. Green marketing orientation: achieving sustainable development in green hotel management. *Journal of Hospitality Marketing and Management*, v. 29, n. 6, p. 722-738, 2020.

CORNELISSEN, Gert *et al.* Positive cueing: Promoting sustainable consumer behavior by cueing common environmental behaviors as environmental. *International Journal of Research in Marketing*, v. 25, n. 1, p. 46-55, 2008.

DANNER, Hannah; THØGERSEN, John. Does online chatter matter for consumer behaviour? A priming experiment on organic food. *International Journal of Consumer Studies*, v. 46, n. 3, p. 850-869, 2021.

DERMODY, Janine *et al.* Advancing sustainable consumption in the UK and China: the mediating effect of pro-environmental self-identity. *Journal of Marketing Management*, v. 31, n. 13-14, p. 1.472-1.502, 2015.

DERMODY, Janine *et al.* Appraising the influence of pro-environmental self-identity on sustainable consumption buying and curtailment in emerging markets: Evidence from China and Poland. *Journal of Business Research*, v. 86, p. 333-343, 2018.

DONG, Xuebing *et al.* Love of nature as a mediator between connectedness to nature and sustainable consumption behavior. *Journal of Cleaner Production*, v. 242, p. 118-451, 2020.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Towards the Circular Economy: Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition; v.1; Ellen MacArthur Foundation: Cowes, UK, 2013. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an>. Acesso em: 12 de julho de 2022.

FISCHER, Daniel *et al.* Mindfulness and sustainable consumption: A systematic literature review of research approaches and findings. *Journal of Cleaner Production*, v. 162, p. 544-558, 2017.

FISCHER, Daniel; BOEHME, Tina; GEIGER, Sonja Maria. Measuring young consumers' sustainable consumption behavior: development and validation of the YCSCB scale. *Young Consumers*, v. 18, n. 3, p. 312-326, 2017.

FROEHLICH, Gabriele; SELLMANN, Daniela; BOGNER, Franz X. The influence of situational emotions on the intention for sustainable consumer behaviour in a student-centred intervention. *Environmental Education Research*, v. 19, n. 6, p. 747-764, 2013.

GEIGER, Sonja M. et al. Meditating for the Planet: Effects of a mindfulness-based intervention on sustainable consumption behaviors. *Environment and Behavior*, v. 52, n. 9, p. 1.012-1.042, 2020.

GEIGER, Sonja Maria; FISCHER, Daniel; SCHRADER, Ulf. Measuring what matters in sustainable consumption: an integrative framework for the selection of relevant behaviors. *Sustainable Development*, v. 26, n. 1, p. 18-33, 2018.

GEISSDOERFER, Martin et al. The circular economy: a new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, v. 143, n. 1, p. 757-768, 2017.

GEORGANTZIS GARCIA, Dimitris et al. Consumption in the circular economy: learning from our mistakes. *Sustainability*, v. 13, n. 2, p. 601, 2021.

GEORGANTZIS GARCIA, Dimitris et al. Consumption in the Circular Economy: Learning from Our Mistakes. *Sustainability (Switzerland)*, v. 13, n. 2, p. 1-23, 2021.

GOMES, Giovana M.; MOREIRA, Natalia; OMETTO, Aldo R. Role of consumer mindsets, behaviour, and influencing factors in circular consumption systems: A systematic review. *Sustainable Production and Consumption*, v. 32, p. 1-14, 2022.

HOSTA, Maja et al. Adoption of energy-efficient home appliances: Extending the theory of planned behavior. *Sustainability (Switzerland)*, v. 13, n. 1, p. 1-23, 2021.

HOSTA, Maja; ZABKAR, Vesna. Antecedents of Environmentally and Socially Responsible Sustainable Consumer Behavior. *Journal of Business Ethics*, v. 171, n. 2, p. 273-293, 2021.

HUANG, Y. et al. Less is better: How nutrition and low-carbon labels jointly backfire on the evaluation of food products. *Nutrients*, v. 13, n. 4, 2021.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge; New York: Cambridge University Press, 2022. Edited by H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem & B. Rama. ISBN/DOI: 10.1017/9781009325844. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>. Acesso em: 10/01/2024.

KIM, Y.; YUN, S.; LEE, J. Can companies induce sustainable consumption? The impact of knowledge and social embeddedness on airline sustainability programs in the U.S. *Sustainability (Switzerland)*, v. 6, n. 6, p. 3.338-3.356, 2014.

KIRCHHERR, Julian; REIKE, Denise; HEKKERT, Marko. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 127, p. 221-232, 2017.

LAZARIC, Nathalie *et al.* Determinants of sustainable consumption in France: the importance of social influence and environmental values. *Journal of Evolutionary Economics*, v. 30, n. 5, p. 1.337-1.366, 2020.

LEE, David J. *et al.* Sustainable and non-sustainable consumer behavior in young adults. *Young Consumers*, v. 17, n. 1, p. 78-93, 2016.

LEHNER, Matthias; MONT, Oksana; HEISKANEN, Eva. Nudging: a promising tool for sustainable consumption behavior? *Journal of Cleaner Production*, v. 134, p. 166-177, 2016.

LIU, Wenling; OOSTERVEER, Peter; SPAARGAREN, Gert. Promoting sustainable consumption in China: a conceptual framework and research review. *Journal of Cleaner Production*, v. 134, p. 13-21, 2016.

LOREK, Sylvia; VERGRAGT, Philip J. Sustainable consumption as a systemic challenge: Inter and transdisciplinary research and research questions. *Handbook of Research on Sustainable Consumption*, p. 19-32, 2015.

LUCHS, M. G.; MOORADIAN, T. A. Sex, personality and sustainable consumer behavior: elucidating the gender effect. *Journal of Consumer Policy*, v. 35, n. 1, p-127-144, 2012.

MARRUCCI, Luca; DADDI, Tiberio; IRALDO, Fabio. The integration of a circular economy with sustainable consumption and production tools: systematic review and future research agenda. *Journal of Cleaner Production*, v. 240, p. 118-268, 2019.

MCNEILL, Lisa; VENTER, Brittany. Identity, self-concept and young women's engagement with collaborative, sustainable fashion consumption models. *International Journal of Consumer Studies*, v. 43, n. 4, p. 368-378, 2019.

MILFONT, Taciano L.; MARKOWITZ, Ezra. Sustainable consumer behavior: a multilevel perspective. *Current Opinion in Psychology*, v. 10, p. 112-117, 2016.

MURANKO, Žaneta *et al.* Behavior chaind in circular consumption systems: the reuse of FMCGs. IS4CE2020 Conference of the International Society for the Circular Economy, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/341993317_Behaviour_chains_in_circular_consumption_systems_the_reuse_of_FMCGs. Acesso em: 8 set. 2022.

MURRAY, Alan; SKENE, Keith; HAYNES, Kathryn. The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *Journal of Business Ethics*, v. 140, n. 3, p. 369-380, 2017.

Economia circular: conceitos, dimensões e abordagens

ONU. *Agenda 21*. Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente em Desenvolvimento, 1992. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global.html>. Acesso em: 5 maio 2022.

ONU. *Oslo Roundtable on Sustainable Production and Consumption*, 1994. Disponível em: <https://enb.iisd.org/consume/oslo004.html>. Acesso em: 25 mar. 2025.

ONU. *Agenda 30*, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 5 maio 2022.

ONU. Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) – Mudança Climática: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade, 2022. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/resources/relatorios/sexo-relatorio-de-avaliacao-do-ipcc-mudanca-climatica-2022>. Acesso em: 5 maio 2022.

PANZONE, Luca *et al.* Socio-demographics, implicit attitudes, explicit attitudes, and sustainable consumption in supermarket shopping. *Journal of Economic Psychology*, v. 55, p. 77-95, 2016.

PEATTIE, K. Green consumption: Behavior and Norms. *Annual Review of Environment and Resources*, v. 35, p. 195-228, 2010. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev-environ-032609-094328>. Acesso em: 15 set. 2022.

PEPPER, Miriam; JACKSON, Tim; UZZELL, David. An examination of the values that motivate socially conscious and frugal consumer behaviours. *International Journal of Consumer Studies*, v. 33, n. 2, p. 126-136, 2009.

PILIGRIMIENE, Žaneta *et al.* Internal and external determinants of consumer engagement in sustainable consumption. *Sustainability (Switzerland)*, v. 12, n. 4, 2020.

PILIGRIMIENE, Žaneta *et al.* Sustainable Consumption Patterns in Different Settings. *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics*, v. 32, n. 3, p. 278-291, 2021.

PROTHERO, Andrea *et al.* Sustainable consumption: Opportunities for consumer research and public policy. *Journal of Public Policy and Marketing*, v. 30, n. 1, p. 31-38, 2011.

QUOQUAB, F; MOHAMMAD, J. Cognitive, affective and conative domains of sustainable consumption: Scale development and validation using confirmatory composite analysis. *Sustainability (Switzerland)*, v. 12, n. 18, 2020.

REISCH, Lucia A.; THØGERSEN, John. Research on sustainable consumption: Introduction and overview. *Handbook of Research on Sustainable Consumption*, p. 1-16, 2015. Disponível em: <https://www.e-elgar.com/shop/usd/handbook-of-research-on-sustainable-consumption-9781783471263.html>. Acesso em: 2 out. 2021.

SEYFANG, Gill. Ecological citizenship and sustainable consumption: Examining local organic food networks. *Journal of Rural Studies*, v. 22, n. 4, p. 383–395, 2006.

SHAO, Jing *et al.* Circular business models generation for automobile remanufacturing industry in China Barriers and opportunities. *Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 32, n. 3, p. 542-571, 2020.

SHARMA, Rajt; HHA, Milthileshwar. Values influencing sustainable consumption behavior: exploring the contextual relationship. *Journal of Business Research*, v. 76, p. 77-88, 2017.

SHARMA, Meenaksgji; RANI, Leela. Social learning tools for environmentally sustainable consumption behavior in primary schools. *European Journal of Sustainable Development*, v. 5, n. 4, p. 187-202, 2016.

SORQVIST, Patrik *et al.* Who needs cream and sugar when there is eco-labeling? Taste and willingness to pay for eco-friendly coffee. *Plos One*, v. 8, n. 12, 2013.

THØGERSEN, John. Unsustainable consumption: basic causes and implications for policy. *European Psychologist*, v. 19, p. 84-95, 2014.

THØGERSEN, John; ALFINITO, Solange. Goal activation for sustainable consumer choices: a comparative study of Denmark and Brazil. *Journal of Consumer Behavior*, v. 19, n. 6, p. 556-559, 2020.

THØGERSEN, John; ÖLANDER, Folke. Human values and the emergence of a sustainable consumption pattern: A panel study. *Journal of Economic Psychology*, v. 23, n. 5, p. 605-630, 2002.

TOELKES, Christina. Sustainability communication in tourism: a literature review. *Tourism Management Perspectives*, v. 27, p. 10-21, 2018.

TSENG, Ming Long *et al.* Circular economy enables sustainable consumption and production in multi-level supply chain systems. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 154, p. 104-601, 2020.

ULUSOY, Emre; BARRETTA, Paul G. How green are you, really? Consumers' skepticism toward brands with green claims. *Journal of Global Responsibility*, v. 7, n. 1, p. 72-83, 2016.

VERGRAGT, Philip J. A possible way out of the combined economic-sustainability crisis. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, v. 6, p. 123-125, 2013.

WANG, Yang. Promoting sustainable consumption behaviors: the impacts of environmental attitudes and governance in a cross-national context. *Environment and Behavior*, v. 49, n. 10, p. 1.128-1.155, 2017.

WANG, Hong *et al.* The unexpected effect of frugality on green purchase intention. *Journal of Retailing and Consumer Services*, v. 59, p. 102-385, 2021.

WANG, Yonggui *et al.* Unraveling customer sustainable consumption behaviors in sharing economy: A socio-economic approach based on social exchange theory. *Journal of Cleaner Production*, v. 208, p. 869-879, 2019.

- WANG, Yan; HAO, Feng. Does Internet penetration encourage sustainable consumption? A cross-national analysis. *Sustainable Production and Consumption*, v. 16, p. 237-248, 2018.
- WANG, Ping; LIU, Qian; QI, Yu. Factors influencing sustainable consumption behaviors: A survey of the rural residents in China. *Journal of Cleaner Production*, v. 63, p. 152-165, 2014.
- WANG, Jianming; WU, Longchang. The impact of emotions on the intention of sustainable consumption choices: evidence from a big city in an emerging country. *Journal of Cleaner Production*, v. 126, p. 325-336, 2016.
- WATANABE, Eluiza Alberto de Moraes; ALFINITO, Solange; BARBIRATO, Luisa Lourenço. Certification label and fresh organic produce category in an emerging country: an experimental study on consumer trust and purchase intention. *British Food Journal*, v. 123, n. 6, p. 2.258-2.271, 2021.
- WHITE, Katherine; HABIB, Rishad; HARDISTY, David J. How to SHIFT consumer behaviors to be more sustainable: a literature review and guiding framework. *Journal of Marketing*, v. 83, n. 3, p. 22-49, 2019.
- WHITE, Katharine; SIMPSON, Bonnie. When do (and don't) normative appeals influence sustainable consumer behaviors. *Journal of Marketing*, v. 77, n. 2, p. 78-95, 2013.
- WU, Jiang; ZENG, Minne; XIE, Karen L. Chinese travelers' behavioral intentions toward room-sharing platforms: The influence of motivations, perceived trust, and past experience. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, v. 29, n. 10, p. 2.688-2.707, 2017.
- ZHANG, Cheng-Yao *et al.* Impact factors of household energy-saving behavior: an empirical study of Shandong Province in China. *Journal of Cleaner Production*, v. 185, p. 285-298, 2018.

Moda sustentável – desafios e barreiras para o avanço da economia circular

Leonice Troiani
Ana Cláudia Lara
Simone Sehnem

Introdução

A moda sustentável é um conceito que está sendo internalizado na elaboração de coleções (Claxton; Kent, 2020) para se alinhar às premissas da sustentabilidade (Amritha; Suresh, 2020) a fim de incluir seus pressupostos no setor da moda (Fung; Choi; Liu, 2020). Isso implica fabricar produtos que adotem como matéria-prima de base elementos que não prejudiquem o meio ambiente em seu sistema de produção (Kim *et al.*, 2020). Um exemplo é o algodão orgânico, cujo processo produtivo não usa agrotóxicos (Fifita *et al.*, 2020). Tampouco se recomenda as sementes transgênicas (Dissanayake; Perera, 2016). A moda sustentável procura gerar no cliente uma experiência de compra associada ao compromisso social e ambiental (Ertekin; Atik, 2020), une os pilares do consumo com consciência e o compromisso com a sociedade (Lee *et al.*, 2020). Um panorama elucidado pelo Serviço de Estudos do Parlamento Europeu (EPoS, sigla em inglês), dispõe que

em 2015, a indústria global de têxteis e vestuário foi responsável pelo consumo de 79 bilhões de metros cúbicos de água, 1.715 milhões de toneladas de emissões de CO₂ e 92 milhões de toneladas de resíduos. Também estimou que até 2030, em um cenário business-as-usual, esses números aumentariam em pelo menos 50% (EPoS, 2019, p. 3).

Outrossim, o setor de moda polui o meio ambiente durante as fases de produção, uso e pós-consumo (Onur, 2020), construindo um cenário alarmante e que demanda um modo de pensar alternativo ao modelo tradicional e linear. Esse modo de pensar torna-se necessário em função da restrição de acesso a recursos naturais (Stiglitz, 1974), pois o consumo exagerado torna a escassez premente (Anderson, 1972), fazendo com que recursos escassos se tornem mais caros e mais valiosos (Prieb; Butler, 2001). Contudo, a perspectiva da moda sustentável segue na direção oposta, visando proporcionar acesso para que todos possam usufruir sem gerar uma pegada ecológica tão significativa (Shen, 2014).

Devido ao fato de o setor têxtil ser considerado um dos setores mais poluentes (Roy Choudhury, 2014) e um vilão no consumo de água (Peña; Almazán 2019), há uma pressão compreensível por parte da sociedade para que sejam criadas novas alternativas (Angelis-Dimakis *et al.*, 2016). Isso é tão visível, que passaram a ser implementadas nesses setores algumas alternativas de planejamento do produto (Fung *et al.*, 2020), análise do ciclo de vida (Lundblad; Davies, 2016), design para a sustentabilidade (Spangenberg *et al.*, 2010), fibras biodegradáveis (NA; NA, 2015) e tecidos inteligentes são internalizados nos processos produtivos da moda (Pasricha; Greeninger, 2018) para contribuírem na geração de produtos *ecofriendly* (Hedegård *et al.*, 2020).

Essa mudança de mentalidade está associada a recursos naturais finitos (Sehnem *et al.*, 2019), os quais demandam uma nova postura da sociedade para permitir perpetuidade (Caviglia-Harris *et al.* 2003), que deve ser composta por pessoas mais conscientes e dispostas a realizarem escolhas ecologicamente corretas (Hartmann *et al.*, 2018). Com base nesse enredo, este estudo teve como objetivo validar proposições teóricas acerca do ensino de boas práticas de sustentabilidade e economia circular.

A justificativa prática para a escolha do tema está associada ao *share* de mercado, ávido por opções e alternativas de consumo sustentáveis (Watkins *et al.*, 2016), e às opções tecnológicas que surgem como soluções para os problemas ocasionados pelos modelos produtivos tradicionais (Papahristou; Bilalis, 2017), mas, para que sejam disseminadas, precisam ser replicadas, ensinadas e veiculadas nos melhores cursos de graduação de Design de Moda do Brasil. Esse vínculo com o ensino se dá pelo fato de a educação exercer um papel importante nessa jornada de transição para a moda sustentável (Pedersen; Andersen, 2015), pois a compreensão da sistemática e tópicos ensinados pode gerar *insights* para o aperfeiçoamento de matrizes curriculares, contribuindo para a construção de uma geração mais comprometida com os compromissos do desenvolvimento sustentável e no desenvolvimento de uma sociedade mais equitativa e justa (Hedegård; Gustafsson; Paras, 2019).

A relevância social deste estudo está associada à oportunidade de integrar pessoas (Talay *et al.*, 2020) a um modelo educacional que gera inclusão, preservação dos recursos naturais e benefícios econômicos para as comunidades que se engajam com a moda sustentável (Mcneill; Moore, 2015). O efeito é indireto, já que o ensino sensibiliza, educa, conscientiza e apresenta possibilidades. Assim, a replicação e disseminação de boas práticas de sustentabilidade no ensino é o primeiro passo para criarmos uma sociedade *ecofriendly* (Henninger *et al.*, 2016).

Com base nesses pontos, o presente capítulo está estruturado em seções. Além desta introdução, a seção 2 apresenta aspectos teóricos alusivos à temática moda sustentável e economia circular. A seção 3 apresenta o percurso metodológico percorrido pela pesquisa. A seção 4 apresenta e discute os resultados da pesquisa. A seção 5 apresenta as considerações finais.

6.1 Moda sustentável, economia circular e sustentabilidade

Moda sustentável é um conceito associado ao repensar da lógica selvagem de consumo desenfreado no segmento da moda (Henninger *et al.*, 2016) e ao movimento *slow fashion* (Legere; Cang, 2020). Surgiu na década de 1960, especialmente impulsionado pela consciência das pessoas sobre os impactos ambientais negativos oriundos da produção de coleções da moda (Jung; Jin, 2014). Preconiza a necessidade de uso de materiais orgânicos e ecológicos nos processos de desenvolvimento desses produtos (Sobreira *et al.*, 2020), bem como a internalização da capacidade de atestar a sua origem mediante certificação e rastreabilidade (Henninger *et al.*, 2016), também estimula a confiança na cadeia de suprimentos, produção em pequena escala, técnicas de artesanato tradicionais, uso de materiais locais e roupas trans sazonais (EPRS, 2019), e adere às práticas de economia compartilhada (Onur, 2020).

Há, inclusive, outras práticas internalizadas nos processos produtivos de moda sustentável, como a reciclagem, o *upcycling*, o uso de matérias-primas renováveis (Trejo *et al.*, 2020), a incorporação de formas alternativas de aprender a projetar novos produtos, a geração de uma mudança social e a realização de produção coletiva (Onur, 2020).

A moda sustentável estimula a mudança de pensamento em direção a novas perspectivas de sistemas produtivos, enfatiza o desenvolvimento local, o uso eficaz de recursos, a inclusão da força de trabalho e das comunidades locais, promove estímulos a relacionamentos de longo prazo (Onur, 2020), prioriza a transparência em todos os processos e etapas produtivas (Senner *et al.*, 2019), internaliza valores de sustentabilidade e conduta ética (Henninger *et al.*, 2016), prioriza o lançamento de apenas duas coleções novas por ano, a saber, outono/inverno e primavera/verão. Todavia, é um processo lento e demorado, pois é custoso para as empresas internalizarem as práticas da moda sustentável e, por vezes, as torna menos competitivas do que o modelo tradicional de disseminação adotadas pelos segmento da moda (Sung; Woo, 2019).

A economia circular se revela como um poderoso conceito para contribuir nessa transição do modelo linear para o circular (Onur, 2020), especialmente via educação em design, um potencial caminho para a criação de um setor de moda ético e sustentado por pessoas que adotam uma ideologia alinhada com as premissas da sustentabilidade (Onur, 2020).

Nesse sentido, é importante internalizar um conjunto de práticas que tornem o segmento de moda mais adepto às premissas da sustentabilidade e alinhadas com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS, 2015). Essa internalização da economia circular pode ocorrer levando em consideração os pressupostos da retenção de valor dos recursos, via os 10Rs preconizados por Reike, Vermeulen e Witjes (2018).

Os 10 Princípios R da economia circular são organizados em ordem de prioridade em função da retenção de valor de recursos na cadeia, ou seja, R0 possui o maior nível de prioridade e R9 o menor nível de prioridade. Além disso, Reike, Vermeulen e Witjes (2018) dividem esse princípios em três grupos de prioridade: Ciclos Curtos – R0 a R3; Ciclos Médios – R4 a R6; e Ciclos Longos – R7 a R9. Os quatro primeiros princípios R de EC (R0 – Recusa; R1 – Redução; R2 – Reutilização/Revenda; e R3 – Reparo) são considerados os preferidos no contexto da EC, pois proporcionam ciclos mais curtos e acontecem próximo ao consumo do produto. O segundo grupo de princípios (R4 – Renovação; R5 – Remanufatura; e R6 – Reutilização com nova função) prioriza ciclos médios e, geralmente, acontece através de atividades empresariais que tenham ligações indiretas com os consumidores. Por fim, o terceiro grupo de princípios R de EC (R7 – Reciclagem; R8 – Recuperação de energia e R9 – Reextração de recursos) focam em ciclos longos e referem-se a atividades tradicionais de gestão de resíduos, apesar de serem consideradas as opções menos desejadas, as práticas de EC ainda se concentram em opções de reciclagem (Reike; Vermeulen; Witjes, 2018). É importante salientar que os referidos autores destacam que os conceitos de renovação e remanufatura são misturados na literatura e, muitas vezes, são usados como sinônimos.

No segmento da moda, a reutilização pode ocorrer mediante desmontagem dos produtos não usados e transformação em novas peças aderentes às tendências atuais (Onur, 2020). A EMF (2017) propõe algumas proposições para o setor da moda no horizonte 2030, as quais levam em consideração os preceitos da economia circular, dão ênfase à internalização de ciclos curtos e de materiais seguros, projetam a produção de roupas duráveis e revêem a forma como as roupas são fabricadas e vendidas – nesse contexto, o aluguel deve ser considerado uma alternativa para o acesso a roupas novas. Além disso, internaliza um sistema de reciclagem voltado para a indústria, que permite capturar o valor dos materiais que são perdidos e os impactos negativos causados pelo descarte, também recomendam a internalização de inovações tecnológicas e o estímulo ao uso de materiais recicláveis. Todos essas proposições encaminham ao uso eficaz dos recursos e insumos renováveis como a primeira escolha (EMF, 2017).

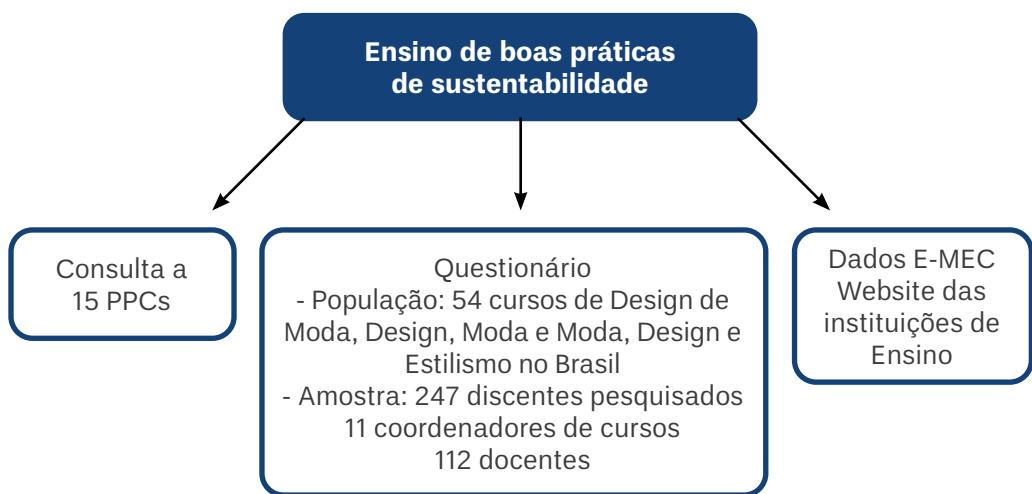
Para que essas boas práticas e tendências em prol da sustentabilidade se tornem práticas amplamente disseminadas, o processo educacional ocupa um papel estratégico (Onur, 2020).

No Brasil, é o Ministério da Educação que provê todas as diretrizes para a formulação de matrizes curriculares, regulamenta e fiscaliza as instituições de ensino e suas práticas educacionais (Brasil, 2020). Muito embora as diretrizes vigentes preconizem a necessidade de ensinar meio ambiente e sustentabilidade como tópicos interdisciplinares, as matrizes curriculares vigentes podem avançar muito no sentido de se tornarem mais adequadas para contribuírem na disseminação das premissas da sustentabilidade mediante adesão de práticas, ferramentas, estratégias e princípios de economia circular e de operações sustentáveis (MEC, 2022).

6.2 Procedimentos metodológicos

Este estudo foi realizado adotando como unidade de análise os cursos de bacharelado em Design de Moda do Brasil. A pesquisa foi conduzida no período de setembro de 2019 a janeiro de 2020. No planejamento, foram previstas coletas de dados de distintas fontes, a saber, Projetos Políticos Pedagógicos dos Cursos (PPCs), aplicação de questionários a docentes, discentes e professores dos referidos cursos, para tanto, todos os cursos do país foram convidados para participar da pesquisa. A figura 6.1 ilustra as fontes de coleta e amostras obtidas:

Figura 6.1: Fontes dos dados analisados



Fonte: Elaborado pelos autores.

O processo de coleta de dados ocorreu mediante a consulta ao site do e-MEC para a identificação de todos os cursos de Design de Moda, Design, Moda e Moda, Design e Estilismo ofertados em nível de graduação no Brasil – para maior transparência, o protocolo de pesquisa pode ser analisado no quadro 6.1. De posse dessa informação, foram enviados e-mails aos atuais coordenadores de cursos para:

- convidar para participar da pesquisa;
- solicitar os PPCs;
- solicitar envio do questionário para todos os docentes dos cursos;
- solicitar o envio do questionário específico para discentes e egressos dos cursos.

Quadro 6.1: Protocolo da pesquisa

Etapas	Descrição
Objetivo do estudo	Validar proposições teóricas acerca do ensino de boas práticas de sustentabilidade e de economia circular.
Design: proposições	Proposição 1: os cursos de Design de Moda ensinam práticas de sustentabilidade e economia circular; Proposição 2: os cursos de Design de Moda formam pessoas conscientes e adotantes de práticas de moda sustentável; Proposição 3: os cursos de Design de Moda estimulam a fabricação de coleções de moda sustentável.
Objeto de análise	Cursos de Design de Moda do Brasil.
Unidade de análise	Projeto Pedagógico dos Cursos, percepção dos coordenadores de curso, docentes e discentes/egressos.
Cronograma	A pesquisa foi aplicada nos meses outubro de 2019 a janeiro de 2020.
Fontes de evidências	- Questionário (docente, discente/egressos e coordenador); - pagina oficial da instituição (PPC, solicitação via e-mail ou telefone do material).
Análise e análise dos dados	- Análise de conteúdo; - categorização e análise qualitativa de correspondência de padrões; - triangulação dos dados.
Validade da pesquisa	Uso de protocolo, uso de fontes múltiplas de evidência e triangulação de dados (Yin, 2010).
Fonte de dados e confiabilidade	A confiabilidade dos dados é obtida a partir da triangulação entre os dados, comparando os dados obtidos por meio da survey realizado com coordenadores, docentes e discente/egressos, em posse das informações obtidas por meio da análise do Projeto Político Pedagógico.

Etapas	Descrição
Questões chaves	<p>Discente</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Curso vinculado; 2. estágio de desenvolvimento do curso; 3. fase do curso que está matriculado; 4. instituição de ensino; 5. percepção ao setor da moda; 6. expectativas em relação ao setor da moda; 7. disciplinas que abordam práticas sustentáveis; 8. formas de ensino das práticas sustentáveis, 9. idade do público; 10. gênero do público; 11. localidade da instituição de ensino que frequentou/frequenta; 12. ações adotadas na compra de um produto; 13. práticas de sustentabilidade e economia circular; 14. aspectos relevantes que gostaria de socializar sobre moda sustentável e formas pelas quais os cursos de Design de Moda bacharel presencial ofertados em nível de graduação no Brasil estão inserindo premissas de sustentabilidade e economia circular na formação do seu aluno.
	<p>Docente</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tempo de atuação na docência; 2. preocupações no ensino das práticas sustentáveis; 3. ênfase da estratégia de ensino; 4. contribuições na forma de ensino; 5. o que se ensina sobre moda sustentável no curso; 6. localidade da instituição de ensino que leciona; 7. aspectos relevantes que gostaria de socializar sobre moda sustentável e formas pelas quais os cursos de Design de Moda bacharel presencial ofertados em nível de graduação no Brasil estão inserindo premissas de sustentabilidade e economia circular na formação do seu aluno.
	<p>Coordenador do Curso</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tempo de atuação na coordenação; 2. percepção ao curso que coordena; 3. predominância no ensino no curso; 4. disciplinas que enfatizam conteúdos voltados para a sustentabilidade; 5. impacto da moda sustentável; 6. o que se ensina sobre moda sustentável no curso; 7. localidade da instituição de ensino que coordena; 8. aspectos relevantes que você gostaria de socializar sobre moda sustentável e formas pelas quais os cursos de Design de Moda bacharel presencial ofertados em nível de graduação no Brasil estão inserindo premissas de sustentabilidade e economia circular na formação do seu aluno.

Etapas	Descrição
Busca de evidências	Proposições teóricas, percepções dos respondentes dos questionários, documentos, relatórios técnicos e website.
Relatório	Encadeamento das evidências entre as questões, os dados coletados e as conclusões.

Adaptado de Troiani, Sehnem e Carvalho (2022, p. 82-83).

A partir desses dados, a análise consistiu em identificar padrões na criação de categorias analíticas pautadas nas premissas da moda sustentável, da economia circular e dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. Desse modo, o estudo segue as diretrizes de Eisenhardt (1989), os quais sugerem que a categorização analítica é adequada para estudos que elaboram perguntas abertas. O quadro 6.2 apresenta as categorias analíticas que foram utilizadas nesta pesquisa:

Quadro 6.2: Categorias de análise da pesquisa

Dimensão de análise da economia circular (10Rs) – Reike, Vermeulen e Witjes (2018)	Dimensão de análise da moda sustentável – Antikainen et al. (2020) e Gwilt (2014)	Dimensão de análise Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS, 2015)
Recusa	Valor para o cliente	Erradicar a pobreza
Redução	Valor ambiental	Acabar com a fome
Reutilização/revenda	Valor social	Vida saudável
Reparo	Valor para outros stakeholders chaves	Educação de qualidade
Renovação	Design	Igualdade de gênero
Remanufatura	Produção	Aqua e saneamento
Reutilização com nova função ou propósito	Distribuição	Energias renováveis
Reciclagem	Uso	Trabalho digno e crescimento econômico
Recuperação de energia	Final de vida	Inovação e infraestruturas

Dimensão de análise da economia circular (10Rs) – Reike, Vermeulen e Witjes (2018)	Dimensão de análise da moda sustentável – Antikainen et al. (2020) e Gwilt (2014)	Dimensão de análise Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS, 2015)
Re-extração de recursos		Reducir as desigualdades
		Cidades e comunidades sustentáveis
		Produção e consumo sustentáveis
		Combater alterações climáticas
		Oceanos, mares e recursos marinhos
		Ecossistemas terrestres e biodiversidade
		Paz e justiça
		Parcerias para o desenvolvimento

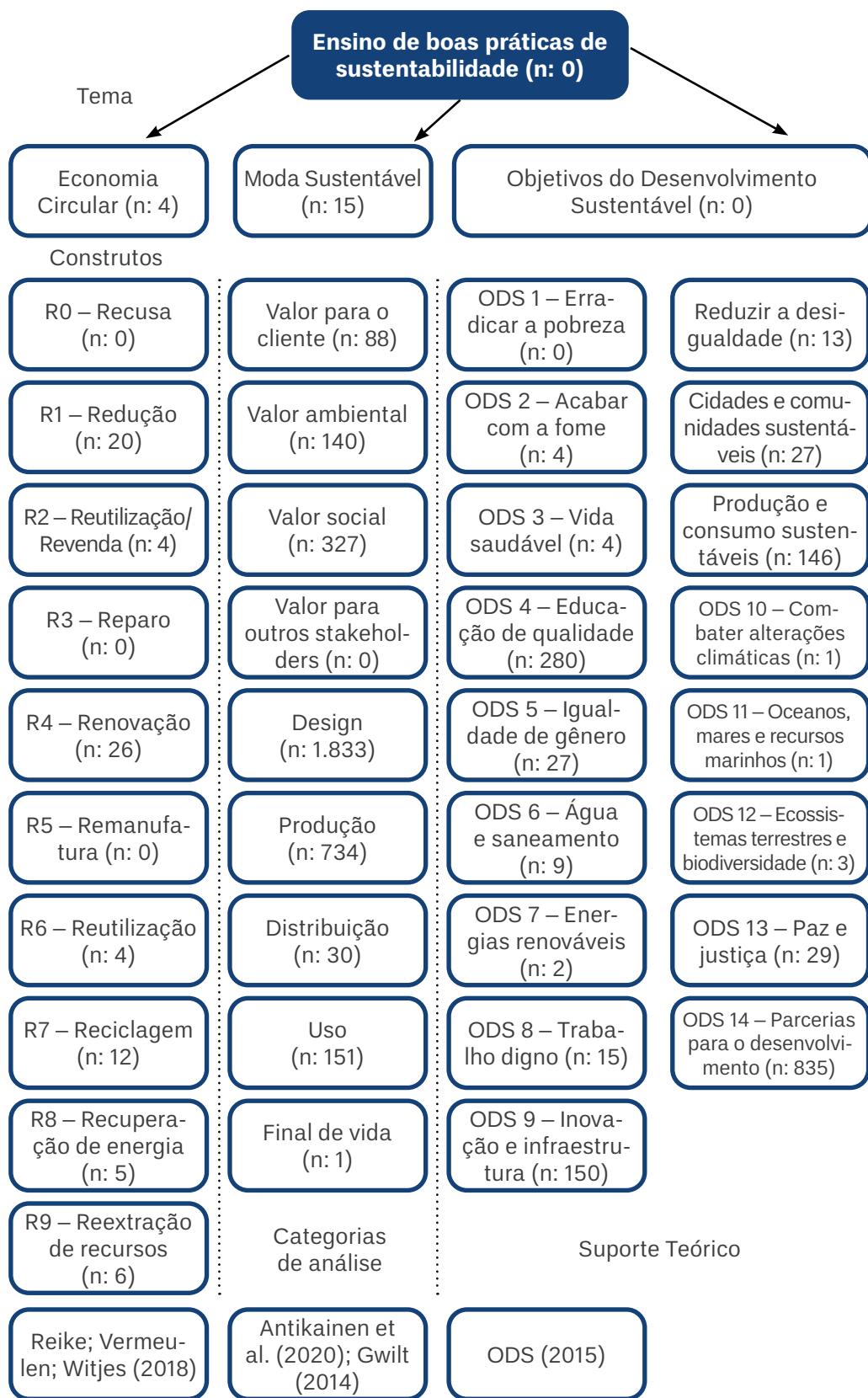
Fonte: Elaborado pelos autores.

A geração das categorias analíticas, a partir das evidências empíricas, foi realizada em três etapas: *i*) leitura flutuante das evidências empíricas oriundas de distintas fontes; *ii*) sinalização em amarelo dos trechos representativos – frisa-se que foram codificados apenas os trechos que faziam menção a condutas ativas relacionadas a cada um dos construtos da pesquisa; e *iii*) cotejamento dos dados, estreitando relacionamento com as categorias de análise oriundas da literatura científica e que suportam os constructos desta pesquisa, a saber, moda sustentável, economia circular e desenvolvimento sustentável. Com base nos códigos mapeados, foram extraídos padrões mediante recomposição dos dados que consolidaram os achados da presente pesquisa (Yin, 2015). Para fins de manutenção do anonimato as instituições de ensino foram chamadas por pseudônimos, tais como PPC A, PPC B e PPC C.

6.3 Apresentação e análise dos dados

A figura 6.2 apresenta os principais resultados encontrados no presente estudo:

Figura 6.2: Principais resultados da pesquisa



Nota-se na figura 6.3 que o termo “ensino de boas práticas de sustentabilidade” em nenhum momento é mencionado nos projetos político pedagógicos dos cursos analisados. Tampouco foi mencionado pelos coordenadores de curso, docentes e discentes nos questionários respondidos. Todavia, ao desdobrar esse conceito para os construtos economia circular (n: 4) e moda sustentável (n: 15), há evidências nos documentos analisados e nos questionários respondidos de que essas práticas acontecem e são usuais nos cursos analisados. Achados similares podem ser encontrados nos estudos de Onur (2020), segundo o qual, na Turquia, as práticas artesanais, o trabalho colaborativo e as premissas de sustentabilidade são geralmente condenados ao ostracismo no sistema de ensino superior, especialmente no que diz respeito à renovação (n: 26), redução (n: 20) e reciclagem (n:12). Um destaque especial é dado aos termos design (n: 1.833), produção (n: 734), fim de vida (n: 151), valor social (n: 327) e valor ambiental (n: 140). Considerando os pressupostos da economia circular e da moda sustentável, é compreensível que se tratem de práticas sustentáveis, os quais corroboram para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Dentre os ODS, há uma ênfase nas parcerias para o desenvolvimento (n: 835), inovação e infraestrutura (n: 150), e produção e consumo sustentáveis (n: 146). Esses importantes achados evidenciam que as matrizes dos cursos analisados estão alinhadas com os propósitos de sustentabilidade globais, especialmente no que se refere à criação de redes e sinergias em prol da promoção de um desenvolvimento pautado em preceitos de cooperação, parcerias e geração de resultados sistêmicos.

Todavia, é relevante fazer uma reflexão sobre as opções de retenção do valor do recurso priorizadas pelos cursos de design de moda pesquisados. Conforme destacam Reike, Vermeulen e Witjes (2018), os 10R da economia circular são apresentados em uma escala de prioridade que está associada à contribuição da prática para gerar retenção de valor de recursos na cadeia. Portanto, fica claro que os cursos avaliados são adotantes de práticas que são menos contributivas para o êxito da economia circular. Embora sejam relevantes e essenciais, podem ser consideradas as mais custosas e as que mais demoram para serem operacionalizadas, pois estão posicionadas na categoria ciclos longos (práticas R7 a R9).

6.3.1 Evidências oriundas dos Planos de Ação para Produção e Consumo Sustentáveis (PPCs)

Outro elemento não mensurado pelos construtos desta pesquisa, mas que apareceu em vários momentos, é a economia criativa, uma potencial oportunidade de institucionalização de práticas que podem ser consideradas transformadoras e inovadoras para o setor de moda (PPP A), bem como à oferta da disciplina de sustentabilidade (PPP C, PPC E), e que se vinculam aos planos de ecodesign (PPP E, PPC F); educação ambiental e sustentabilidade; ética e direitos humanos (PPP D); desenvolvimento de produto (PPP E); produção de portfólio digital e modelagem informatizada (PPP F); materiais e processos têxteis (PPP I); economia criativa na moda (PPP J); fatores sociais design – tendências e consumo (PPP J), criatividade e inovação (PPP L).

Nesse sentido, também há planos que se coadunam com aquilo que se espera das boas práticas de sustentabilidade, sendo elas: ecoeficiência (PPC J), educação ambiental (PPCI), meio ambiente e sustentabilidade (PPC L), diversidade, cidadania e direito (PPC M), sustentabilidade e tópicos especiais em design de moda (PPC P). Tais aspectos são nominados ao longo dos PPCs analisados, o que evidencia a disseminação de boas práticas sustentáveis nos cursos analisados.

É preciso lembrar também que a sustentabilidade, no contexto da educação brasileira, é compreendida como sendo um tema transversal e, como tal, deve ser trabalhado de modo interdisciplinar. Isso se reflete na forma de inserção das boas práticas de sustentabilidade no ensino e tem recebido destaque nos PPCs analisados, como é possível visualizar nestes trechos: “na concepção do currículo, as competências dos conteúdos programáticos estão refletidas no encaminhamento e entrelaçamento didático-pedagógico das disciplinas do curso” (PPC C) e “a matriz curricular contempla a interdisciplinaridade durante o seu desenvolvimento em diferentes instâncias” (PPC B). Ou, ainda:

os requisitos legais relativos às relações étnico-raciais e ensino de história e cultura afro-brasileira, africana e indígena, políticas para educação ambiental e direitos humanos são abordados transversalmente ao longo de todo o percurso formativo do alunado, quer como conteúdo específico de algumas disciplinas, quer como atividades complementares (PPC D).

A inserção dos conhecimentos relacionados à Educação em Direitos Humanos no currículo deste curso ocorrerá da seguinte forma: I. pela transversalidade, por meio de temas relacionados aos Direitos Humanos e tratados interdisciplinarmente através de projetos de pesquisa e de extensão, promovendo o debate entre a comunidade acadêmica e demais segmentos sociais, principalmente aqueles em situação de exclusão social e violação de direitos, assim como os movimentos sociais e a gestão pública; II. como um conteúdo específico das disciplinas Antropologia e Sociologia e Direitos Humanos; III. de maneira mista, combinando transversalidade e disciplinaridade (PPC F).

O foco em aspectos sociais fica evidente no PPC F, que destaca:

conforme estabelece a Resolução CNE/CP nº 01/2012, que institui as Diretrizes Nacionais para a Educação em Direitos Humanos, este curso de Design de Moda adota concepções e práticas educativas fundamentadas nos Direitos Humanos e em seus processos de promoção, proteção, defesa e aplicação na vida dos discentes. Com a finalidade de promover a educação para a mudança e a transformação social, este projeto fundamenta-se nos princípios apresentados no Art. 3º da resolução supracitada: I. dignidade humana; II. igualdade de direitos; III. reconhecimento e valorização das diferenças e das diversidades; IV. laicidade do Estado; V. democracia na educação; VI. transversalidade, vivência e globalidade; e VII. sustentabilidade socioambiental.

A educação das relações étnico–raciais visa promover valores sociais e conhecimentos voltados aos diversos aspectos da história e da cultura que

caracterizam a formação da população brasileira a partir destes dois grupos étnicos. A educação das relações étnico-raciais é um componente essencial e permanente e sua implementação está relacionada com o princípio do pluralismo de ideias e perspectivas interdisciplinares, explicitadas nos projetos pedagógicos de curso (PPC I).

No que concerne à dimensão ambiental, convém citar:

a educação ambiental, no âmbito dos cursos de graduação, visa promover valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas à preservação do meio ambiente. A educação ambiental é um componente essencial e permanente e sua implementação se dá por meio do pluralismo de ideias e de concepções pedagógicas, na perspectiva da inter, multi e transdisciplinaridade, explicitadas no projeto pedagógico de curso (PPC I).

Algumas práticas emergentes desempenham um papel crucial na construção de coleções de moda sustentável. Entre elas, destacam-se: o design de produtos que facilitam a desmontagem e reduzem os impactos ecológicos; a otimização do uso de recursos e a promoção do bem-estar social; o desenvolvimento de produtos ecológicos e a adesão a tecidos inteligentes e orgânicos; utilização de tecidos provenientes de algodão orgânico; inclusão de ferramentas para análise do ciclo de vida dos produtos; escolha de materiais de baixo impacto; a melhoria das técnicas de produção e a reutilização de retalhos; a distribuição eficiente dos produtos, redução do impacto ambiental, otimização do tempo de vida do produto, finalização de seu ciclo de vida útil com introdução dos materiais para segundo uso. No entanto, a ausência dessas práticas contemporânea pode estar associada à época em que foram construídos os projetos políticos pedagógicos dos cursos de Moda, indicando uma defasagem temporal relacionada à adoção de práticas mais emergentes.

Além disso, alguns conceitos que podem ser relevantes no contexto da moda sustentável, e que em nenhum momento foram citados nas referidas práticas, são o *upcycling*, a moda *ecofriendly*, o consumo consciente, a eficiência total dos recursos e o design para a sustentabilidade. Esses conceitos são considerados relevantes porque representam práticas elementares para o pleno cumprimento dos objetivos dos cursos. Especialmente quando os propósitos explicitados são precisos, a saber: “valorizar as dimensões éticas e humanísticas, desenvolvendo no aluno atitudes e valores orientados para a cidadania e a prática profissional” (PPC D). Assim como é destacado no seguinte trecho:

no Atelier Solidário os alunos são convidados a apresentar propostas para a elaboração dos produtos e ações com base nas demandas das comunidades carentes localizadas nas regiões vizinhas aos Campi da universidade. Para isso, são incentivados a propor ideias que contemplam as linhas programáticas do projeto, com foco na responsabilidade socioambiental. Durante as etapas são realizadas ações de sensibilização para o diagnóstico dos problemas sociais e ambientais da região e elaboração de produtos de design. Alunos bolsistas e voluntários, professores e a comunidade em geral são

convocados a contribuir com a manufatura dos artigos utilizando materiais de descarte têxtil e/ou resíduos fabris de empresas da região, assim como articulam ações que promovam a formação de redes para que estas propiciem a geração de renda para as comunidades atendidas pelo projeto, na perspectiva da economia solidária (PPC L).

[...] desenvolvendo trabalhos com alguns temas transversais indispensáveis pelas relevantes importâncias, tais como: Globalização, Mídia, Meio ambiente, Publicidade, Capitalismo, Economia, Responsabilidade Social, Exportação, Importação, Ética, Sustentabilidade entre outros (PPC M).

De acordo com a Lei Federal nº 9795, de 27 de abril de 1999, que dispõe sobre “a educação ambiental, instituindo a Política Nacional de Educação Ambiental”, o Decreto nº 4.281 de 25 de junho de 2002, que regulamenta a referida lei e a Resolução nº 2, de 15 de junho de 2012 que estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental, a educação ambiental (EA) está representada pelos processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem essencial à qualidade de vida e sua sustentabilidade. A Educação Ambiental envolve o entendimento de uma educação cidadã, responsável, crítica, participativa, em que cada sujeito aprende com conhecimentos científicos e com o reconhecimento dos saberes tradicionais, possibilitando a tomada de decisões transformadoras, a partir do meio ambiente natural ou construído no qual as pessoas se integram. A EA avança na construção de uma cidadania responsável voltada para culturas de sustentabilidade socioambiental (PPC P).

6.3.2 Evidências oriundas dos coordenadores

O relato dos coordenadores do curso de Design de Moda sinaliza um compromisso com a sustentabilidade, especialmente quando se referem a “um curso disseminador das melhores práticas de sustentabilidade e amigas do meio ambiente e da sociedade” (coords. 2 e 6). Portanto, estão comprometidos com práticas que fazem a diferença, como pode ser percebido na afirmação de que é “um curso inovador na área de moda e vestuário” (coord. 7). Em relação à ênfase no ensino, os coordenadores destacaram que o curso ensina predominantemente práticas sustentáveis, como evidenciado nas falas: “as práticas sustentáveis, amigas do meio ambiente e ambiental e socialmente conscientes” (coord. 2), “as práticas emergentes e inovadoras” (coord. 4), “porém a parte ambiental ainda é a que tem menor parcela de conteúdo” (coord. 5), “há práticas emergentes e inovadoras” (coords. 6 e 7) e, por fim, “práticas sustentáveis baseada na economia circular e práticas de moda inclusiva” (coord. 11).

Quando os coordenadores foram indagados sobre o percentual de disciplinas que enfatizam conteúdos voltados para a sustentabilidade, as respostas obtidas foram: 100% das disciplinas do curso (n: 1); até 30% das disciplinas do curso (n: 3); até 50% das disciplinas do curso (n: 1); até 70% das disciplinas do curso (n: 1); menos que 10% das disciplinas

do curso (n: 5). Esse achado evidencia a ausência de consenso sobre o quanto transversal é o conceito de sustentabilidade nos cursos de Design de Moda.

Outra indagação referiu-se ao impacto da moda sustentável, especialmente na destinação final das peças obsoletas (n: 1); na produção (n: 5); na reputação da empresa que confecciona peças sustentáveis (n: 1); e no consumo (n: 3). Isso sinaliza que as percepções dos coordenadores ainda estão imbricadas do conceito tradicional de moda em que apenas produção e consumo são entendidos predominantemente como impactados pela cadeia de valor. Percepção essa que, mais uma vez, evidencia a ênfase nos ciclos curtos da economia circular, ou seja, aqueles que geram menor retenção de valor para a cadeia, ou, ainda, pode retratar uma ausência de conhecimento mais aprofundado sobre o que é a economia circular, já que estamos falando de um conceito emergente.

Por fim, os coordenadores foram indagados sobre o que é ensinado sobre moda sustentável no curso de Design de Moda. Segundo eles: o curso contribui de forma ínfima na disseminação das práticas de moda sustentável no Brasil (n: 3); de forma razoável (n: 4); de forma relevante (n: 1); de forma satisfatória (n: 1). É evidente que os próprios coordenadores reconhecem que há potencial para ensinar mais práticas e criar uma mentalidade proativa em sinergia com os preceitos de sustentabilidade. Ou seja, o curso pode ensinar mais sobre moda sustentável do que atualmente ensina.

6.3.3 Evidências oriundas dos docentes

Os docentes foram questionados sobre a preocupação no ensino e a ênfase dada aos discentes. As respostas destacaram principalmente a possibilidade de refletir sobre a teoria e a prática, a fim de evitar que a aprendizagem não se torne desatualizada (n: 1); a prática da ética e responsabilidade como profissionais de design de moda (n: 1); a importância de se atentar e respeitar toda a cadeia envolvida, mesmo que o ‘fazer’ e ‘como fazer’ não sejam o foco principal, mas que, de certa forma, está relacionada à sustentabilidade ao evitar o refazer, economizando tempo e material (n: 1); a valorização de práticas emergentes e inovadoras (n: 41); as práticas emergentes e inovadoras, sustentáveis, amigas do meio ambiente e socialmente conscientes (n: 1); as práticas sustentáveis, amigas do meio ambiente e socialmente conscientes (n: 43); as práticas tradicionais do setor de moda e vestuário (n: 7); a reflexão crítica sobre o mercado de moda (n: 1).

Outros pontos mencionados foram as abordagens de conteúdos e temas relacionados à responsabilidade do designer; a importância de vincular as atividades tradicionais do setor de moda e vestuário às inovações tecnológicas atuais, e a construção de relações entre a economia circular e seus novos desafios (n: 1); (n: 1); também foi apontado que tanto as práticas emergentes quanto as sustentáveis são essenciais (n: 1); assim como as práticas, de modo geral, que discutem questões tradicionais e inovadoras (n: 1); alguns docentes enfatizaram a relevância de uma metodologia de pesquisa sem ênfase em nenhum aspecto do curso de Moda (n: 1). Também foi sustentado que tanto as práticas emergentes e inovadoras

quanto as sustentáveis são essenciais, desde que as primeiras estejam em sintonia com uma consciência crítica e sócio-histórica (n: 1).

Outros professores mencionaram o ensino de disciplinas relacionadas à teoria da imagem e ilustração, destacando que a abordagem da sustentabilidade não é realizada ou é eventual (n: 1); a formação crítica, ampliação de repertório dentro do contexto da área de ciências humanas e sua relação com o universo da moda, como foco no pertencimento da moda ao campo das ciências humanas aplicadas (n: 1). A educação inovadora, com atividades baseadas em projetos e situações-problema, além de parcerias com empresas do setor, foi destacada como prática importante para o desenvolvimento dos acadêmicos, sempre alinhada a práticas sustentáveis e com preocupação ambiental (n: 1). Também foram mencionadas práticas criativas e autorais com propostas socialmente conscientes (n: 1); práticas reflexivas, críticas e socialmente conscientes (n: 1); relação entre teoria e prática na perspectiva sustentável (n: 1); e, por fim, destacou-se a importância da teoria crítica do design (n: 1).

No que se refere às estratégias de ensino, os destaques foram apresentação oral do conteúdo (n: 49); participação em eventos específicos do setor de moda e design (n: 20); uso de casos para ensino (n: 22); realização de visitas técnicas a empresas especializadas do setor de moda e design (n: 23); uso de leituras preparatórias para a participação na aula expositiva e dialogada (n: 45); uso de casos para ensino (n: 11); uso de dinâmicas e exercícios para fixação do conteúdo (n: 79) e confecção de peças e coleções de moda (n: 33). Sobre o questionamento a respeito da forma de ensino adotada pela instituição e sua contribuição para a formação, destacaram-se as seguintes opiniões: pessoas qualificadas para atuação em mercados novos, inovadores e nichos diferenciados (n: 56); pessoas qualificadas para serem predominantemente empreendedoras (n: 17); pessoas qualificadas para o modelo tradicional de atuação no mercado (n: 15); pessoas arrojadas, capazes de revolucionar o setor da moda e vestuário (n: 14); e pessoas qualificadas para serem predominantemente empregados (n: 10). No que diz respeito à percepção dos respondentes sobre a assertiva de que as práticas de sustentabilidade, biodegradabilidade e fabricação ética de roupas – isto é, “roupas do bem” – são estimuladas, as respostas sinalizam que: há ampla aceitação e adesão a essas práticas pelos alunos que frequentam os cursos nos quais eu leciono (n: 33); os alunos são incentivados a adotarem essas práticas na sua profissão (n: 32); é dada ênfase a esse tipo de prática nos cursos (n: 24).

Os pesquisados entendem que o setor de moda sustentável é a principal tendência do futuro (n: 52); é promissor (n: 26); é uma alternativa atraente para iniciantes no setor de moda/vestuário (n: 16); atende apenas a um nicho de mercado (n: 13); é destinado às elites, porque os produtos são muito caros (n: 4); é destinado às marcas de grife que têm maior capacidade de divulgar os produtos (n: 1).

Por fim, foi questionado aos docentes qual é o nível de contribuição ao ensino sobre moda sustentável nos cursos em que ministram. Os relatos indicam que: o curso

contribui de forma satisfatória na disseminação das práticas de moda sustentável no Brasil (n: 33); de forma relevante (n: 30); de forma razoável (n: 26); de forma ínfima (n: 14); de forma plena (n: 9).

6.3.4 Relato dos discentes

Os discentes foram questionados acerca do nível de contribuição acerca do que é ensinado sobre moda sustentável em seus respectivos cursos de moda, tendo sido relatado que: o curso contribui de forma ínfima na disseminação das práticas de moda sustentável no Brasil (n: 45); contribui de forma plena (n: 25); contribui de forma razoável (n: 80); contribui de forma relevante (n: 43); contribui de forma satisfatória (n: 49).

Além disso, evidenciam que o setor de moda sustentável: é a principal tendência do futuro (n: 95); é promissor (n: 90); atende apenas a um nicho de mercado (n: 30); é destinado às elites, porque os produtos são muito caros (n: 15); é uma alternativa atraente para iniciantes no setor de moda/vestuário (n: 15); e é destinado às marcas de grife que têm maior capacidade de divulgar os produtos (n: 3). Logo, é evidente que os cursos de Design demonstram uma ampla variedade de práticas que corroboram para a formação de egressos apoiados em princípios de sustentabilidade e que são capazes de articular elementos de inovação social para criar coleções de moda sustentáveis, além de ensinar como projetar produtos a partir de resíduos ou do reuso, a fim de criar alternativas criativas para construir um produto que seja mais do que um simples artefato da moda, representando uma postura consciente de seu consumidor.

Nesse sentido, é perceptível que há um esforço no processo de formação desses profissionais para que articulem conhecimentos, visando a contribuição no fundamento de diferentes dimensões de sustentabilidade, a saber: *a) dimensão social*: mediante a possibilidade de empreender em diferentes contextos geográficos e sociais, de modo que ocorra uma distribuição de renda, de possibilidades de geração de postos de trabalho e de inclusão social; *b) dimensão ambiental*: adesão a formas criativas de aproveitamento de resíduos e peças desmaterializadas, o que garante o reaproveitamento, a otimização do uso dos recursos naturais e a minimização de impactos ao ecossistema; *c) dimensão econômica*: gerenciamento de recursos próprios e públicos em prol de projetos de moda, associações, cooperativas, grupos e entidades que zelam pela geração de renda, de empregos e de oportunidades de empoderamento de sujeitos; *d) sustentabilidade cultural*: valorização das especificidades culturais dos diferentes povos e regiões, inclusive com geração de parcerias para o desenvolvimento e de oportunidades de valorização da cultura local, a fim de criar uma identidade para a região perante a oferta de produtos específicos aos turistas e simpatizantes; *e) sustentabilidade espacial*: a criação de pólos, redes e sinergias que estão associadas a territórios específicos e a regionalidade local, mediante exploração de atividades econômicas justas. Assim, empregando um zelo no desenvolvimento das diferentes regiões e grupos.

6.3.5 Discussão dos resultados

As práticas de sustentabilidade e de economia circular são assuntos debatidos em diferentes contextos organizacionais. Recebem atenção de gestores, por representarem um novo modelo de produção, suportado pelas premissas de equilíbrio, preservação, extensão do ciclo de vida, inclusão da longevidade, entre outros aspectos nos ciclos produtivos e resultados decorrentes. No segmento da moda, se tornam estratégicos à medida que a indústria internaliza práticas de economia circular capazes de induzir a reutilização, a reavaliação de materiais existentes, adesão ao *upcycling* para alteração ou personalização de produtos (Onur, 2020).

Em hipótese alguma, roupas fora de moda são consideradas lixo. As práticas de reciclagem, recondicionamento e reutilização contribuem para a transformação de operações lineares e cíclicas. Parece necessário alinhar o sistema educacional com a dinâmica de mudança do setor da moda, porque somente dessa forma a educação pode fazer parte da solução (Onur, 2020).

Esse movimento em prol da natureza, dos recursos naturais e da perenidade é muito bem vindo. Porém, ainda não encontrou uma legitimação plena no contexto organizacional brasileiro. Há evidências de sua relevância e de seu papel para a sobrevivência das diferentes espécies no planeta, mas os *trade-offs* organizacionais ainda corroboram para que seja complexo e desafiador implementar a sustentabilidade e a economia circular de modo pleno.

Muitos avanços já foram gerados. Há diretrizes, leis, regulamentos, resoluções, modelos de negócios, ferramentas, práticas, diretrizes, enfim, um arcabouço bastante rico de alternativas, mas o consumidor, o executor e a população em geral ainda carecem de maiores instruções do que precisa ser feito e como se engajar para o sucesso da economia circular em prol da sustentabilidade. Nesse sentido, a economia circular provê um conjunto de elementos que estão associados à preocupação com os materiais, enquanto que as pessoas, isto é, os tradicionais artesãos, utilizam sua expertise técnica, gerando novas peças a partir da redução do desperdício, reuso e reaproveitamento. Nesse contexto, o design valoriza o artesanato, a personalização, a criatividade do artesão e as peças únicas e estilosas e, assim, gerando significados sociais e culturais (Onur, 2020).

É preciso lembrar que a indústria posicionou o setor da moda de modo que fomente a escala e a produção intensiva, enquanto a economia circular propõe uma transição para uma nova lógica de produção. Com base nas evidências mapeadas no estudo e nos padrões emergentes da análise cruzada dos dados oriundos de distintas fontes, elaboramos as seguintes proposições:

- proposição 1: os cursos de Design de Moda ensinam práticas de sustentabilidade e economia circular;
- proposição 2: os cursos de Design de Moda formam pessoas conscientes e adotantes de práticas de moda sustentável;
- proposição 3: os cursos de Design de Moda estimulam a fabricação de coleções de moda sustentável.

6.4 Considerações finais

Este estudo teve como propósito validar proposições teóricas acerca do ensino de boas práticas de sustentabilidade e economia circular. A validação ocorreu por meio das evidências empíricas e análise cruzada de dados oriundos de diferentes fontes, permitindo concluir que o Brasil se encontra em um estágio de maturidade incipiente no ensino das práticas de economia circular como pressupostos em prol da sustentabilidade. Há uma longa caminhada a ser percorrida para consolidar esse caminho, que engloba a disseminação ampla dos conceitos, o ensino de boas práticas, a sensibilização das pessoas para adesão e consumo de produtos oriundos desse sistema produtivo e, especialmente, a adesão dos grandes *players* do setor, que possuem maior poder de convencimento e engajamento de atores das cadeias de produção da moda. Há evidências empíricas de que essa transição dos cursos de Design de Moda para a perspectiva sustentável vem ocorrendo, muito embora, para chegar ao patamar preconizado por Amritha e Suresh (2020) de que sustentabilidade é o novo “pretinho básico”, ainda necessite de bastante trabalho, engajamento, comprometimento, cooperação e geração de resultados profícuos.

As principais lições que podem ser extraídas deste estudo estão associadas à disseminação das práticas de economia circular de ciclo longo como, por exemplo, reciclagem, remodelagem da peça em um manequim usando dobras, drapeados, cortes e outros elementos ou desconstruir as partes da peça e reconstruí-la de uma nova maneira; ecodesign, possibilidades de reaproveitamento e recriação. Isso amplia o espaço para investimento em práticas de circularidade de ciclos curtos, associados a design de produto, de serviço e de plataforma. Ou seja, a perspectiva do planejamento dos produtos e de modelos de negócios digitais, virtualização de processos, plataformas compartilhadas, inteligência artificial, entre outros.

Para as implicações gerenciais, este estudo sugere a necessidade de atualização das matrizes curriculares dos cursos de Design de Moda no Brasil. Especialmente para tornar a perspectiva da pesquisa, design, planejamento, prototipagem, criação, produção, disponibilização dos produtos no mercado e retorno dos produtos pós-uso para os designers reusarem os materiais, elementos estreitamente alinhados com os princípios e premissas da economia circular. A popularidade das práticas circulares no segmento de moda sustentável tende a se disseminar mais rapidamente, principalmente se grandes *players* do setor aderirem a elas. Embora as premissas que sustentam esse conceito darem ênfase à colaboração local, ao desenvolvimento de comunidades e às redes regionais, a sensibilização da população em geral para aquisição desse tipo de produto tende a ocorrer de modo mais efetivo quando há atores capazes de investir fortemente em estratégias de comunicação e sensibilização.

A limitação do estudo está associada à inexistência de indicadores e métricas quantitativas alusivas ao total de práticas internalizadas, tempo de internalização e aceitabilidade para os consumidores. Tais limitações podem se tornar oportunidades para que novos estudos avancem e dissemelhem a economia circular no segmento de moda sustentável alinhados com as premissas do desenvolvimento sustentável.

Referências

- AMRITHA, Bijo.; SURESH, Kumar. Sustainability is the new black: exploring website communication practices of indian sustainable fashion brands. *Fashion, Style and Popular Culture*, v. 7, n. 4, p. 539-558, 2020.
- ANTIKAINEN, Maria; HEIKKILÄ, Janne; KNUUTILA, Hanna; NURMI, Petteri; PETÄNEN, Paul; HEIKKILÄ, Pasi. Sustainable circular economy value propositions in clothing as a service – model. *The ISPIM Innovation Conference – Innovating in Times of Crisis*, p. 7-10, 2020.
- ANDERSON, Kent. Optimal growth when the stock of resources is finite and depletable. Elsevier: *Journal of Economic Theory*, v. 4, n. 2, p. 256-267, 1972.
- ANGELIS-DIMAKIS, Athanasios.; ALEXANDRAOU, Anastasia.; BALZARINI, Monica. Value chain upgrading in a textile dyeing industry. *Journal of Cleaner Production*, v. 138, p. 237-247, 2016.
- BRASIL. Ministério da Educação (MEC). Caderno Meio Ambiente, Educação Ambiental e Educação para o Consumo. Brasília, DF: Secretaria de Educação Básica do Ministério da Educação, 2022. (Série Temas Contemporâneos Transversais – Base Nacional Comum Curricular). ISBN 978-85-7783-278-1. Disponível em: https://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/implementacao/cadernos_tematicos/caderno_meio_ambiente_consolidado_v_final_27092022.pdf. Acesso em: 10/02/2025.
- CAVIGLIA-HARRIS, Jill; KAHN, Jahidur Rahman; GREEN, Teodore. Demand-side policies for environmental protection and sustainable usage of renewable resources. *Ecological Economics*, v. 45, n. 1, p. 119-132.
- CLAXTON, Sam; KENT, Andrew. The management of sustainable fashion design strategies: An analysis of the designer's role. *Journal of Cleaner Production*, v. 268, p. 122.112, 2020.
- DISSANAYAKE, Gamini; PERERA, Samintha. New approaches to sustainable fibres. Environmental. *Footprints and Eco-Design of Products and Processes*, p. 1-12, 2016.
- EISENHARDT, Kathleen. Building Theories from Case Study Research. *The Academy of Management Review*, v. 14, n. 4, p. 532-550, 1989.
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. A new textiles economy: redesigning fashion's future, 2017. Disponível em: <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>. Acesso em: 15 set. 2020.
- ERTEKIN, Zeynep Ozdamar; ATIKA, Derya. Institutional Constituents of Change for a Sustainable Fashion System. *Journal of Macromarketing*, v. 40, n. 3, p. 362-379, 2020.
- EUROPEAN PARLIAMENTARY RESEARCH SERVICE (EPRS). Environmental Impact of the Textile and Clothing Industry, 2019. Disponível em: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/633143/EPRS_BRI\(2019\)633143_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/633143/EPRS_BRI(2019)633143_EN.pdf). Acesso em: 11 set. 2020.

FIFITA, Ilaisaane; SEO, Yan; KO, Eunju; CONROY, David; HONG, Dave. Fashioning organics: wellbeing, sustainability, and status consumption practices. *Journal of Business Research*, 117, p. 664-671, 2020.

FUNG, Yi Ning; CHOI, Tsan-Ming; LIU, Rong. Sustainable planning strategies in supply chain systems: proposal and applications with a real case study in fashion. *Production Planning and Control*, v. 31, n. 11-12, p. 883-902, 2020.

GWILT, Alison. The Sustainable Fashion Handbook by Sandy Black. *Fashion Practice*, v. 6, n. 1, p. 141-144, 2014.

HARTMANN, Catharina., RUBY, Mathew., SCHMIDT, Patricia., SIEGRIST, Michael. Brave, health-conscious, and environmentally friendly: Positive impressions of insect food product consumers. *Food Quality and Preference*, v. 68, p. 64-71, 2018.

HEDEGÅRD, Lukas; GUSTAFSSON, Eric; PARAS, Manoj Kumar. Management of sustainable fashion retail based on reuse – A struggle with multiple logics. *International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*, v. 30, n. 3, p. 311-330, 2020.

HENNINGER, Claudia; ALEVIZOU, Panayiota Julie; OATES, Caroline. What is sustainable fashion? *Journal of Fashion Marketing and Management*, v. 20, n. 4, p. 400-416, 2016.

JUNG, Sam; JIN, Bae. A theoretical investigation of slow fashion: sustainable future of the apparel industry. *International Journal of Consumer Studies*, v. 38, n. 5, p. 510-519, 2014.

KIM, Jung; KANG, Sei; LEE, Kan. How social capital impacts the purchase intention of sustainable fashion products. *Journal of Business Research*. 117, p. 596-603, 2020.

LEE, Eing; CHOI, Hanah; HAN, Jinghe; KO, Eunju; KIM, Hyun Dong; KIM, Kyung Hoon. How to “nudge” your consumers toward sustainable fashion consumption: an fMRI investigation. *Journal of Business Research*, 117, p. 642-651, 2020.

LEGERE, Adrian; KANG, Jim. The role of self-concept in shaping sustainable consumption: A model of slow fashion. *Journal of Cleaner Production*, v. 258, p. 120-129, 2020.

LUNDBLAD, Lennart; DAVIES, Iain. The values and motivations behind sustainable fashion consumption. *Journal of Consumer Behaviour*, v. 15, n. 2, 149-162, 2016.

MCNEILL, Lisa; MOORE, Roger. Sustainable fashion consumption and the fast fashion conundrum: fashionable consumers and attitudes to sustainability in clothing choice. *International Journal of Consumer Studies*, v. 39, n. 3, p. 212-222, 2015.

NA, Yang; NA, Ding. Investigating the sustainability of the Korean textile and fashion industry. *International Journal of Clothing Science and Technology*, v. 27, n. 1, p. 23-33, 2015.

OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável, 2015. Nova Iorque: ONU.

Economia circular: conceitos, dimensões e abordagens

ONUR, Arun Integrating Circular Economy, Collaboration and Craft Practice in Fashion Design Education in Developing Countries: A Case from Turkey. *Fashion Practice*, v. 12, n. 1, p. 55-77, 2020.

PAPAHRISTOU, Evangelia; BILALIS, Nikolaos. Should the fashion industry confront the sustainability challenge with 3D prototyping technology. *International Journal of Sustainable Engineering*, v. 10, n. 4-5, p. 207-214, 2017.

PASRICHA, Alen; GREENINGER, Rob. Exploration of 3D printing to create zero-waste sustainable fashion notions and jewelry. *Fash Text* v. 5, n. 30, 2018.

PEDERSEN, Esben Rahbek Gjerdrum; ANDERSEN, Kasper. Sustainability innovators and anchor draggers: a global expert study on sustainable fashion. *Journal of Fashion Marketing and Management*, v. 19, n. 3, p. 315-327, 2015.

PEÑA, Gilberto Javier Rodríguez; ALMAZÁN, Omar Moreno. La amenaza detrás de la belleza: Un análisis psicológico en modelos de moda mexicanos. *Psicología Iberoamericana*, v. 27, n. 1, 2019.

PRIEM, Richard. L.; BUTLER, James E. Is the Resource-Based “View” a Useful Perspective for Strategic Management Research? *Academy of Management Review*, v. 26, n. 1, p. 22-40.

REIKE, Denise; VERMEULEN, Walter. J. V.; WITJES, Sjors. The circular economy: new or refurbished as CE 3.0? – Exploring controversies in the conceptualization of the circular economy through a focus on history and resource value retention options. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 135, p. 246-264, 2018.

ROY CHOUDHURY, Asim Kumar. Environmental impacts of the textile industry and its assessment through life cycle assessment. In: MUTHU, S. (eds) Roadmap to sustainable textiles and clothing. *Textile Science and Clothing Technology*, 2014.

STAKE, Robert E. Qualitative research: Studying how things work. [S.l.], 2010.

SEHNEM, Simone; PEREIRA, Susana Carla Farias; JABBOUR, Charbel. Chiapetta; JABBOUR, Ana Beatriz. Improving sustainable supply chains' performance through operational excellence: circular economy approach. *Resources Conservation and Recycling*, v. 149, p. 236-248, 2019.

ŞENER, Tulin; BIŞKIN, Ferdi, KILINÇ, Necmettin Sustainable dressing: Consumers' value perceptions towards slow fashion. *Business Strategy and the Environment*. v. 28, n. 8, p. 1.548-1.557, 2019.

SHEN, Bin Sustainable Fashion Supply Chain: Lessons from H&M. *Sustainability*, v. 6, n. 9, p. 6.236-6.249, 2014.

SOBREIRA, Érica Maria Calíope; SILVA, Clayton Robson Moreira da; ROMERO, Cláudia Buhamra Abreu. Do empowerment and materialism influence slow fashion consumption? Evidence from Brazil. *Journal of Fashion Marketing and Management*, v. 24, n. 3, p. 415-435, 2020.

SPANGENBERG, Joachim; FUAD-LUKE, Alastair; BLINCOE, Karen. Design for Sustainability (DfS): the interface of sustainable production and consumption. *Journal of Cleaner Production*, v. 18, n. 15, p. 1.485-1.493, 2010.

STIGLITZ, Joseph. Growth with exhaustible natural resources: efficient and optimal growth paths. *The Review of Economic Studies*, v. 41, p. 123-137, 1974.

SUNG, Jihyun; WOO, Hongjoo. Investigating male consumers' lifestyle of health and sustainability (LOHAS) and perception toward slow fashion. *Journal of Retailing and Consumer Services*, v. 49, p. 120-128, 2019.

TALAY, Cagri; OXBORROW, Lynn; BRINDLEY, Clare. How small suppliers deal with the buyer power in asymmetric relationships within the sustainable fashion supply chain. *Journal of Business Research*, v. 117, p. 604-614, 2020.

TREJO, Helen; LEWIS, Tasha; ARELLANES, David. Setting the scene for slow fashion: Digital explorations of New York's fibrescape. *Fashion, Style and Popular Culture*, v. 7, n. 2-3, p. 281-295, 2020.

TROIANI, Leonice; SEHNEM, Simone; CARVALHO, Luciano. Moda sustentável: uma análise sob a perspectiva do ensino de boas práticas de sustentabilidade e economia circular. *Cadernos EBAPE. BR*, v. 20, p. 62-76, 2022.

WATKINS, Leah; AITKEN, Robert; MATHER, Damien. Conscientious consumers: a relationship between moral foundations, political orientation and sustainable consumption. *Journal of Cleaner Production*, v. 134, p. 137-146, 2016.

YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos* (5 ed.). Porto Alegre: Bookman, 2015.

Recuperação de recursos materiais – a mineração urbana como ferramenta para a economia circular

Lúcia Helena Xavier
Gisele de Lorena Diniz Chaves

Introdução

Os impactos à saúde humana provenientes da geração de resíduos no meio ambiente têm mobilizado equipes multidisciplinares para a apresentação de soluções técnicas que visem o gerenciamento e a elaboração de mecanismos legais e normativos para a minimização dos impactos potenciais. Dessa forma, têm sido priorizadas propostas que abrangem desde a elaboração de produtos com fácil desmontagem para a recuperação de peças, partes e componentes, até o uso de materiais com menor ou nenhum impacto negativo em sua fabricação. Recentemente, o conceito de economia circular tem priorizado a valorização dos resíduos, os quais passam a ser considerados como potenciais recursos a serem recuperados e reinseridos na cadeia produtiva.

A transição da economia linear (extração-produção-consumo-descarte) para a economia circular (recuperação de valor e recursos a partir do final da vida útil) propõe a destinação ambientalmente adequada dos resíduos e, ao mesmo tempo, a mitigação dos impactos a partir da recuperação de valor. O processo de transição exige a adaptação dos modos de extração, processamento, distribuição, consumo e destinação. Assim, novos modelos produtivos e de negócios passam a ocupar espaço ao longo do ciclo de vida e novas regulamentações e normas passam a se fazer necessárias para a padronização dos requisitos.

Os princípios da economia circular priorizam os seguintes requisitos: pensamento sistêmico, criação de valor, compartilhamento de valor, foco na disponibilidade dos recursos, rastreabilidade dos recursos e resiliência dos ecossistemas. Tais definições encontram-se no

documento que norteia a elaboração da norma ISO 59.004 sobre terminologia, princípios e guia para a implementação da economia circular (CD ISO 59.004). Essa norma foi elaborada por comissões internacionais compostas por 73 países membros e 19 países observadores, sendo publicada em 2024 (ISO/TC 323, 2022; ISO 59004:2024).

Processos como reuso, recondicionamento, remanufatura e reciclagem fazem parte do conjunto de soluções para a implementação de processos circulares (Reike *et al.*, 2018), minimizando os impactos negativos ao longo da cadeia produtiva e do ciclo de vida. Tais processos também são conhecidos como rotas de circularidade (*circularity pathways*) (Hsu *et al.*, 2021). Assim, o conceito de economia circular considera diferentes níveis de abordagens, sendo eles: *i*) propostas conceituais, como repensar e reduzir; *ii*) ciclos mais curtos, como o reuso, reparo e recondicionamento; e *iii*) ciclos mais longos, como a reciclagem química, mecânica ou energética. Os ciclos mais curtos tendem a ser mais eficientes econômica e energeticamente, enquanto os ciclos longos exigem maiores deslocamentos para a consolidação de volumes de produtos e materiais pós-consumo ou infraestrutura apta ao processamento e recuperação de materiais e, por isso, são potencialmente mais custosos.

A economia circular compreende tanto a gestão de bens quanto de serviços para a recuperação de valor ao longo do ciclo de vida. Dessa forma, para além da gestão de produtos pós-consumo como fonte de recursos materiais e energéticos, a economia circular ainda considera a prestação de serviços como potencial de recuperação. A título de exemplo, o conceito de Produto como Serviço (PAAS – Product as a Service) consiste na substituição do modelo tradicional de aquisição de produtos físicos pela oferta de serviços ou *softwares*, uma forma de aumentar a vida útil de produtos por meio da manutenção e aumento do número de usuários ao longo da vida útil do produto e ainda garantir a destinação ambientalmente adequada (Bauwens, 2021). Ciclos de desmaterialização podem contribuir para a redução da demanda por insumos e para a circularidade dos sistemas de produção e consumo.

Dentre os tópicos abrangidos pelo comitê técnico ISO/TC 323, encontra-se a gestão dos materiais secundários que pretende abordar por meio de uma norma específica os princípios e requisitos para a sustentabilidade dos materiais secundários (ISO/AWI 59014). A recuperação desses materiais, por sua vez, consiste na prática da mineração urbana. Apesar de ser um conceito relativamente recente, sua prática tem sido viabilizada em diferentes cadeias produtivas. A seguir, estão detalhados os principais aspectos da mineração urbana como ferramenta para a economia circular.

Revisão da literatura

Conforme discutido por Xavier e Ottoni (2021), diante do potencial esgotamento de reservas naturais ou comprometimento do fornecimento de recursos primários, a mineração urbana propõe reduzir os riscos e viabilizar processos produtivos mediante a disponibilização de materiais secundários. Da mesma forma, regulamentações específicas no setor da mineração convencional

têm priorizado a sustentabilidade socioambiental e, dessa forma, restringido procedimentos de licenciamento de novas áreas de exploração (Sepe *et al.*, 2021).

Diversas práticas de mineração urbana encontram-se definidas na literatura e apontam, em sua maioria, para práticas de recuperação de valor a partir de materiais provenientes de fontes residuais, principalmente. Pode-se minerar fontes como resíduos de demolição e construção civil, esgoto sanitário, resíduo industrial, cinzas de incineração, produtos e demais fontes antropogênicas. Conforme proposto por Cossu e Williams (2015), os principais conceitos relacionados à circularidade contemplam mineração de aterro, mineração urbana, reciclagem de materiais, recuperação de recursos, minimização de resíduos e economia circular.

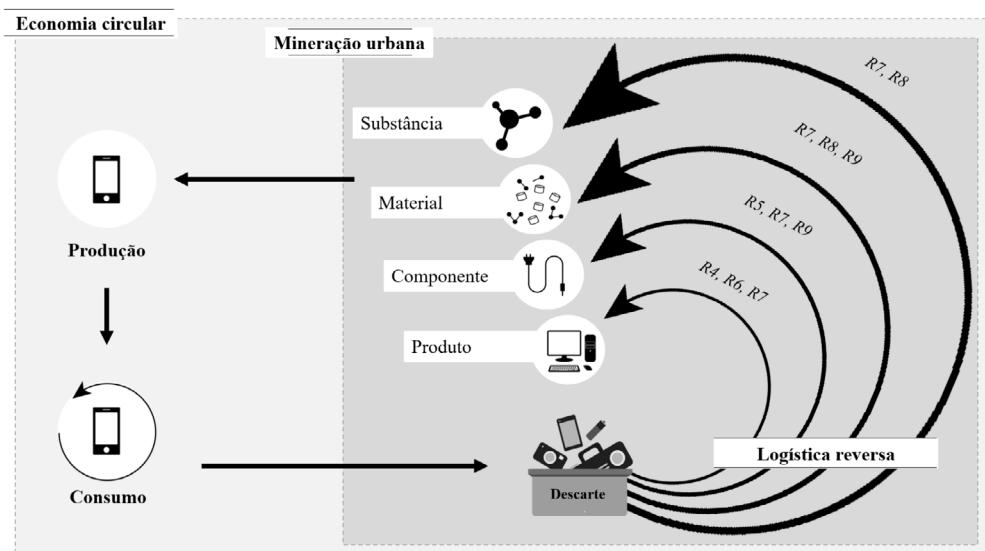
7.1 Recuperação de recursos

Os recursos podem ser de natureza material ou energética. Ao levar em consideração que os recursos materiais compreendem produtos, partes, componentes, substâncias ou materiais, é evidente porque o conceito Waste to Resources (WtR) busca priorizar soluções a partir da obtenção de recursos materiais de fontes secundárias, alinhados ao conceito de economia circular.

Por outro lado, os recursos energéticos são provenientes da destinação de materiais com potencial energético, como é o caso, por exemplo, de algumas resinas plásticas. Nesse sentido, o conceito de Waste to Energy (WtE) abrange esse entendimento e avança por meio de recentes regulamentações no setor. A norma ISO/IEC 13273-2:2015 abrange a eficiência energética a partir de fontes renováveis, sendo uma fonte potencial à biomassa de origem residual, por exemplo. Destaca-se que a definição de recursos renováveis propõe fonte de energia não esgotada pela extração e naturalmente restabelecida a uma taxa mais rápida do que é extraída. Da mesma forma, a norma brasileira ABNT NBR 16849:2020, por exemplo, considera os requisitos para a gestão dos resíduos sólidos urbanos para fins energéticos.

A figura 7.1 apresenta um esquema com os fluxos de recuperação dos recursos proposta por Reike *et al.* (2018). Essa proposta parte dos fluxos originados a partir do descarte e da logística reversa, podendo realizar ciclos mais curtos ou mais longos em processos circulares.

Figura 7.1: Fluxos de circularidade para a recuperação de recursos



Fonte: Ottoni *et al.* (2020).

Os fluxos mais curtos representam, por exemplo, as alternativas de reuso que resultam na recuperação de produtos, peças e componentes, enquanto os ciclos mais longos compreendem etapas de processamento para recuperação de materiais e substâncias como, por exemplo, reciclagem química, mecânica ou energética. Os ciclos curtos ainda podem ser classificados como técnicas não destrutivas (por exemplo: recondicionamento, reparo e remanufatura) e os ciclos mais longos como técnicas destrutivas (por exemplo: Trituração, moagem, cominuição, prensagem, lixiviação e extração por solvente).

Cabe ressaltar que há uma tendência de se considerar as frações residuais como potenciais recursos e, assim, ao avaliar o potencial de recuperação de material ou energia desses recursos, é possível estabelecer as melhores rotas para recuperação de valor, em conformidade com os princípios da economia circular.

7.2 Rotas de circularidade

A economia circular busca a recuperação de valor a partir da circularidade de produtos e materiais ao longo da vida útil. Para tanto, diferentes rotas de circularidade podem ser consideradas e agrupadas em cinco categorias, variando em função de seu impacto. Assim, indo do mais impactante ao menos, temos as seguintes rotas (Reike *et al.*, 2018):

1. reduzir no design;
2. de uma perspectiva de usuário para usuário: *recusar, reduzir e reutilizar*;
3. de uma perspectiva intermediária de usuário para empresa: *reparar, recondicionar e remanufaturar*;
4. de empresa a empresa: *reaproveitamento e reciclagem*;
5. *recuperação energética e remineração*.

Reducir a quantidade de material usado para fabricação dos produtos, envolve a consideração deste princípio como uma diretriz desde os primeiros estágios do design de produtos e serviços. Alguns autores consideram essa redução similar à recusa, mas em nível de empresa, em que o projeto dos produtos pode “recusar” o uso de materiais perigosos ou projetar processos de produção para evitar o desperdício (Bilitewski, 2012) ou, ainda, evitar material virgem (Reike *et al.*, 2018). Essa rota está relacionada ao Ciclo de Vida de Conceito e Design, enfatizando o uso de menos material por unidade de produção, ou a “desmaterialização” como procedimentos do projeto do produto (Reike *et al.*, 2018; Sihvonen; Ritola, 2015).

Outros autores consideram que a *recusa* envolve o consumidor que busca, escolhe comprar ou usar menos bens de consumo, visando a diminuição da geração de resíduos (Allwood *et al.*, 2011). Isso pode envolver também recusar embalagens, sacolas de compras, outros produtos e serviços considerados desnecessários (Kasidoni *et al.*, 2015). Ao recusar comprar ou consumir um determinado produto ou serviço, os usuários pressionam o mercado para a transição para modelos mais circulares.

Por outro lado, *reduzir* implica que as pessoas repensem como podem atender melhor às suas necessidades a partir de impactos mínimos no planeta. Isso implica que os consumidores ou usuários utilizam itens e serviços por mais tempo e comprem novos com menos frequência. Esse conceito pode ser resumido como um comportamento de consumo que visa usar produtos comprados com menos frequência, usá-los com mais cuidado e por mais tempo, ou fazer reparos para prolongar a vida útil (Reike *et al.*, 2018). Já a *reutilização* refere-se à reutilização de um produto, objeto ou substância que não seja resíduo, para a mesma finalidade com a qual foi concebido, sem a necessidade de reparo ou reforma. Esse conceito está muito ligado ao de revenda, desde que isso não implique em *reforma* ou *reparo* (Silva *et al.*, 2013).

Em nível de empresa, o *reparo* refere-se à correção de uma falha especificada em um produto e/ou substituição de componentes defeituosos, visando torná-lo funcional para a finalidade originalmente pretendida. Em suma, o *reparo* prolonga a vida útil do produto. Já o *recondicionamento* refere-se à modificação de um objeto para restaurar o desempenho e/ou funcionalidade, tornando o produto funcional para ser usado a uma finalidade que é, pelo menos, o que foi originalmente pretendido. Por sua vez, a *remanufatura* refere-se a um processo industrial padronizado que ocorre dentro de instalações industriais, no qual o produto ou módulo disfuncional é restaurado para o mesmo estado de novo, atendendo especificações técnicas específicas (Unep, 2022).

No *reaproveitamento*, ao reutilizar bens descartados ou componentes adaptados para outra função, o material ganha um novo ciclo de vida, distinto daquele originalmente proposto (Sihvonen; Ritola, 2015). A *reciclagem* refere-se a processos que submetem produtos e partes a mudanças, visando incluir o material no ciclo produtivo e evitar o descarte de resíduos. Ela propicia uma fonte de suprimentos, mas necessita de sistemas de coleta, tecnologia e infraestrutura (Unep, 2022).

A *recuperação energética* significa capturar a energia incorporada nos resíduos, vinculando-a a algum processo para produção de energia (Sihvonen e Ritola, 2015), tal como a produção de Combustível Derivado de Resíduos para ser utilizado em substituição aos combustíveis fósseis utilizados na indústria de cimentos (Chaves *et al.*, 2021). Nessa etapa, deve-se priorizar rejeitos que não são adequados para processos de reciclagem, evitando desviar resíduos de rotas apropriadas.

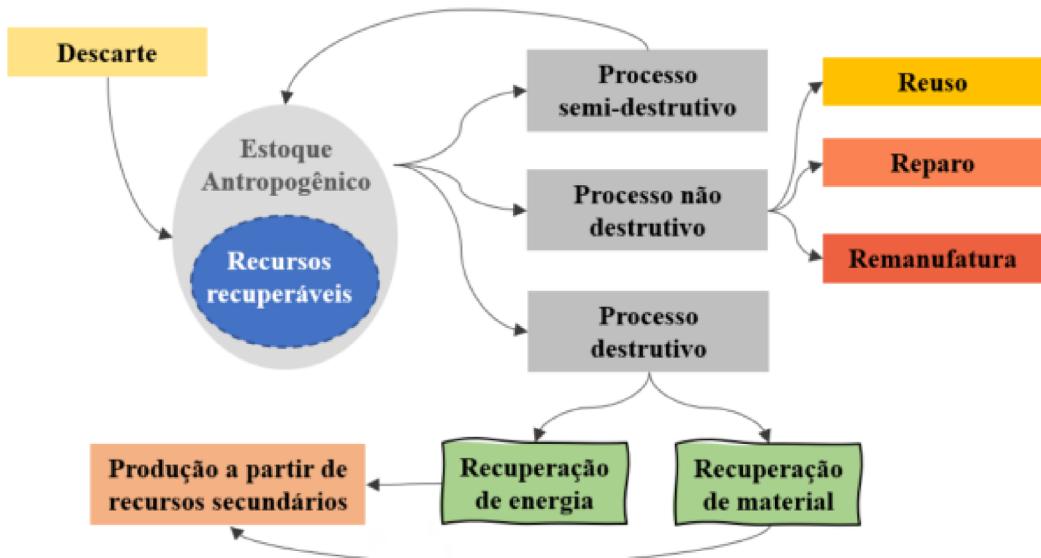
Por fim, a *remineração* ou mineração urbana envolve as atividades de extração e processamento de resíduos previamente estocados (aterros sanitários, rejeitos de minas, dentre outros) (Cossu; Williams, 2015). Em países desenvolvidos, com uma longa história de aterros controlados, os empreendedores começaram a *reminerar* os valiosos recursos armazenados em antigos aterros e outras usinas de resíduos, o que é chamado de mineração de aterro ou mineração urbana (Cossu; Williams, 2015). Retirar partes valiosas dos produtos descartados criou um setor mais ou menos informal, que surgiu em condições muito diferentes. Nos países em desenvolvimento, as pessoas tentam ganhar a vida descartando materiais e itens valiosos de aterros sanitários, contudo, isso geralmente envolve a liberação de substâncias perigosas, representando riscos significativos para a saúde (Reike *et al.*, 2018).

A mineração urbana consiste na recuperação de recursos materiais a partir de fontes residuais, ou seja, materiais secundários oriundos de produtos pós-consumo (Xavier; Ottoni, 2021). Os processos envolvidos na mineração urbana contribuem para a economia circular e possuem vantagens socioeconômicas por contribuir com a configuração de novos modelos de negócio focados na recuperação de recursos a partir de fontes antropogênicas.

A primeira autora a abordar o conceito de mineração urbana foi a arquiteta Jane Jacobs que, no final da década de 1960, inaugurou o que foi chamado de “*urban mining thinking*” (Graedel, 2011). Outros autores avançaram com o conceito, aludindo, inicialmente, a gestão de pontos urbanos que representariam áreas com potencial de exploração de materiais, a exemplo de madeira residual utilizada como fonte de energia (Krook *et al.*, 2004) e cabos subterrâneos fora de uso (Krook *et al.*, 2011). Wallsten *et al.* (2013) apresentaram o conceito de pontos frios (*cold spots*) em referência às áreas potenciais para exploração de materiais secundários. Nesse caso específico, foram analisados os aspectos da exploração de cobre a partir de cabos subterrâneos de transmissão de energia inativos.

A figura 7.2 apresenta a esquematização das rotas de circularidade, com destaque para a prática de mineração urbana. A partir desta representação, é possível identificar a mineração urbana como o conjunto de processos que resulta na recuperação de materiais secundários, alinhado com os princípios da economia circular.

Figura 7.2: A mineração urbana e as rotas de circularidade



Fonte: Elaborado pelas autoras.

O esquema proposto evidencia fluxos a partir do estoque de recursos naturais e prioriza os fluxos a partir dos estoques antropogênicos. Os recursos recuperáveis formam os estoques antropogênicos que, em função de variáveis como valor de mercado, disponibilidade ou exigências legais, serão recuperados e reinseridos no ciclo produtivo. A opção por não recuperar mantém esses estoques estagnados ou em crescimento.

Os estoques antropogênicos sem recuperação de recursos podem ser representados, por exemplo, por bens que atingiram o final da vida útil, mas não foram descartados pelos consumidores, ou seja, produtos pós-consumo que não possuem tecnologia para a recuperação de recursos ou produtos perigosos que aguardam destinação ambientalmente adequada.

Diferentemente dos estoques naturais que apresentam risco de suprimento em razão da escassez de recursos, restrições à exploração ou baixo valor de mercado, os estoques antropogênicos tendem a aumentar em razão do aumento do consumo e redução da vida útil devido ao aumento da obsolescência. Nesse sentido, a mineração urbana fornece uma fonte de matérias-primas independente, tanto no horizonte temporal quanto geograficamente, e, portanto, não é imediatamente afetada negativamente por interrupções de curto prazo no fornecimento primário. Assim, considerar os estoques antropogênicos como potencial fonte de recursos tem mobilizado diferentes áreas de conhecimento com o propósito de consolidação de soluções tecnológicas e instrumentos legais e normativos como suporte à implementação de novos modelos de negócios circulares e sustentáveis. A figura 7.3 sintetiza uma comparação entre a mineração convencional e a mineração urbana:

Figura 7.3: Comparação entre a mineração convencional com a mineração urbana

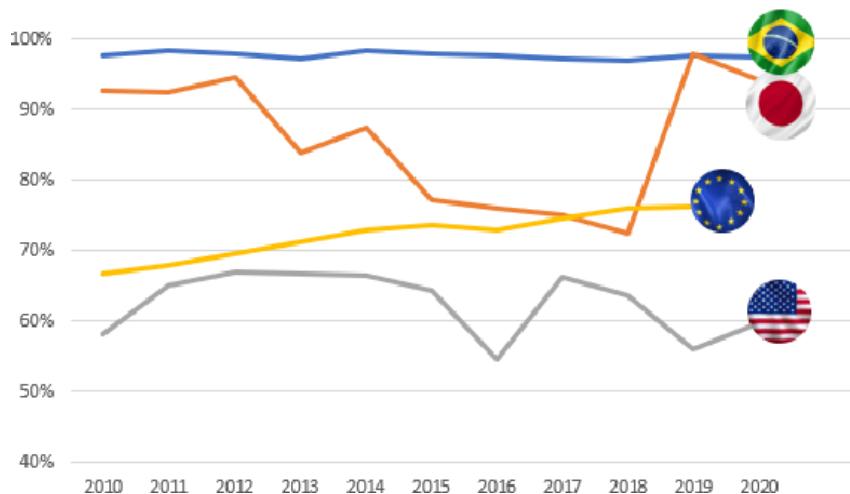
MINERAÇÃO CONVENCIONAL	MINERAÇÃO URBANA
<ul style="list-style-type: none"> - Utiliza recursos geológicos - Recursos finitos: Limitado pela disponibilidade de depósitos geológicos - Requer exploração e caracterização de recursos - Processo que provê todos os metais em uso - Garante a maior parte do fornecimento de metal atualmente - Pode ser fortemente concentrado em poucas localidades - Impacto ambiental significativo - Dificuldade em garantir o apoio da população - Consumidores ou usuários não participam diretamente deste processo 	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliza recursos antropogênicos - Recursos finitos: quantidade limitada de materiais na atmosfera - Requer exploração e caracterização de recursos - Processo que mantém os metais em uso por mais tempo - Fornece contribuições significativas de fornecimento para alguns metais - Exploração descentralizada presente em áreas urbanas, principalmente em países industrializados - Menor impacto ambiental na maior parte dos casos - Menos barreiras para garantir o apoio da população - Consumidores ou usuários participam diretamente deste processo e são essenciais para a coleta dos materiais

Fonte: Elaborado pelas autoras com base em Espinoza *et al.* (2020) e Xavier e Ottoni (2021).

No Brasil, a recuperação de alumínio a partir da coleta e processamento de latas pós-consumo é um exemplo clássico de mineração urbana. A Associação Brasileira do Alumínio (Abal) estima um crescimento de 3,3% do consumo de alumínio em 2022, com volume de 1,651 mil t (Abal, 2022). Verificou-se um crescimento, em 2021, de 35,6% para o setor de transportes, 28,2% para o setor de construção civil, 29,4% para bens e consumo e 16% para embalagens.

O Brasil alcançou o índice de 97,4% de reciclagem das latas de alumínio colocadas no mercado em 2020 (figura 7.4). Após consumo das bebidas, a lata (ou lata, como é comumente chamada), é coletada e encaminhada para o processo de reciclagem. Nessa cadeia, participam organizações de catadores de materiais recicláveis, além dos catadores autônomos, mas também sucateiros e outros intermediários.

Figura 7.4: Índice de reciclagem de latas de alumínio no Brasil e outros países (2010-2020)



Fonte: Elaborado a partir de dados da Associação Brasileira dos Fabricantes de Latas de Alumínio (Abralatas, 2022).

O material proveniente da reciclagem do alumínio, que preserva boa parte de suas características, pode ser utilizado em embalagens do mesmo tipo de produto ou para obtenção de outros produtos. A sucata tem menos etapas para a produção dos perfis extrudados, pois elimina a fase de processamento do alumínio primário, o que consome menos energia. Nesse caso, ocorre a fundição da sucata e posterior fabricação de novos produtos.

Tanto o custo de produção quanto os impactos ambientais são reduzidos. A reciclagem do alumínio minimiza a extração de recursos naturais (neste caso, a bauxita) e economiza 95% da energia necessária no processo de conversão da bauxita em alumínio primário (EPE, 2017). A reciclagem desse material permite fechar o ciclo da cadeia de suprimentos de bebidas e colaborar para a economia circular. Alguns autores, como Figueiredo (2013), ressaltam o papel social da reciclagem das latas de alumínio no Brasil, colaborando com a subsistência de catadores formalizados ou não.

Apesar desse caso de sucesso, outros setores estão enfrentando dificuldades em estruturar seus processos de recuperação de materiais, pois a escassez de recursos naturais e o aumento da demanda por insumos representam fatores que impactam as cadeias de suprimentos, um exemplo emblemático é o das baterias para veículos elétricos. A crescente demanda por baterias e, consequentemente, por materiais críticos, como cobalto, lítio e níquel, trás desafios para garantir a disponibilidade de matérias-primas. Hoje, a relação entre oferta e procura por esses recursos está desbalanceada: há mais procura do que suprimentos para os próximos anos, trazendo incertezas para o setor (Marcos *et al.*, 2021).

7.3 A mineração urbana como ferramenta para a economia circular

A mineração urbana estende a mineração de aterros sanitários ao processo de recuperação de compostos e elementos de qualquer tipo de estoque antropogênico, incluindo edifícios, infraestrutura, indústrias, produtos em uso ou não (Lederer *et al.*, 2014). Portanto, enquanto a mineração convencional garante matérias-primas explorando, extraíndo e refinando recursos naturais, a mineração urbana o faz a partir de recursos antropogênicos. Esse estoque antropogênico pode ser percebido como uma reserva de matéria-prima da mesma forma que se consideram as reservas de recursos naturais. Reformular o que antes era considerado rejeito como uma fonte de materiais é um componente central da economia circular.

Dentro desse contexto da economia circular, a mineração urbana de minerais antropogênicos (ou a chamada reciclagem de resíduos de produtos) é considerada por Nickless (2018) como uma solução única para garantir a disponibilidade de recursos a longo prazo. Ela pode não apenas reduzir a extração de matéria-prima, mas diminuir a necessidade de novos minerais com efeitos ambientais associados (Xavier *et al.*, 2019).

Os materiais estocados podem representar uma fonte significativa de recursos, com concentrações de elementos muitas vezes comparáveis ou superiores aos estoques naturais (Cossu; Williams, 2015). Nesse sentido, a mineração urbana tem uma visão abrangente das matérias-primas e da melhor forma de recuperá-las, percebendo diferentes locais como fontes quase tão ricas quanto as encontradas na natureza.

Essa abordagem oferece garantia de cadeias de suprimentos mais confiáveis e sustentáveis. Como a pandemia da covid-19 demonstrou, a segurança da cadeia de suprimentos é um elemento crítico para superar crises futuras. Enquanto os recursos naturais estão frequentemente concentrados em regiões remotas ou geopoliticamente instáveis, a mineração urbana possibilita fornecer esses recursos de forma descentralizada e mais próxima das unidades de reciclagem e fabricação das cadeias de suprimentos de ciclo fechado. Outros benefícios envolvem aumentar a independência dos recursos naturais e reduzir os custos de transporte. Essa opção de recuperação potencialmente reduz a pressão sobre as reservas de recursos naturais (Zeng *et al.*, 2022).

Apesar dos benefícios, vale ressaltar algumas limitações da mineração urbana, principalmente com a eficiência dos materiais recuperados na utilização em novos produtos, o que já é conhecido devido aos processos de reciclagem. Outras aplicações propostas da mineração urbana, como recuperação de aterros sanitários, não são viáveis devido a limitações regulatórias e práticas, embora possam ser superadas à medida que a tecnologia envolvida nos processos de reciclagem evolua. Vale ressaltar também que o desempenho econômico da mineração urbana é um importante fator para sustentar seu avanço, pois a comparação dos custos com a mineração convencional é essencial para orientar políticas e programas governamentais, assim como orientar o mercado (Zeng *et al.*, 2022). De acordo com Kazançoglu *et al.* (2020), a pesquisa sobre mineração urbana tem se concentrado

principalmente em resíduos eletrônicos, automóveis, baterias e indústria da construção e é um dos temas mais estudados atualmente.

Esse modelo de mineração originalmente se concentrou na recuperação de materiais a partir de aterros sanitários e, posteriormente, avançou para a recuperação a partir de cinzas de incineração, esgoto sanitário e, mais recentemente, a partir de frações que contêm concentrações relativamente altas de metais valiosos, como é o caso dos resíduos elétricos e eletrônicos (REEE). A mineração de REEE, tais como televisores antigos, telefones celulares e computadores, envolve a extração de metais preciosos (como cobre, ouro e platina) de resíduos urbanos (Cossu; Williams, 2015).

Um exemplo é a recuperação de cobre, um produto muito utilizado na fiação elétrica e hidráulica em edifícios, bem como para transmissão e distribuição de energia, mas também abastece equipamentos e máquinas elétricas e eletrônicas. Em 2018, aproximadamente 450 milhões de toneladas de cobre estavam em uso globalmente. Desses, 24 milhões de toneladas eram novos produtos entrando na fase de uso, enquanto 13 milhões de toneladas de cobre deixaram a fase de uso como produtos no final de sua vida útil. Isso significa um acréscimo de 11 milhões de toneladas de cobre ao estoque de produtos em uso naquele ano (Espinoza *et al.*, 2020). Esse acréscimo vem aumentando continuamente nas últimas décadas, o que, consequentemente, eleva o estoque antropogênico de cobre.

Para que a mineração urbana desenvolva todo seu potencial, os reguladores e a indústria têm papéis importantes a desempenhar. Os governos são responsáveis por desenvolver uma estrutura regulatória que incentive a reciclagem em vez de aterros sanitários, direcionando materiais secundários para onde eles são necessários, bem como impulsionando a infraestrutura para apoiar a reciclagem (Zeng *et al.*, 2022). Com base nisso, a próxima seção apresentará uma discussão sobre o desenvolvimento da regulação acerca da mineração urbana no Brasil.

7.4 A mineração urbana como ferramenta para a economia circular

O Brasil não possui, até o momento, regulamentação específica para a economia circular ou mineração urbana. No entanto, o estabelecimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos, a partir da Lei nº 12.305/2010, trouxe possibilidades de regulamentação dos princípios da circularidade a partir, por exemplo, do Decreto nº 10.240/2020, que estabelece os requisitos para a implementação da logística reversa de resíduos eletroeletrônicos no país. O quadro 7.1 apresenta os principais instrumentos regulatórios que afetam a economia circular no Brasil:

Quadro 7.1: Principais instrumentos da regulamentação para a circularidade no Brasil

Regulamentação	Características
Resolução Conama nº 362 de 2005	Estabelece a obrigatoriedade da destinação de óleos lubrificantes pós-consumo por meio do rerrefino.
Resolução Conama nº 401 de 2008	Estabelece os requisitos para coleta e destinação de pilhas e baterias pós-consumo.
Resolução Conama nº 416 de 2009	Estabelece a obrigatoriedade da destinação de pneus pós-consumo.
Resolução Conama nº 465 de 2014	Estabelece a obrigatoriedade da destinação de embalagens pós-consumo de agrotóxicos.
Lei nº 12.305/2010	Estabelecimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos, que impulsionou a criação de acordos setoriais para a gestão de resíduos, como lâmpadas, pilhas e baterias.
Decreto nº 10.240/2020	Regulamentação da implantação dos Sistemas de Logística Reversa para o setor de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos
Decreto nº 10.388/2020	Estabelece requisitos para a implantação do sistema de logística reversa de medicamentos.
Decreto nº 10.657/2021	Estabelece a Política Pró-Minerais Estratégicos (PPME) e procedimentos para o licenciamento.
Resolução nº 2/2021	Especifica a listagem de minerais estratégicos brasileiros.
Decreto nº 10.936/2022	Regulamenta a Política Nacional de Resíduos Sólidos.
Decreto nº 11.044/2022	Estabelece os requisitos do Programa Recicla + para a emissão de créditos de logística reversa.

Fonte: Adaptado do Ibama (2022)

Pode-se verificar que a regulamentação do setor de gestão de resíduos e recursos secundários no Brasil está atingindo uma importante consolidação e harmonização, fato este que possibilitará a inovação tecnológica e a estruturação de novos modelos de negócio alinhados com estratégias globais ao subsídio de ações. Uma dessas estratégias é o alinhamento dos requisitos para a identificação e gestão dos materiais críticos e estratégicos, conforme detalhado a seguir.

7.4.1 Materiais críticos e minerais estratégicos

Em razão das sanções estabelecidas para o setor da mineração tradicional, em especial a partir dos grandes acidentes ambientais ocorridos no Brasil (Ifram, 2021), o segmento da mineração passou a contar com requisitos mais restritivos em relação à tributação e licenciamento ambiental de atividades de extração. O Decreto nº 9.406/2018 atualiza o Código de Mineração (Decreto-Lei nº 227/1967) e apresenta exigências ambientais, como critérios para o fechamento de minas após a exploração e recuperação de áreas degradadas, além de prever que a Agência Nacional de Mineração (ANM) discipline o aproveitamento de rejeitos e resíduos da atividade mineradora, como contribuição à sustentabilidade no setor.

De modo adicional, em 2021, foram publicados o Decreto nº 10.657 (Brasil, 2021a) e a Resolução nº 2 (Brasil, 2021b) que, respectivamente, institui a Política Pró-Minerais Estratégicos e define a relação dos minerais estratégicos. A definição para esse tipo de mineral considera como requisitos os seguintes critérios:

- I – bem mineral do qual o país dependa de importação em alto percentual para o suprimento de setores vitais da economia;
- II – bem mineral que tenha importância pela sua aplicação em produtos e processos de alta tecnologia; ou
- III – bem mineral que detenha vantagens comparativas e que seja essencial para a economia pela geração de superávit da balança comercial do país.

Constam listados na Resolução nº 2 de 2021 do MME, minerais como: enxofre, cobalto, cobre, grafita, lítio, alumínio, nióbio e ferro. Ao todo, são 33 materiais, podendo-se ainda considerar o desdobramento dos minerais de terras raras nos principais minérios explorados, a saber: monazitas, bastnasitas, loparita e argilas lateríticas. Assim, alcançando 37 tipologias de minerais estratégicos.

A importância econômica, aplicação tecnológica ou dependência de importação são os critérios que caracterizam o grau de importância do mineral estratégico. Na mesma linha, a Comissão Europeia estabelece a listagem de materiais críticos, em razão de dois critérios: risco de suprimento e importância econômica. A listagem da Comissão Europeia conta com 30 materiais listados, enquanto o Serviço Geológico Americano contém 54 minerais críticos.

A diversidade de minerais estratégicos ou minerais críticos definidos nos instrumentos regulatórios ou normativos pode ser atualizada em razão da importância econômica e risco de suprimento que venham a apresentar ao longo do tempo. Por isso, as listagens são atualizadas periodicamente pelos respectivos órgãos competentes.

7.5 Aspectos técnicos para a recuperação de materiais secundários

Em linhas gerais, o potencial de reciclagem é definido a partir do volume de coleta, grau de preservação das qualidades físicas e químicas dos materiais após a reinserção no processo produtivo, valor de mercado do material secundário e o custo total do processo (figura 7.5). Em outras palavras, os processos de transformação podem ser inviabilizados pela impossibilidade de coleta de volumes significativos de materiais e produtos pós-consumo devido ao baixo custo do material secundário em relação ao material virgem ou, ainda, pelo custo total do processamento. Destaca-se que o estoque atual em uso e material disponível para reciclagem é predominantemente oriundo de eletrônicos, motores industriais e pequenos.

O processo decisório a respeito da viabilidade da mineração urbana pode incluir diferentes variáveis e, inclusive, o escopo regulatório das organizações ou dos países em questão. Dentre as principais técnicas para a recuperação de materiais secundários estão as técnicas convencionais para transformação de matérias-prima, como as técnicas metalúrgicas para os metais, o processamento de resinas para os plásticos e a produção convencional para os vidros.

Figura 7.5: Técnicas para a recuperação de materiais



Fonte: Adaptado de Xavier e Contador (2022).

Os processos iniciam-se com a coleta dos resíduos. A partir disso, são utilizadas diversas metodologias de reciclagem, que incluem Trituração, triagem, classificação, compactação, enfardamento ou processamento de plásticos e componentes metálicos segregados, seguidos de separação, identificação e testes (Ari; Yilmaz, 2016). Cada etapa é fundamental para a recuperação de metais e para a economicidade da reciclagem. No que diz respeito à recuperação de metais dos REEE, algumas opções de tratamento baseadas em separação física convencional, processos hidro e pirometalúrgicos podem ser utilizadas (Tesfaye *et al.*, 2017).

O pré-processamento do REEE envolve a desmontagem manual do equipamento descartado para isolar componentes individuais, facilitando a separação dos materiais

específicos. O processamento mecânico é uma parte desse estágio, na qual o REEE é triturado em moinhos de martelos, por exemplo (Tesfaye *et al.*, 2017). Os materiais metálicos e não metálicos são separados por técnicas de triagem, magnéticas, ou separação por densidade e é realizada a compactação, que pode ser aplicada também a materiais finos, como poeiras de filtro que ocorrem durante a Trituração (Halstenberg; Stark, 2017). As frações não metálicas dos PCBs são compostas principalmente por resinas termofixas e fibras de vidro. As resinas termofixas não podem ser re-fundidas devido à sua estrutura em cadeia. Contudo, gaseificação, pirólise, despolimerização de fluido supercrítico e degradação hidrogenolítica podem ser aplicados nas frações não metálicas para obtenção de produtos químicos e combustíveis. Nos processos pirometalúrgicos, essas frações não metálicas servem diretamente como fontes de combustíveis e agentes redutores (Tesfaye *et al.*, 2017).

Dentro desses processos vale ressaltar a especificidade dos ímãs de terras raras. Esses ímãs contêm materiais críticos empregados em ampla variedade de produtos, desde pequenos alto-falantes em *smartphones* até grandes turbinas eólicas *offshore*. A recuperação de ímãs de terras raras dessas fontes apresenta desafios adicionais devido à baixa concentração, revestimento magnético, montagem por colagem na posição, fragilidade e suas propriedades magnéticas que causam aderência a componentes ferromagnéticos nos resíduos e nos equipamentos de processamento.

Portanto, a recuperação efetiva de ímãs de terras raras requer trabalho manual ou tecnologias de desmontagem dedicadas e flexíveis. Esses desafios tecnológicos fazem com que apenas pequenas quantidades de ímãs de terras raras pós-consumo sejam recicladas. O uso em larga escala desses ímãs em veículos e turbinas eólicas poderá fornecer um suprimento mais confiável no futuro. No entanto, ainda existem obstáculos organizacionais, logísticos e técnicos que devem ser superados antes que isso possa se tornar uma realidade (Espinoza, 2020).

7.6 Novos modelos de negócio

Os modelos de negócio circulares compreendem processos como desmaterialização ou descarbonização, produção e distribuição circulares, consumo colaborativo, processos colaborativos, extensão da vida útil e recuperação de recursos (materiais e energia) (Arora *et al.*, 2017; Xavier *et al.*, 2019; Ottoni *et al.*, 2020; Mendoza *et al.*, 2022).

Um estudo interessante sobre a recuperação de materiais secundários, como resíduos de demolição e construção, foi desenvolvido por Koutamanis *et al.* (2018), no qual ressaltaram a importância da identificação e exploração dos estoques antropogênicos como forma de se minimizar a escassez de recursos naturais. Para além do atendimento aos requisitos legais, os modelos de negócio circulares possibilitam a recuperação do valor econômico e ambiental a partir do prolongamento da vida útil dos produtos e materiais, bem como a rastreabilidade dos fluxos reversos para reutilização ou reciclagem.

Como metodologias para a mineração urbana, Aldebei e Dombi (2021) enfatizam a importância da análise de fluxos de materiais (MFA) e quantificação de estoques para

avaliação de materiais e energia, bem como a importância da aplicação de modelos prospectivos para previsão de geração de resíduos como fonte de materiais secundários.

Os modelos de negócios para mineração urbana estão incluídos nos princípios da circularidade. No entanto, o foco dessa mineração está na recuperação do valor dos materiais, em vez de se concentrar no preparo para soluções de reutilização que incluem reutilização, recondicionamento, remanufatura e outras alternativas focadas na integridade e funcionalidade de peças e produtos. Ao priorizar a recuperação do valor do material, a mineração urbana precisa considerar fluxos específicos sob critérios econômicos (valor de mercado e criticidade do material), técnicos (disponibilidade/demanda de material e técnicas necessárias para recuperação) e regulatórios (estrutura legal, requisitos ambientais e características de periculosidade). Com base nesses critérios, a avaliação da localização geográfica e dos volumes de materiais secundários pode definir a viabilidade da mineração urbana.

Além das características físicas e tecnológicas, fatores ambientais, regulatórios e econômicos determinam a exploração do potencial desse modelo de mineração. As condições-quadro para a reciclagem abrangem ou afetam aspectos práticos e processuais da (potencial) mineração urbana, tais como a existência de infraestruturas de coleta e reciclagem, incentivos à reciclagem, sistemas de reciclagem obrigatórios, taxas mínimas de reciclagem, sanções para disposição de materiais em aterro, disponibilidade e custos de mão de obra, tecnologias de reciclagem, existência de regulamentação e sua efetiva implementação, saúde e segurança dos trabalhadores (Espinoza *et al.*, 2020).

Kazançoglu *et al.* (2020) realizaram uma ampla revisão da literatura, visando identificar as barreiras que afetam a mineração urbana em países em desenvolvimento. Os autores identificaram 18 barreiras que foram classificadas em seis dimensões principais, a saber: legais, tecnológicas e de infraestrutura, social, econômica, logística e cadeia de suprimentos.

As barreiras da dimensão legal e regulatória consistem em incentivos e apoios econômicos do governo (B1), falta de regras, leis e regulamentos tributários (B2), repetições e lacunas no compartilhamento de papéis e responsabilidades entre diferentes órgãos (B3) e falta de responsabilidade do produtor (B4). Já as dimensões tecnológicas e de infraestrutura consistem na falta de *know-how* sobre tecnologias de reciclagem eficazes (B5) e infraestrutura técnica fragilizada (B6). Além disso, as dimensões sociais abrangem a falta de conscientização sobre mineração urbana (B7), segurança ocupacional e condições de trabalho (B8), falta de competência e educação dos trabalhadores (B9) e impacto ambiental causado pela reciclagem ou recuperação de materiais e processos (B10). A dimensão econômica abrange altos custos de investimento inicial e custos operacionais (B11), incerteza sobre as condições de mercado e falta de dados (B12), falta de economias de escala (B13) e baixo valor de sucata (B14). Outra dimensão é a logística e gestão da cadeia de suprimentos, que abrange a falta de planeamento integrado da cadeia de suprimentos e estruturação da rede (B15), falta de sistemas de coleta robustos e taxas de coleta (B16). Por fim, a última dimensão é a empresarial e de gestão, que consiste em práticas de gestão de resíduos ausentes ou inadequadas (B17), falta de inclusão da circularidade no design do produto e estabelecimento de padrões que

incentivem a circularidade (B18). Todas essas barreiras devem ser abordadas para contribuir para o desenvolvimento da mineração urbana em contexto de economia circular.

Nesse mesmo sentido, Sharma, Joshi e Govindan (2021) também listaram as principais barreiras que afetam a mineração urbana em países emergentes, classificando-as em socioeconômicas, políticas, tecnológicas e ambientais. As barreiras socioeconômicas incluem resultados das práticas éticas, políticas e teóricas, as quais resultam em um certo padrão de tratamento, mas que podem gerar oportunidades baseadas em renda e experiência. A segunda categoria envolve questões políticas, como ações governamentais, diretrizes e estrutura legal vigente no país. A terceira categoria é a tecnológica relacionada a processos técnicos avançados para mineração e reciclagem urbana. Por fim, a quarta barreira diz respeito a questões ambientais, envolvendo a natureza perigosa dos REEE e a falta de compromisso da indústria em implementar práticas de gestão ambiental. O quadro 7.2 apresenta as barreiras apontadas dentro de cada categoria elencada:

Quadro 7.2: Barreiras para a economia circular em países em desenvolvimento

Socioeconômicas
Centros de reciclagem informais e desorganizados. Agentes altamente fragmentados que carecem de monitoramento.
Medidas inadequadas de saúde e segurança. O sistema de descarte inclui queima e disposição em lixões. Ausência de técnicas e práticas seguras para o manuseio do REEE.
Mão de obra não qualificada engajada na reciclagem de REEE.
Descarte de REEE juntamente a resíduo sólido urbano. Sua disposição é feita principalmente no aterro sanitário.
Falta de inclusão de EEEs nos processos de reciclagem devido ao desconhecimento do conteúdo do produto.
Desconhecimento sobre o processo de descarte seguro. O processamento incorreto podem levar à contaminação com materiais tóxicos causando danos à saúde.
Falta de especialistas para conduzir práticas seguras para os REEE.
Maior custo de reciclagem e extração de metais.
Políticas
Importação ilegal de REEE.
Ausência de legislação para lidar com REEE.

Economia circular: conceitos, dimensões e abordagens

Falta de sistema formal integrado de gestão de REEE.
Limitado apoio financeiro do governo. Os incentivos não são atraentes para os recicladores.
Falta de inventário/dados estatísticos abrangentes de REEE devido à informalidade do setor.
Tecnológicas
Falta de instalações formais de tratamento e infraestrutura para mineração urbana.
Falta de processos avançados de mineração para mitigar o efeito adverso do REEE.
Falta de comunicação entre as partes interessadas para o planejamento estratégico da atividade.
Falta de padrões para medição do processo de reciclagem.
Mão de obra ou pessoal menos qualificado.
Menor porcentagem de extração de metais devido a processos ineficientes.
Ambiental
REEE perigoso e nocivo: elementos tóxicos, como mercúrio e chumbo, devem ser testados e eliminados.
Falta de contribuição das empresas manufatureiras para a adoção de práticas de gestão ambiental.
Falta de indicadores ambientais para avaliar os impactos ambientais da atividade de mineração urbana.

Fonte: Elaborado pelos autores com base em Sharma, Joshi e Govindan (2021).

As limitações impostas por situações de restrição de fornecimento de matéria-prima, como as vivenciadas por ocasião da pandemia ou por condição de conflitos armados, evidenciaram a necessidade de redução das incertezas quanto à disponibilidade ou garantia de suprimento, o que demandou a retomada do conceito de proximidade (*proximity principle*). Inicialmente, o Japão propôs a importância da destinação dos resíduos próximo ao local da geração (Okuda; Thomson, 2007). Com a evolução do conceito, a Comissão Europeia estabeleceu (European Comission, 2008) que o resíduo deve ser gerenciado o mais próximo possível do local da produção, com o objetivo de reduzir o impacto ambiental do transporte.

Graedel (2011, p. 49, tradução nossa), em um dos primeiros estudos sobre mineração urbana, afirmou que “cada quilo recuperado e reaproveitado desloca um quilo que deve ser lavrado e processado, com todas as implicações ambientais, sociais e econômicas que essas ações

acarretam²⁹". Tal afirmativa apresenta elementos importantes para a discussão sobre o impacto da mineração tradicional nos ecossistemas naturais e na geração de resíduos. Esse entendimento reforça a importância da mineração urbana na sustentabilidade da recuperação do material.

De acordo com Bauwens (2021), muitas das estratégias circulares são custosas e podem impactar negativamente na lucratividade dos negócios convencionais. Em uma breve comparação, enquanto a mineração convencional é um setor industrial maduro, ou seja, as tecnologias e os processos são estáveis e lucrativos, a estruturação da indústria de mineração urbana é recente e envolve algumas incertezas. Em termos de eficiência de custo, a mineração urbana não tem a mesma competitividade da mineração convencional, pois, em muitos casos, as empresas do setor dependem de subsídios governamentais ou dos produtores para serem sustentáveis.

Os custos e benefícios crescentes da mineração urbana facilitarão a alteração do padrão atual da política de financiamento e subsídio do produtor para o reciclador, às vezes via governo ou organização de responsabilidade do produtor para o reciclador (Zeng *et al.*, 2022). Produtos com vida útil ampliada e soluções de desmaterialização da economia, como as soluções de servitização (PAAS), podem reduzir a demanda por novos produtos no mercado e, assim, reduzir a demanda por insumos.

Por outro lado, há que se observar que novos modelos de negócio são necessários para o estabelecimento de sistemas circulares, uma vez que quanto maior o volume de materiais reciclados, maior a demanda por uma infraestrutura integrada capaz de prover soluções logísticas para coleta, estocagem, seleção e pré-processamento. A cadeia produtiva de sistemas reversos geram novos postos de trabalho e a integração possibilita a otimização desses sistemas, tornando o processo eficiente. De modo adicional, os requisitos legais e normativos, apesar de ser um importante indicador de pressão que pode onerar os sistemas produtivos na busca por adequação ambiental, por exemplo, também pode contribuir para a viabilidade econômica a partir de mecanismos de bonificação, como é o caso da certificação ambiental, créditos de carbono e créditos de logística reversa.

7.7 Considerações finais

Este capítulo buscou abordar aspectos da economia circular ao apresentar os elementos principais para a recuperação de recursos materiais a partir da mineração urbana. Para tanto, foram apresentados os princípios da economia circular, ressaltando sua importância para a mineração urbana enquanto uma importante ferramenta para a circularidade de materiais. Destacou-se o processo de regulamentação da economia circular a partir do TC 323 e a perspectiva de atendimento às principais demandas para a sustentabilidade do consumo e produção, por meio da circularidade dos processos e recuperação de valor.

Para a conceituação de mineração urbana, foram evidenciados os fluxos dos processos reversos, bem como conceituadas e destacadas as rotas de circularidade como etapas

²⁹ *Each kilogram recovered and reused displaces a kilogram that would otherwise need to be extracted and processed, with all the environmental, social and economic implications that such activities entail.*

fundamentais para a mineração urbana. Esse modelo de mineração avança a partir dos preceitos da mineração convencional e propõe a prática da circularidade por meio da dupla função de mitigação dos potenciais impactos a partir da destinação inadequada dos recursos residuais, bem como da redução da pressão dos recursos naturais. Dessa forma, o entendimento a partir do potencial dos estoques antropogênicos é destacado como principal fonte dos recursos de modelos baseados na economia circular.

A discussão sobre os principais aspectos da regulamentação da gestão de recursos no Brasil evidencia uma importante consolidação e harmonização dos instrumentos regulatórios com potencial para estímulo à produção sustentável. Entretanto, o avanço da mineração urbana envolve não somente instrumentos regulatórios, mas também uma efetiva implantação e desdobramentos em programas de incentivos, o que ainda precisa ser desenvolvido no país. Por outro lado, as soluções técnicas, apesar de se basearem em processos tradicionais da gestão de materiais, ainda necessitam de amadurecimento para ampliar sua eficiência em conformidade com os princípios da economia circular.

Assim, são elencadas algumas importantes barreiras para a satisfatória implementação da mineração urbana em escala global e em diferentes dimensões de interesse. Dentre elas, ressalta-se a definição de requisitos legais e normativos, o comprometimento dos órgãos responsáveis, o comprometimento do produtor, infraestrutura e rotas tecnológicas, custos de investimento, falta de conscientização sobre a mineração urbana, o grau de incerteza sobre as condições de mercado e a falta de dados.

A carência de informações relacionadas à geração e gestão de resíduos aflige países de todo o mundo. A falta de rastreabilidade é um dos aspectos fortemente vinculado ao grau de informalidade das atividades envolvidas nos processos de recuperação de valor. Com maior ou menor grau de formalização, vários serviços e processos intermediários encontram-se estabelecidos, mas ainda com pouco ou nenhum registro ou documentação que permita a rastreabilidade e o registro de informações.

Por fim, a gestão de recursos materiais, a partir da mineração urbana, mostra-se como um importante mecanismo de recuperação de valor alinhado aos princípios da economia circular e com significativo potencial para a consolidação de novos modelos de negócio. No entanto, deve-se observar aspectos-chave como o amadurecimento dos instrumentos regulamentadores, a exemplo de subsídio aos processos de documentação e rastreabilidade. Assim, contribuindo para a redução do grau de incerteza para a construção de bases de informações confiáveis e viabilizando processos produtivos amparados por soluções tecnológicas compatíveis com a circularidade.

Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq (processo 312382/2021-9) e ao CETEM/MCTI (TED MME 240127) pelo apoio financeiro e operacional à realização deste estudo.

Referências

- ABAL. Associação Brasileira do Alumínio. *Índice de Reciclagem de Latas de Alumínio para Bebidas 2009-2021*. 2022. Disponível em: <https://abal.org.br/estatisticas/nacionais/reciclagem/latas-de-aluminio-2009-2021/>. Acesso em: maio 2023.
- ABRALATAS. Associação Brasileira dos Fabricantes de Latas de Alumínio. *Relatório consolidado de práticas ESG – Setor dos fabricantes de latas de alumínio do Brasil 2020-2021*. 2022. Disponível em: https://www.abralatas.org.br/wp-content/uploads/2022/12/relatorio_ESG_ABRALATAS_2022.pdf. Acesso em: maio 2023.
- ALDEBEI, Faisal; DOMBI, Mihali. Mining the built environment: telling the story of urban mining. *Buildings*, v. 11, n. 9, p. 388, 2021.
- ALLWOOD, Julian M.; ASHBY, Michel F.; GUTOWSKI, Thimoty G.; WORRELL, Ernst. Material efficiency: a white paper. *Resources, conservation and recycling*, v. 55, n. 3, p. 362-381, 2011.
- ARI, Erkan; YILMAZ, Veysel. A proposed structural model for housewives' recycling behavior: A case study from Turkey. *Ecological Economics*, v. 129, p. 132-142, 2016.
- ARORA, Rachna; PATEROK, Katherine; BANERJEE, Abhijit; SALUJA, Manjeet Singh. Potential and relevance of urban mining in the context of sustainable cities. *IIMB management review*, v. 29, n. 3, p. 210-224, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR 16849:2020 — Resíduos sólidos urbanos para fins energéticos — Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2020. 30 p. ISBN 978-85-07-08446-4.
- BAUWENS, Thomas. Are the circular economy and economic growth compatible? A case for post-growth circularity. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 175, 2021.
- BILITEWSKI, Bernd. The circular economy and its risks. *Waste management*, v. 1, n. 32, p. 1-2, 2012.
- BRASIL. Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967. *Código de Mineração*. Diário Oficial da União: Brasília, 1967. Disponível em: https://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/cm_00.php. Acesso em: maio 2023.
- BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Responsabilidade técnica – Resoluções do CONAMA. Brasília, DF: IBAMA, 14 fev. 2022. Disponível em: https://www.gov.br/ibama/pt-br/servicos/cadastros/ctf/ctf-aida/20220214_Responsabilidade_tecnica_Resolucoes_do_Conama.pdf. Acesso em: 23/05/2025.

Economia circular: conceitos, dimensões e abordagens

BRASIL. Decreto nº 9.406, de 12 de junho de 2018. Regulamenta o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967, a Lei nº 6.567, de 24 de setembro de 1978, a Lei nº 7.805, de 18 de julho de 1989, e a Lei nº 13.575, de 26 de dezembro de 2017. Brasília, 2018. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9406.htm. Acesso em: maio 2023.

BRASIL. Decreto nº 9.406, de 12 de junho de 2018. Regulamenta o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração), a Lei nº 6.567, de 24 de setembro de 1978, a Lei nº 7.805, de 18 de julho de 1989, e parte da Lei nº 13.575, de 26 de dezembro de 2017. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 jun. 2018. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2018/decreto-9406-12-junho-2018-786851-norma-pe.html>. Acesso em: 17/03/2025.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Mineração – IBRAM. Relatório Anual de Atividades 2021. Rio de Janeiro: IBRAM, 2022. Disponível em: https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2022/02/IBRAM_Relatorio-Anual-2021_VF-1.pdf. Acesso em: 17/03/2025.

BRASIL. Decreto nº 10.657, de março de 2021. Institui a Política de Apoio ao Licenciamento Ambiental de Projetos de Investimentos para a Produção de Minerais Estratégicos – Pró-Minerais Estratégicos, dispõe sobre sua qualificação no âmbito do Programa de Parcerias de Investimentos da Presidência da República e institui o Comitê Interministerial de Análise de Projetos de Minerais Estratégicos. Brasília, 2021a. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2021/Decreto/D10657.htm. Acesso em: maio 2023.

BRASIL. Decreto nº 10.240, de 12 de fevereiro de 2020. Regulamenta o inciso VI do caput do art. 33 e o art. 56 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, e complementa o Decreto nº 9.177, de 23 de outubro de 2017, quanto à implementação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 fev. 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10240.htm

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União: Seção 1, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 18/04/2025.

BRASIL. Resolução nº 2, de 24 de março de 2021. *Define a relação de minerais estratégicos para o País, de acordo com os critérios de que trata o art. 2º do Decreto nº 10.657*. Brasília, 2021b.

CHAVES, Gisele; SIMAN, Renato; RIBEIRO, Glaydston; CHANG, Ni-Bin. Synergizing environmental, social, and economic sustainability factors for refuse derived fuel use in cement industry: a case study in Espírito Santo, Brazil. *Journal of Environmental Management*, v. 288, p. 112.401, 2021.

COSSU, Raffaello.; WILLIANS, Ian D. Urban mining: Concepts, terminology, challenges. *Waste Management*, v. 45, p. 1-3, 2015.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Análise da eficiência energética em segmentos industriais selecionados – Segmento Alumínio. Rio de Janeiro, EPE, 2017.

ESPINOZA, Luis Tercero; ROSTEK, Leon; LOIBL, Antonia; STIJEPIĆ, Denis. The promise and limits of Urban Mining: potentials, trade-offs and supporting factors for the recovery of raw materials from the anthroposphere. *Fraunhofer Institut for Systems and Innovations Research ISI*, 2020. Disponível em: https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/ccn/2020/Fraunhofer_ISI_Urban_Mining.pdf. Acesso em: jul. 2022.

EUROPEAN COMMISSION. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives, 2008. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008L0098=20180705-&from-EN>. Acesso em: jul. 2022.

EUROPEAN COMMISSION, 2020. European Commission Joint Research Center (EU JRC), CRM list 2020. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0474&from=EN>. Acesso em: jul. 2022.

FIGUEIREDO, Fábio Fonseca. Ambientalismo Econômico na Indústria da Reciclagem dos Materiais no Brasil. In: *Encontros de Socioeconomia do Meio Ambiente e Política Ambiental*. Natal: DPP/CCHLA, 2013.

GRAEDEL, Thomas E. The prospects for urban mining. *Bridge*, v. 41, n. 1, p. 43-50, 2011.

HALSTENBERG, Friedrich Andreas; STARK, Rainer. Introducing product-service system architectures for realizing circular economy. *Procedia Manufacturing*, v. 8, p. 369-376, 2017.

HSU, W.T.; DOMENECH, T.; McDOWALL, W. How circular are plastics in the EU?: MFA of plastics in the EU and pathways to circularity. *Cleaner Environmental Systems*, v. 2, p. 100.004, 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. Magalhães, A. S., Domingues, E. P. Aumento da eficiência energética no Brasil: uma opção para uma economia de baixo carbono?. *Economia Aplicada*, v. 20, n. 3, p. 273-310, 2016.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). ISO 59014:2024 — Environmental management and circular economy — Sustainability and traceability of the recovery of secondary materials — Principles, requirements and guidance. Geneva: ISO, Oct. 2024. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/80694.html>

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO); INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC). ISO/IEC 13273-1:2015 – Energy efficiency and renewable energy sources – Common international terminology – Part 1: Energy efficiency. Genebra: ISO/IEC, 2015. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/62606.html>. Acesso em: 09/01/2024.

Economia circular: conceitos, dimensões e abordagens

ISO/TC, 2022. ISO – ISO/TC 323 – Circular economy. Disponível em: <https://www.iso.org/committee/7203984.html?view=participation>. Acesso em: 20 fev. 2024.

ISO 59004:2024. Circular economy: Vocabulary, principles and guidance for implementation. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/80648.html>. Acesso em: 20 fev. 2024.

JACOBS, Jane. *The Economy of Cities*. New York: Random House, 1969.

KASIDONI, Maria; MOUSTAKAS, Konstantinos; MALAMIS, Dimitris. The existing situation and challenges regarding the use of plastic carrier bags in Europe. *Waste Management & Research*, v. 33, n. 5, p. 419-428, 2015.

KAZANÇOGLU, Yigit; ADA, Erhan; OZTURKOGLU, Erhan Yucel; OZBILTEKIN, Erhan. Analysis of the barriers to urban mining for resource melioration in emerging economies. *Resources Policy*, v. 68, p. 101.768, 2020.

KOUTAMANIS, Alexander; REIJN, Boukje; BUEREN, Ellen Van. Urban mining and buildings: A review of possibilities and limitations. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 138, p. 32-39, 2018.

KROOK, Joakim; MÅRTENSSON, Anna; EKLUND, Mats. Metal contamination in recovered waste wood used as energy source in Sweden. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 41, n. 1, p. 1-14, 2004.

KROOK, Joakim; CARLSSON, Annica; EKLUND, Mats; FRÄNDEGÅRD, Per; SVENSSON, Niclas. Urban mining: hibernating copper stocks in local power grids. *Journal of cleaner production*, v. 19, n. 9-10, p. 1052-1056, 2011.

LEDERER, Jakob; LANER, David; FELLNER, Johann. Uma estrutura para a avaliação de recursos antropogênicos: o estudo de caso dos estoques de fósforo na Áustria. *Journal of cleaner production*, v. 84, p. 368-381, 2014.

MARCOS, J. T.; SCHELLER, C.; GODINA, R.; SPENGLER, T. S.; CARVALHO, H. Sources of uncertainty in the closed-loop supply chain of lithium-ion batteries for electric vehicles. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, v. 1, p. 100.006, 2021.

MENDOZA, Joan Manuel F.; GALLEGOSCHMID, Alejandro; VELENTURE, Anne P. M.; JENSEN, PAUL D., IBARRA, Dorleta. Circular economy business models and technology management strategies in the wind industry: Sustainability potential, industrial challenges and opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 163, p. 112.523, 2022.

NICKLESS, Edmund. Resourcing future generations: a contribution by the earth science community. *Natural Resources Research*, v. 27, n. 2, p. 143-158, 2018.

OKUDA, Itaru; THOMSON Vivian. Regionalization of municipal solid waste management in Japan: balancing the proximity principle with economic efficiency. *Environmental Management*, v. 40, n. 1, p. 12-19, 2007.

OTTONI, Marianna; DIAS, Pablo; XAVIER, Lúcia Helena. A circular approach to the e-waste valorization through urban mining in Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of Cleaner Production*, v. 261, p. 120.990, 2020.

REIKE, Denise; VERMEULEN, Walter. J.V.; WITJES, Sjors. The circular economy: new or refurbished as CE 3.0? – exploring controversies in the conceptualization of the circular economy through a focus on history and resource value retention options. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 135, p. 246-264, 2018.

SEPE, Josiê; HERMANN, Hildebrando; SALVADOR, Nemésio Neves Batista. Mineração, responsabilidade socioambiental e sustentabilidade. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 10, n. 4, p. 401-422, 2021.

SHARMA, Manu; JOSHI, Sudhanshu; GOVINDAN, Kannan. Issues and solutions of electronic waste urban mining for circular economy transition: An Indian context. *Journal of Environmental Management*, v. 290, p. 112.373, 2021.

SIHVONEN, Siru; RITOLA, Tuomas. Conceptualizing ReX for aggregating end-of-life strategies in product development. *Procedia Cirp*, v. 29, p. 639-644, 2015.

SILVA, Diogo Aparecido Lopes; RENÓ, Gece Wallace Santos; SEVEGNANI, Gustavo; SEVEGNANI, Tacila Berkenbrock; SERRA, Oswaldo Mário. Comparison of disposable and returnable packaging: a case study of reverse logistics in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, v. 47, p. 377-387, 2013.

TESFAYE, F., LINDBERG, D., HAMUYUNI, J., TASKINEN, P., & HUPA, L. Improving urban mining practices for optimal recovery of resources from e-waste. *Minerals Engineering*, v. 111, p. 209-221, 2017.

UNEP. Circularity Platform, 2022. Disponível em: <https://buildingcircularity.org/>. Acesso em: jul. 2022.

USGS. U.S. Geological Survey. Draft list of critical minerals. Washington, D.C.: *Department of the Interior*, 2021. Disponível em: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2021-11-09/pdf/2021-24488.pdf>. Acesso em: jul. 2022.

WALLSTEN, Björn; CARLSSON, Annica; FRÄNDEGÅRD, Per; KROOK, Joakim; SVANSTRÖM, Stefan. To prospect an urban mine – assessing the metal recovery potential of infrastructure “cold spots” in Norrköping, Sweden. *Journal of Cleaner Production*, v. 55, p. 103-111, 2013.

XAVIER, Lúcia Helena; GIESE, Ellen Cristine; RIBEIRO-DUTHIE, Ana Cristina; LINS, Fernando Antonio Freitas. Sustainability and the circular economy: A theoretical approach focused on e-waste urban mining. *Resources Policy*, p. 101.467, 2019.

XAVIER, Lúcia Helena; OTTONI, Marianna. Mineração urbana: conceitos e análise do potencial dos resíduos eletroeletrônicos, 1^a ed. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral, 2021. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/2483>. Acesso em: jul. 2022.

XAVIER, L.H.; CONTADOR, L. State of the art in the recovery of secondary materials from post-consumer batteries. *International Conference on Resource Sustainability*, 2022.

ZENG, Xianlai; XIAO, Tongxin; XU, Guochang; ALBALGHITI, Eva; SHAN, Guijuan; LI, Jinhui. Comparing the costs and benefits of virgin and urban mining. *Journal of Management Science and Engineering*, v. 7, n. 1, p. 98-106, 2022.

Economia circular, ecologia industrial e símbiose industrial

Emília de Oliveira Faria

Introdução

A Revolução Industrial compôs um cenário de transformações sociais e econômicas, no qual as máquinas tornaram-se o principal meio de produção. Fábricas, chaminés, força de trabalho industrial e tecnologia transformaram o modo de vida da sociedade (Meadows; Randers, 2004). Esse novo modelo, baseado na expansão industrial e no consumo em massa, acelerou a extração, o processamento e, consequentemente, o esgotamento dos recursos naturais. O padrão da atividade econômica foi construído a partir de um fluxo permanente de materiais que são extraídos, transformados, consumidos e descartados. De 1970 a 2017, a extração global de materiais triplicou e não apresenta tendência de declínio ou estabilização para os próximos anos (Oberle *et al.*, 2019).

Diante desse contexto crítico, novas perspectivas, como a ecologia industrial (EI) e a economia circular (EC), surgem em busca de melhores estratégias para lidar com as consequências ecológicas das atividades industriais. O campo de estudos da EI propõe o modelo de ciclos de materiais, nutrientes e energia dos ecossistemas naturais como um modelo ideal para as relações entre as indústrias. A abordagem baseia-se no estudo dos fluxos de materiais e energia das atividades industriais e humanas e os efeitos desses fluxos no meio ambiente (Lifset; Graedel, 2002).

Recentemente, nessa mesma linha, a EC surgiu como um sistema econômico alternativo que representa uma mudança de paradigma na forma como a sociedade humana se relaciona com a natureza. Visa impedir o esgotamento de recursos, fechar ciclos de energia e materiais, assim como facilitar o desenvolvimento sustentável por meio de sua implementação nos níveis micro, meso e macro (Prieto-Sandoval; Jaca; Ormazabal, 2018).

As duas abordagens possuem princípios em comum, sendo que a simbiose industrial (SI), subcampo da EI, foi reconhecida como um elemento fundamental na implementação dos objetivos da EC. Por definição, a SI é um processo social complexo em que diferentes atores industriais, ao identificarem o potencial dos seus recursos subutilizados, conectam seus fluxos de material secundário, água, recursos energéticos, serviços, infraestrutura e tecnologia (Boons *et al.*, 2016). A EC considera a SI um modelo de negócios sustentável de escala local ou regional, que tem como pilares a inovação técnica e colaboração (Baldassarre *et al.*, 2019; Cecchin *et al.*, 2020).

A Comissão Europeia, em seu Plano de Ação para a Economia Circular (2020-2077), estabelece uma estratégia orientada para o futuro. No intuito de criar uma Europa mais sustentável e mais competitiva, define como uma das principais medidas a serem adotadas a promoção e difusão da SI (Comissão Europeia, 2020). A Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial também reconhece a SI como uma ferramenta eficaz para superar os desafios do desenvolvimento industrial inclusivo e sustentável no âmbito dos Objetivos de Desenvolvimento (ODS) (World Bank, 2021).

Nesse sentido, devido à relevância da SI como uma alternativa possível para reduzir os impactos ambientais da atividade industrial, este capítulo se propõe a explicar como as organizações podem atingir a sustentabilidade a partir dos principais conceitos e desdobramentos da EI e da SI. Para isso, exemplos práticos serão apresentados de modo a ilustrar o processo de implementação da SI, as lições aprendidas e os benefícios alcançados a partir dessas experiências.

Revisão teórica

Nesta seção, serão apresentados os principais termos e conceitos relacionados às abordagens da ecologia industrial (EI), simbiose industrial (SI) e economia circular (EC). É importante enfatizar que essas perspectivas preconizam experiências de produção e consumo baseadas em um modelo industrial destinado a otimizar o uso de recursos, reduzir ou eliminar o desperdício, e, sobretudo, preservar a viabilidade ecológica dos sistemas naturais.

Em que pese a relevância de todos os atores (governos, instituições de pesquisa, indústria, cidadãos, entre outros) nesse processo de transição para um modelo mais sustentável de sociedade, o foco do capítulo será as organizações e como elas podem atingir a sustentabilidade a partir de exemplos práticos de implementação da SI.

8.1 Ecologia industrial e simbiose industrial

Debates acerca da pertinência dos seres humanos e da sociedade nos estudos da ecologia remontam ao período de 1866, quando foi cunhada a definição para esse conceito. O desenvolvimento da ecologia humana, em paralelo à ecologia biológica, gerou uma série de percepções profícias sobre a relação dos seres humanos com a natureza ao incluir disciplinas como geografia social, antropologia e sociologia nesse debate (Boons, F. A.; Howard-Grenville, 2009).

A partir de 1960, a compreensão do sistema industrial como um subsistema da biosfera e a preocupação crescente sobre as consequências negativas da sociedade para os ecossistemas se manifestaram de forma mais contundente em estudos, como os de Carson (1962), Boulding (1966) e Odum (1969). Alinhado a esse movimento intelectual, o campo de estudos da EI estava em seus estágios iniciais de desenvolvimento em meados da década de 1970.

E conceito de ecossistema industrial ganha notoriedade a partir dos estudos de Frosch e Gallopolous (1989), que o definem como um sistema integrado em que o consumo de energia e materiais é otimizado e os efluentes de um processo servem como matéria-prima para outro processo. Ao propor esse modelo, eles reconhecem a ineficiência dos modelos tradicionais em otimizar o uso dos recursos e reduzir o impacto no ambiente.

Embora seja possível encontrar exemplos de organizações que buscavam reduzir o desperdício e reaproveitar resíduos e outros materiais que remontam à Primeira Revolução Industrial (Desrochers, 2002), é importante lembrar que a EI baseia-se em uma perspectiva muito mais ampla do que apenas reduzir ou reutilizar resíduos. A EI visa a gestão integrada de todos os recursos (não apenas resíduos), com a proposta de um novo modelo de desenvolvimento industrial no qual seja possível harmonizar os processos produtivos e os limites da natureza (Erkman, 2002; Lifset; Graedel, 2002).

Erkman (1997) aponta três pontos chave sobre essa perspectiva: *i*) é uma visão sistemática, compreensiva e integrada de todos os componentes da economia industrial e sua relação com a biosfera; *ii*) enfatiza os padrões complexos dos fluxos materiais dentro e fora do sistema industrial, em oposição aos modelos vigentes, os quais consideram a economia somente em termos de unidades monetárias ou fluxos de energia; *iii*) considera a evolução da tecnologia como algo crucial para a transição de um modelo industrial insustentável para um ecossistema industrial viável. De modo a sintetizar o escopo e os objetivos da EI, seus elementos centrais foram elencados no quadro 8.1:

Quadro 8.1: Síntese conceitual da ecologia industrial

Elemento	Descrição conceitual
Analogia biológica	O ciclo eficiente de recursos em um sistema biológico é considerado como um modelo ideal para os sistemas industriais.
Uso da perspectiva sistêmica	Compreensão mais ampla das análises ambientais a partir do uso da perspectiva do ciclo de vida, das análises dos fluxos de materiais e energia, da modelagem de sistemas e da interdisciplinaridade.
O papel da mudança tecnológica	A inovação tecnológica como um meio para resolver as questões ambientais.

Elemento	Descrição conceitual
O papel das organizações	Empresas como um agente importante em função do potencial em promover melhorias ambientais a partir do conhecimento tecnológico e da proposta de políticas.
Eco eficiência	Como as empresas podem alcançar um determinado nível de produção com uso reduzido de recursos ambientais.
Desmaterialização	Redução da quantidade de materiais utilizados para realizar uma tarefa.
Pesquisa e práticas voltadas para o futuro	Como agir de forma diferente para evitar a criação de problemas ambientais, evitando danos irreversíveis e que são caros para remediar.

Fonte: Elaborado com base em Lifset e Graedel (2002).

Os elementos da EI operam em três escalas diferentes: no nível da firma ou processo, no nível entre firmas (redes, distritos ou setores) e no nível regional, nacional ou global (Lifset; Graedel, 2002). À medida que a implementação da EI avança para o nível de uma única operação ou planta de produção industrial às escalas maiores, como um parque industrial, o nível de complexidade dos processos e dos insumos também aumenta (Diwekar; Small, 2002).

A perspectiva da EI considera os fluxos pelos quais a energia e os materiais se movem como unidade de análise. A partir dessa ótica, é possível investigar como as atividades de consumo e geração de resíduos podem ser reorganizadas e integradas entre si e com o meio ambiente (Côté; Hall, 1995).

Nesse sentido, de modo a compreender esses fluxos, surge o subcampo da ecologia industrial, conhecido como simbiose industrial. A SI passa a ser um conceito central no desenvolvimento da EI. Em uma das primeiras iniciativas de definição do conceito, Chertow (2000) revisou a literatura ainda incipiente à época e definiu o conceito como um processo que consistia em trocas locais entre diferentes organizações com o propósito de criar vantagem competitiva ao envolver trocas físicas de materiais, energia, água e subprodutos.

Entretanto, a SI não se limita apenas a trocas de recursos, ela concentra-se em variadas formas de otimização de recursos baseadas na colaboração entre diferentes indústrias e atividades, com o objetivo de superar as barreiras tradicionais da organização de modo a alcançar um melhor desempenho coletivo ambiental. Lombardi e Laybourn (2012) propuseram uma atualização do conceito proposto por Chertow (2000) de modo a comunicar a essência da SI como uma ferramenta colaborativa que, ao engajar diversas organizações em uma rede de cooperação, promove a ecoinovação e a mudança cultural a longo prazo.

À medida que as noções de SI foram se materializando em diversas partes do mundo, estudiosos da área se juntaram no intuito de adotar uma terminologia para a SI de modo a facilitar a comparação entre os diversos casos empíricos relatados. Desse modo, Boons

et al. (2016) reconhecem a SI como um processo social de conexão de fluxos entre atores industriais por meio de: *i*) uso de material secundário, água e recursos energéticos e/ou *ii*) compartilhamento de serviços e utilidades, ou seja, o uso compartilhado e a gestão de recursos comumente utilizados, como energia, água e águas residuais ou a disposição conjunta de serviços que atenderia as necessidades comuns das empresas para atividades auxiliares, como transporte, alimentação e brigada de incêndio. Esse processo pressupõe, em diferentes graus, desenvolvimento e mobilização de recursos intangíveis, como capital intelectual e capital social por atores públicos e/ou privados.

À medida que os casos de SI foram surgindo e sendo relatados na literatura, percebeu-se que seria importante definir uma terminologia para facilitar a comparação entre fenômenos empíricos em diferentes regiões. Assim, a SI passa a ser considerada como um processo dinâmico que envolve uma série de eventos através dos quais as conexões são construídas, mantidas e eventualmente dissolvidas. A tipologia proposta por Boons *et al.* (2016) elenca sete dinâmicas diferentes de SI (quadro 8.2). Cada dinâmica e suas características seriam suficientes para produzir uma rede simbiótica.

Quadro 8.2: Sete tipos da dinâmica de simbiose industrial

Tipologia	1. Auto-organização	2. Alteração no limite organizacional	3. Organização facilitadora/intermediadora	4. Aprendizagem coletiva	5. Projeto piloto de facilitação e disseminação	6. Planejamento governamental	7. Desenvolvimento ecoinustrial
Ator(es) iniciais	Indústrias	Indústrias	Organização pública ou privada	Organização pública ou privada	Organização pública ou privada	Atores governamentais	Atores governamentais e/ou indústrias
Definição	Trocas simbióticas ocorrem sem um grande plano para o desenvolvimento da rede. As conexões que constituem a rede desenvolveram-se de forma mais ou menos autônoma.	As oportunidades de trocas simbióticas surgem como resultado de reestruturação organizacional que leva a busca por novos parceiros.	Os benefícios esperados das trocas simbióticas são motivados pelas atividades do mediador que ativamente busca revelar oportunidades de SI.	O desenvolvimento das trocas simbióticas está inserido em um processo de aprendizagem coletiva. As experiências adquiridas retroalimentam o desenvolvimento de novas trocas.	Projetos pilotos são usados para desenvolver melhores práticas para o desenvolvimento das trocas simbióticas.	O desenvolvimento das trocas não está baseado no surgimento de oportunidades de negócios, mas na função de comando e controle do governo.	O desenvolvimento da SI ocorre como parte de uma agenda mais ampla relacionada ao re-desenvolvimento econômico regional.
Motivações	Benefícios econômicos e ambientais da SI	Ecoeficiência e estratégia de negócios	Melhorar a transparência de mercado para empresas que desenvolvem SI.	Permitir que as empresas desenvolvam conhecimento tácito e trocas de experiências.	Aprender a partir de outros casos de SI já existentes e implementar.	Aprender a partir de outros casos de SI já existentes e implementar.	Inovação e desenvolvimento econômico

Fonte: Boons *et al.* (2016).

É importante ressaltar que essa tipologia não é estanque, tampouco excludente, visto que uma dinâmica pode ter sido motivada inicialmente por uma série de fatores e ser classificada em determinada tipologia, mas com o passar do tempo pode se apresentar com uma nova configuração e mudar sua dinâmica. De modo a exemplificar essas tipologias, alguns casos empíricos de implementação da SI serão apresentados a seguir.

8.1.1 Tipologia 1: Auto-organização – Distrito Industrial de Kalundborg/Dinamarca

Um dos casos mais disseminados de SI é o distrito de Kalundborg, na Dinamarca. Esse ecossistema industrial não foi planejado com o intuito de ser um ecoparque industrial, pois a dinâmica encontrada em Kalundborg emergiu das práticas organizacionais do setor privado com o objetivo de reduzir custos, aumentar receita, expandir os negócios e garantir acesso à água e energia (Ehrenfeld; Gertler, 1997; Jacobsen, 2006). Ou seja, a dinâmica de SI do distrito industrial de Kalundborg pode ser classificada na tipologia de Boons *et al.* (2016) como auto-organização.

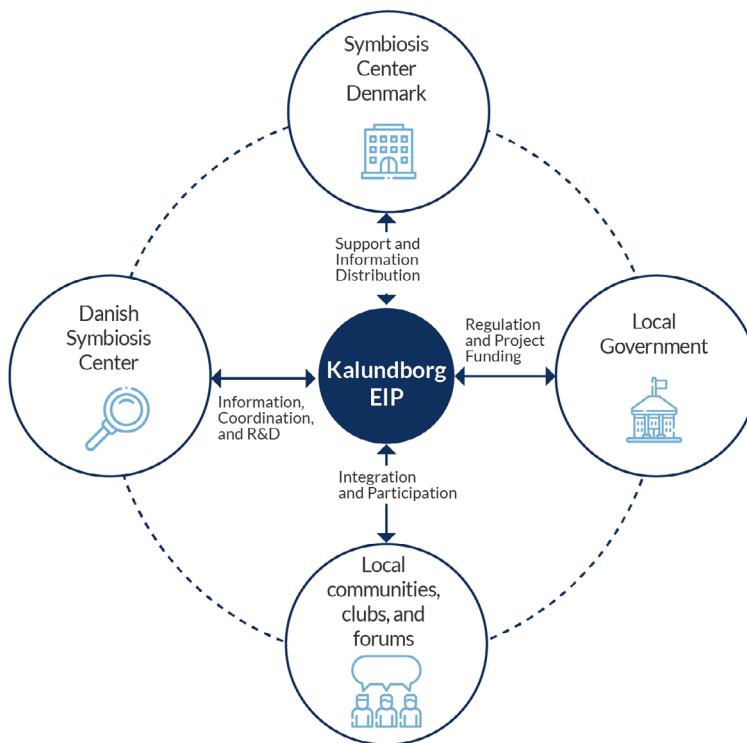
Inicialmente, o distrito industrial de Kalundborg era composto por quatro indústrias: uma usina elétrica à base de carvão; uma refinaria de petróleo; uma fábrica de placas de gesso; uma indústria de biotecnologia; e o município de Kalundborg, que controlava a distribuição de água, eletricidade e aquecimento urbano (Grann, 1997). A maioria das interações eram motivadas pelos benefícios econômicos (Bailey; Bras; Allen, 1999). Além disso, havia também na região um grande déficit hídrico, o que estimulou o surgimento de novas práticas relacionadas ao uso/reuso da água e do vapor. Nesse sentido, uma das principais motivações para as indústrias adotarem um sistema diversificado de abastecimento de água foi a preocupação com a escassez de um recurso essencial para muitos processos produtivos: a água (Chertow, 2007; Ehrenfeld; Gertler, 1997).

A rede de indústrias de Kalundborg foi crescendo e novos atores passaram a fazer parte do distrito, o que estimulou a construção da seguinte composição para a rede: uma central elétrica, duas grandes empresas químicas, um fabricante de placas de gesso, uma empresa de remediação de solos de uma refinaria e o município de Kalundborg, que atua como fornecedor/demandante de materiais e fluxos de energia e serviços públicos. Alguns outros atores periféricos, como agricultores da região, uma fábrica de pesca e algumas empresas de reciclagem de materiais que atuavam como receptoras de alguns fluxos de materiais também faziam parte das trocas simbióticas do distrito (Domenech; Davies, 2011; Jacobsen; Anderberg, 2005).

Devido a essa inclusão de novos membros e evolução das relações simbióticas, com o intuito de manter essa dinâmica colaborativa e facilitar a integração de novos entrantes, em 1996, foi fundado o Centro de Simbiose de Kalundborg. A principal função do Centro consistia em coletar dados referentes ao SI e disseminar as informações sobre os projetos. Além de atuar como coordenador dos estudos e incentivar a cooperação entre indústrias,

o Centro também recebe acadêmicos e profissionais que queiram aprender com a experiência dinamarquesa (Valentine, 2016).

Figura 8.1: Estrutura de governança do EPI de Kalundborg



Fonte: Faria, Caldeira-Pires e Barreto (2021).

Percebe-se que, à medida que as relações simbióticas foram se fortificando, criou-se um ambiente de aprendizagem coletiva como descrito na tipologia 4. As empresas juntamente com os centros de pesquisa, o governo e a comunidade interagem de modo a desenvolver novos conhecimentos, novas práticas e novas parcerias (figura 8.1).

8.1.2 Tipologia 3: Organização facilitadora/intermediadora – NISP

O desenvolvimento de uma rede de SI também pode ocorrer por meio de um agente ou organização intermediária que engaje firmas individuais interessadas em se relacionar, desde que careçam de experiência, conhecimento ou contato com outras firmas interessadas. Essa tipologia tem como principal exemplo o Programa Nacional de Simbiose Industrial (PNSI) ou National Industrial Symbiosis Programme (NISP).

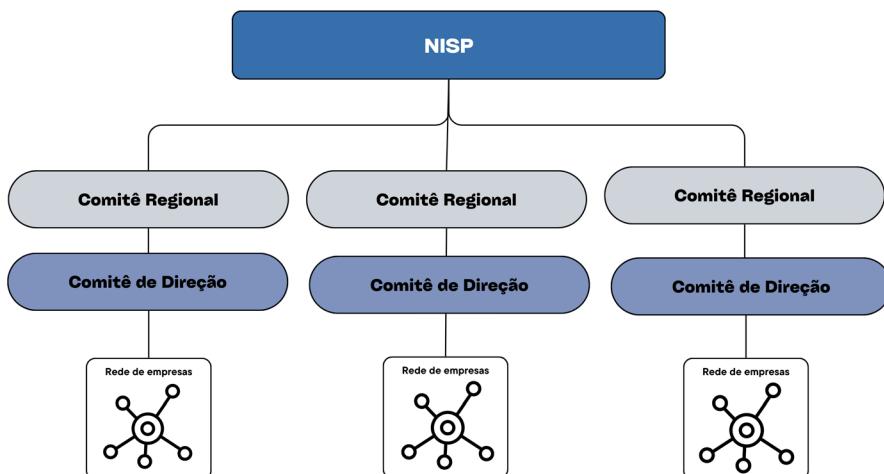
O NISP foi criado com o objetivo de encorajar governo e indústria acerca dos benefícios da SI como uma ferramenta política chave para auxiliar o Reino Unido durante a trajetória para alcançar uma economia sustentável. O meio de atingir esse objetivo é a partir

da identificação e desenvolvimento de inovações no campo da gestão de recursos que, por sua vez, podem aumentar a competitividade das empresas do Reino Unido no mercado de tecnologias ambientais (Laybourn; Lombardi, 2007). Os membros do programa são de todos os setores e compreendem empresas de todos os tamanhos, incluindo multinacionais e empreendedores individuais. Pequenas e médias empresas (PMEs) representavam mais de 90% dos membros (Laybourn; Morrissey, 2009).

O NISP era gerenciado pela consultoria International Synergies Ltd. e por um período foi financiado pelo governo do Reino Unido. O programa opera em nível regional por meio de comitês de direção de modo a facilitar o gerenciamento das trocas e em nível nacional atua em cada uma das regiões econômicas do Reino Unido (figura 8.2). A dinâmica de trabalho baseia-se nas seguintes atividades: realização de eventos e *workshops* regularmente em cada região para as empresas interessadas em aprender mais sobre ou se envolver em projetos de SI.

Nesses eventos, a ideia da SI é introduzida e demonstrada a partir de exemplos. A partir dessa primeira sensibilização, dados sobre os processos produtivos e as principais demandas das empresas são levantados. O NISP emprega ferramentas sofisticadas de gerenciamento e análise de dados para obter a melhor configuração possível de modo a identificar oportunidades de negócios e maximizar o valor dos recursos subutilizados. Na sequência, a consultoria facilita e coordena a comunicação entre as firmas interessadas em transacionar e auxilia no processo de implementação das trocas (Paquin; Howard-Grenville, 2009).

Figura 8.2: Estrutura de gestão



Fonte: Elaborado pelos autores.

A iniciativa recebeu investimentos do governo do Reino Unido no período de 2007 a 2013, trazendo retornos ambientais e econômicos significativos, como os dados apresentados no quadro 8.3, que fazem parte de uma primeira avaliação dos resultados alcançados entre abril de 2005 a setembro de 2009. Mesmo após a interrupção do financiamento público para o programa, as atividades foram mantidas pelos atores envolvidos em nível regional.

Economia circular: conceitos, dimensões e abordagens

Baseados no modelo NISP, há exemplos de redes simbióticas na Finlândia, Dinamarca, Bélgica, Itália e França, bem como na Europa Central e Oriental (Hungria, Romênia, Polônia, Eslovênia) (European Commission, 2018).

Quadro 8.3: Metas alcançadas pelo NISP entre abril de 2005 e setembro de 2009

↑ 12.500 empresas associadas
↑ Geração de £ 176 milhões em vendas adicionais
↑ Atração de mais de £ 131 milhões em investimento privado em reprocessamento e reciclagem
↑ Criação de 3683 postos de trabalho
↓ Desvio de mais de 7 milhões de toneladas de resíduos do aterro
↓ Redução coletiva de dióxido de carbono (equivalente) em mais de 6 milhões de toneladas
↓ Redução de mais de £ 156 milhões em custos para a indústria
↓ Redução do uso de materiais virgens em 9,7 milhões de toneladas
↓ Redução no uso de água pela indústria em 9,6 milhões de toneladas
↓ Eliminação de mais de 363 mil toneladas de resíduos perigosos

Fonte: Adaptado de Laybourn e Morrissey (2009).

8.1.3 Tipologia 6: Planejamento governamental – Distrito Industrial de Ulsan/Coreia do Sul

Outro exemplo da dinâmica da SI pode ser verificado no distrito industrial de Ulsan, na Coreia do Sul. Ainda na década de 90, já era possível identificar indústrias parceiras desenvolvendo uma série de trocas bilaterais que envolviam energia, gás, resíduos e água no distrito, o que o caracterizaria como uma simbiose industrial auto-organizada. Contudo, a tipologia que melhor descreve a sequência de eventos ocorridos, que culminou na dinâmica da SI de Ulsan, é o planejamento governamental. A implementação das práticas simbióticas no distrito industrial foram resultado da função de comando e controle do governo sul-coreano.

Na década de 90, a fim de resolver questões relacionadas à poluição do ar, poluição dos rios e seus impactos no meio ambiente e na saúde humana, o governo sul-coreano impôs regulamentações ambientais rigorosas. Essa mudança substancial na legislação sul-coreano ocorreu após a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, em 1992. Uma nova legislação redefiniu os fundamentos da política industrial ambiental. Sua construção foi rapidamente sendo desenvolvida com a participação dos cidadãos e o compromisso do governo local. Muitos governos locais atuaram ativamente no estabelecimento da Agenda 21. A política ambiental passou de reativa e passiva para proativa e cooperativa (Moon, 2009; Park, H. S.; Behera, 2015).

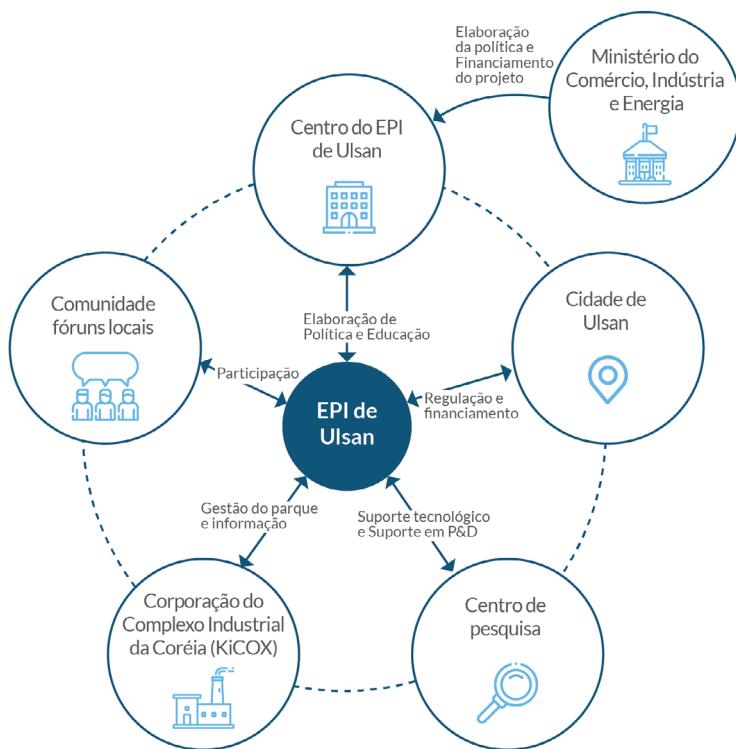
Na esteira dessas transformações, em 1995, o Ministério do Comércio, Indústria e Energia do governo sul coreano promulgou uma lei com a finalidade de promover uma estrutura industrial sustentável no país. Como implicações dessa nova legislação, ocorreu a disseminação de práticas de produção mais limpa por meio da transferência de tecnologia e o estímulo a um sistema de gestão ambiental baseado na ISO 14001 (Park, H. S.; Behera, 2015; Park, H. S.; Choi; Lee, 2004).

Atrelado a essa nova postura do governo, em um contexto de mudanças em nível regulatório e institucional, foi instituído o Programa Nacional dos EcoParques Industriais (EPI), como uma alternativa ao modelo de parques industriais convencionais. Dois institutos de pesquisa e tecnologia, o Centro Nacional de Produção Mais Limpa da Coreia e o Instituto de Tecnologia Industrial da Coreia, foram os responsáveis nacionais pela implementação das diferentes fases e supervisão estratégica do programa. O governo sul-coreano forneceu incentivos econômicos para pesquisas e estudos de viabilidade, de modo a atrair investimentos privados para o programa e incentivar a participação das empresas (Park, H. S. et al., 2008; Park, J. M.; Park, 2015).

A cidade de Ulsan concentrava grandes indústrias pesadas e era considerada a capital industrial da Coreia do Sul, com grande diversidade de indústrias em seu complexo (Park, H. S., 2008). Contudo, em função dos efeitos negativos do processo de industrialização, a partir de 2004, o município de Ulsan deu início ao programa Ulsan EcoPolis, que tinha como princípio a coexistência harmoniosa de indústrias, meio ambiente e seres humanos. Em 2005, o complexo industrial de Ulsan foi escolhido como um dos projetos piloto do programa nacional dos EPIs (Park, H. S.; Won, 2007).

Nos dois primeiros anos, o projeto não obteve os resultados esperados. Sendo assim, foi necessário um realinhamento estratégico para estimular uma integração mais proativa dos atores empresariais. Visando facilitar o processo de transição dos complexos industriais convencionais para os EPIs, criou-se uma estrutura de governança (figura 8.3) em que os centros regionais dos EPI eram responsáveis por mobilizar todos os atores envolvidos no processo de transição. Indústrias, universidades, institutos de pesquisa, governo e sociedade civil participavam ativamente de fóruns com o intuito de promover a comunicação, o compartilhamento de informações e a cooperação (Park, J. M.; Park; Park, 2015).

Figura 8.3: Estrutura de governança do EPI de Ulsan



Fonte: Adaptado de Behera *et al.* (2012).

O distrito industrial de Ulsan foi inicialmente composto por seis atores: Koentec Ltd. – Empresa de tratamento e disposição de resíduos industriais; SK Corp. – Indústria petroquímica; SK Chemicals Corp. – líder no desenvolvimento de resina de alto desempenho; LG-Nikko Corp. – líder na indústria de fundição de cobre; Koreazinc Corp. – fabricante de metais não ferrosos; e a cidade metropolitana de Ulsan responsável por operar as estações municipais de tratamento de águas residuais (Park, H. S.; Choi; Lee, 2004). A partir da disseminação da SI, o número de sinergias foi aumentando. Behera *et al.* (2012) apontavam para 13 relações simbióticas em Ulsan envolvendo 41 empresas. Dessas trocas, seis delas eram trocas de vapor, enquanto o restante tratava-se de trocas de subprodutos.

A dinâmica de SI, estabelecida pelo governo da Coreia do Sul por meio de um programa a nível nacional, fornece um modelo de desenvolvimento baseado nos princípios da circulabilidade, cooperação, inovação e sustentabilidade com capilaridade e abrangência mais ampla que podem ser replicados em diferentes contextos. A replicação da experiência sul-coreana, bem como dos modelos do NISP ou Kalundborg em outras realidades, se encaixa na tipologia 5 das dinâmicas da SI que seria a implementação de redes de SI a partir de projetos pilotos, ou seja, a experimentação no contexto local a partir de algum modelo bem-sucedido de SI.

8.2 Discussão

Nos últimos anos, percebeu-se uma mudança no debate acerca dos temas desenvolvimento e meio ambiente. Esforços vêm sendo empreendidos no sentido de responder a perguntas como: existe um modelo capaz de harmonizar desenvolvimento econômico e preservação da natureza? Ou esses temas são antagônicos? Quais são as políticas necessárias para reverter o quadro de crise climática do planeta?

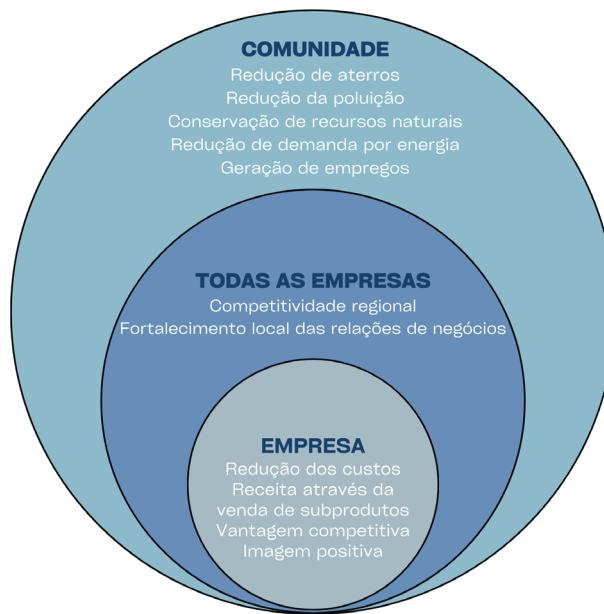
As abordagens da EC e da EI surgem como tentativas de resposta a essas inquietações e concentram-se na proposição e disseminação de práticas que buscam manter a viabilidade dos sistemas econômicos de modo a preservar a viabilidade ecológica dos sistemas naturais. Embora essas abordagens remontem a década de 90, muitos dos processos produtivos e rotinas industriais ainda estão assentados em práticas insustentáveis.

Mudanças em direção à sustentabilidade são mais perceptíveis no nível organizacional, como as práticas de produção mais limpa (Sakr; SENA, 2017; Sousa-Zomer *et al.*, 2018), o ecodesign (Donnelly *et al.*, 2006) e a logística reversa (Campos; Fonseca; Morais, 2014; Chileshe *et al.*, 2018; Guarnieri *et al.*, 2015). Entretanto, nos níveis meso e macro, as iniciativas são mais escassas e concentram-se em grande parte em países desenvolvidos (Costa; Ferrão; Ferrao, 2010; Paquin; Tilleman; Howard-Grenville, 2014; Taddeo *et al.*, 2017).

Nesse contexto, a SI destaca-se como uma dessas estratégias de abrangência mais ampla na qual as organizações interagem e cooperam com o objetivo de alcançar a sustentabilidade industrial. Os casos até aqui apresentados ilustram algumas das dinâmicas pelas quais a SI pode se desenvolver. O NISP, por meio de um ator mediador/facilitador, identifica oportunidades de negócios e facilita a adoção pelas empresas dos princípios da circularidade e da gestão eficiente do uso de recursos. O caso de SI de Kalundborg surgiu de relações espontâneas entre as empresas visando ganhos ambientais e financeiros e é sempre referenciado como um exemplo simples e eficaz de um ecossistema industrial funcionando a décadas, com ganhos ambientais, sociais e econômicos mensurados. Já o caso da Coreia do Sul é um exemplo de política governamental implementada em nível nacional que desdobra-se em uma estrutura regional e local apoiada por diversos atores como institutos de pesquisa, sociedade civil e empresários.

Os diversos benefícios alcançados por essas iniciativas podem ser percebidos pela empresa individualmente, pelo conjunto de empresas envolvido em nível local e pela comunidade como um todo. Entre os benefícios mais relevantes, destacam-se: a conservação de recursos naturais; redução dos custos de produção, material, energia; melhoria da eficiência operacional; redução da poluição; redução dos aterros; melhora na imagem pública; rendimento potencial através da venda de resíduos; geração de empregos, etc. Percebe-se, por essa lista de benefícios, que ao adotar uma abordagem circular como a SI, além dos ganhos ambientais e sociais, a abordagem também permite ganhos econômicos, vantagem competitiva e fortalecimento local das relações de negócios.

Figura 8.4: Benefícios ambientais, sociais e econômicos da SI



Fonte: Elaborado pelos autores.

Em que pese os benefícios apresentados pela adoção da SI em diferentes contextos, há uma série de fatores que contribuem para a sua implementação. O caso sul-coreano mostra que os mecanismos regulatórios e instrumentos políticos são decisivos para influenciar a mudança de comportamento das organizações. Ao adotar uma política a nível nacional e implementar ações em escala regional e local, o governo construiu um ambiente cooperativo que permitiu a implementação das ações de SI nos distritos industriais.

Por outro lado, o caso de Kalundborg, apresenta uma dinâmica diferente, em que os fatores primordiais para a implementação da SI nas empresas do distrito basearam-se na viabilidade econômica das trocas, no impacto da atividade industrial no meio ambiente e nas relações sociais mais próximas (Branson, 2016). Esses laços construídos a partir da aprendizagem coletiva ajudam a minimizar as incertezas e os riscos (Park, H. S.; Behera, 2015).

Por fim, o exemplo do NISP retrata uma dinâmica de SI motivada por uma terceira parte que se ocupa em sensibilizar atores e estabelecer trocas entre empresas que até então não se relacionavam. Além disso, esse intermediador/facilitador tem uma função ainda mais importante que é criar uma atmosfera de confiança entre as partes e liderar esse movimento cooperativo entre as empresas.

8.3 Considerações finais

A abordagem conceitual e teórica sobre a EI e a SI, bem como as dinâmicas da SI apresentadas neste estudo, preenchem uma lacuna de implementação da EC em um nível mais amplo, para além das práticas internas das organizações. Os casos apresentados de Kalundborg/Dinamarca, Ulsan/Coreia do Sul e NISP ressaltaram o potencial de implementação da SI para o contexto local, regional e nacional.

Cada um dos casos foi classificado conforme a tipologia apresentada por Boons *et al.* (2016), levando em consideração os atores envolvidos, as motivações e as características de cada rede de SI. A despeito de todo um corpo teórico já consistente da EI e dos seus benefícios elencados, ainda resta um desafio prático de implementar esse modelo em diversos contextos, principalmente em países emergentes. Por isso, compreender a dinâmica de implementação da SI em casos reais torna-se tão relevante.

Aprofundar os estudos nessa área representa um esforço para compreender como as estruturas organizacionais e institucionais fariam essa transição para a EC e quais seriam os elementos necessários para isso. Os casos apresentados reforçam a ideia de que uma transformação em nível coletivo certamente demandará mudança de cultura, envolvimento de diversos atores, valorização dos subprodutos, inovação e sobretudo apoio governamental no sentido de propor e priorizar políticas públicas voltadas para um modelo industrial sustentável.

Referências

- BAILEY, Reid; BRAS, Bert; ALLEN, Janet K. Using robust concept exploration and systems dynamics models in the design of complex industrial ecosystems. *Engineering Optimization*, v. 32, p. 33-58, 1999.
- BALDASSARRE, Brian *et al.* Industrial Symbiosis: towards a design process for eco-industrial clusters by integrating Circular Economy and Industrial Ecology perspectives. *Journal of Cleaner Production*, v. 216, p. 446-460, 2019.
- BEHERA, Shishir Kumar *et al.* Evolution of “designed” industrial symbiosis networks in the Ulsan Eco-industrial Park: “Research and development into business” as the enabling framework. *Journal of Cleaner Production*, v. 29-30, p. 103-112, 2012.
- BOONS, Frank *et al.* Industrial Symbiosis Dynamics and the Problem of Equivalence: Proposal for a Comparative Framework. *Journal of Industrial Ecology*, v. 21, n. 4, p. 938-952, 2016.
- BOONS, Frank; HOWARD-GRENVILLE, Jennifer. Introducing the Social Embeddedness of Industrial Ecology. In: BOONS, F. A.; HOWARD-GRENVILLE, J. (org.). *The Social Embeddedness of Industrial Ecology*. Edward Elgar Publishing Ltd., p. 3-27, 2009.
- BOULDING, Kenneth E. The Economics of the Coming Spaceship Earth. *Environmental Quality Issues in a Growing Economy*, p. 3-15, 1966.

Economia circular: conceitos, dimensões e abordagens

BRANSON, Robin Re-constructing Kalundborg: the reality of bilateral symbiosis and other insights. *Journal of Cleaner Production*, v. 112, n. 5, p. 4.344-4.352, 2016.

CAMPOS, Tereza R. T.; FONSECA, Marcus V. A.; MORAIS, R. M. N Reverse logistics: A route that only makes sense when adopting a systemic vision *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, v. 180, p. 41-52, 2014.

CARSON, Rachel. *Silent Spring*. Houghton Mifflin, 1962.

CECCHIN, Andrea *et al.* Relating Industrial Symbiosis and Circular Economy to the Sustainable Development Debate. *Industrial Symbiosis for the Circular Economy, Strategies for Sustainability*. Springer International Publishing, p. 1-25, 2020.

CHERTOW, Marian R. INDUSTRIAL SYMBIOSIS : Literature and Taxonomy. *Annual review of energy environment*, v. 25, n. 1, p. 313-337, 2000.

CHERTOW, Marian R. “Uncovering” industrial symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, v. 11, n. 1, p. 11-30, 2007.

CHILESHE, Nicholas *et al.* Factors driving the implementation of reverse logistics: A quantified model for the construction industry. *Waste Management*, v. 79, p. 48-57, 2018.

COMISSÃO EUROPEIA. *Plano de ação para a economia circular (2020-2077)*, 2020. Disponível em: <https://www.europarl.europa.eu/news/pt/headlines/society/20210128STO96607/como-alcançar-a-economia-circular-na-ue-ate-2050>

COSTA, Inês; FERRÃO, Paulo. A case study of industrial symbiosis development using a middle-out approach. *Journal of Cleaner Production*, v. 18, n. 10-11, p. 984-992, 2010.

CÔTÉ, Raymond; HALL, Jeremy. Industrial parks as ecosystems. *Journal of Cleaner Production*, v. 3, n 1-2, p. 41-46, 1995.

DESROCHERS, Pierre. Regional development and inter-industry recycling linkages: Some historical perspectives. *Entrepreneurship and Regional Development*, v. 14, n. 1, p. 49-65, 2002.

DIWEKAR, Urmila; SMALL, Mitchell J. Process analysis approach to industrial ecology. *A Handbook of Industrial Ecology*, p. 114-137, 2002.

DOMENECH, Teresa; DAVIES, Michael. Structure and morphology of industrial symbiosis networks: The case of Kalundborg. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, v. 10, p. 79-89, 2011.

DONNELLY, Kathleen *et al.* Eco-design implemented through a product-based environmental management system. *Journal of Cleaner Production*, v. 14, n. 15-16, p. 1.357-1.367, 2006.

EHRENFELD, John; GERTLER, Nicholas. Industrial Ecology in Practice: The Evolution of Interdependence at Kalundborg. *Journal of Industrial Ecology*, v. 1, n. 1, p. 67-79, 1997.

ERKMAN, Suren. Industrial ecology: An historical view. *Journal of Cleaner Production*, v. 5, n. 1-2, p. 1-10, 1997.

ERKMAN, Suren. The recent history of industrial ecology. *A Handbook of Industrial Ecology*, 2002.

EUROPEAN COMMISSION. *Cooperation fostering industrial symbiosis: market potential, good practice and policy actions*. Brussels, Belgium: European Union, 2018.

FARIA, Emilia; CALDEIRA-PIRES, Armando; BARRETO, Cristiane. Social, economic, and institutional configurations of the industrial symbiosis process: A comparative analysis of the literature and a proposed theoretical and analytical framework. *Sustainability (Switzerland)*, v. 13, n. 13, 2021.

FROSCH, Robert A.; GALLOPOULOS, Nicholas E. Strategies for Manufacturing. *Scientific American*, p. 144-152, 1989.

GRANN, Henning. The industrial symbiosis at Kalundborg, Denmark. *The Industrial Green Game: Implications for Environmental Design and Management*. Washington, DC: National Academy Press, p. 117-123, 1997.

GUARNIERI, Patricia *et al.* The challenge of selecting and evaluating third-party reverse logistics providers in a multicriteria perspective: A Brazilian case. *Journal of Cleaner Production*, v. 96, p. 209-219, 2015.

JACOBSEN, Noel Brings; ANDERBERG, Stefan Understanding the evolution of industrial symbiotic networks: The case of Kalundborg. In: BERGH, J. and M. A. J. VAN DEN (org.). *Economics of industrial ecology: Materials, structural change, and spatial scales*, p. 313-336, 2005.

JACOBSEN, Noel Brings. Industrial symbiosis in Kalundborg, Denmark A Quantitative Assessment of Economic and Environmental Aspects. *Journal of Industrial Ecology*, v. 10, n. 1, p. 239-255, 2006.

LAYBOURN, Peter; LOMBARDI, D. Rachel. The role of audited benefits in Industrial Symbiosis: The U.K. National Industrial Symbiosis Programme. *Measurement and Control*, v. 40, n. 8, p. 244-247, 2007.

LAYBOURN, Peter; MORRISSEY, Maggie. National Industrial Symbiosis Programme; The Pathway To A Low Carbon Sustainable Economy. *International Synergies Ltd*. Birmingham, UK: International Synergies Ltd. p. 1-53, 2009.

LIFSET, Reid; GRAEDEL, Thomas E. Industrial ecology: goals and definitions. *A Handbook of Industrial Ecology*, p. 3-11, 2002.

LOMBARDI, D. Rachel; LAYBOURN, Peter. Redefining Industrial Symbiosis: Crossing Academic-Practitioner Boundaries. *Journal of Industrial Ecology*, v. 16, n. 1, p. 28-37, 2012.

MEADOWS, Dennis; RANDERS, Jorgen Limits to Growth: The 30-Year Update. United States: Chelsea Green Publishing Company, 2004.

Economia circular: conceitos, dimensões e abordagens

MOON, Tae Hoon Korea's Sustainable Development Strategy. *Korea Observer*, v. 40, n 1, p. 85-114, 2009.

OBERLE, Bruno et al. *Global resources outlook 2019: natural resources for the future we want: Summary for Policymakers*. ETH Zurich, 2019.

ODUM, Eugene P. The Strategy of Ecosystem Development: An understanding of ecological succession provides a basis for resolving man's conflict with nature. *Science*, v. 164, n. 3.877, p. 262-270, 1969.

PAQUIN, Raymond L.; HOWARD-GRENVILLE, Jennifer. Facilitating Regional Industrial Symbiosis: network growth in the UK's national industrial sytmbiosis. *The Social Embeddedness of Industrial Ecology*, 2009.

PAQUIN, Raymond. L.; TILLEMAN, Suzanne G.; HOWARD-GRENVILLE, Jennifer. Is there cash in that trash?: Factors influencing industrial symbiosis exchange initiation and completion *Journal of Industrial Ecology*, v. 18, n. 2, p. 268-279, 2014.

PARK, Hung-Such. Eco-efficient and sustainable urban infrastructure development in Asia and latin America. Ulsan, Republic of Korea: *Economic Commission for Latin America and the Caribbean*, 2008.

PARK, Hung-Such. Strategies for sustainable development of industrial park in Ulsan, South Korea-From spontaneous evolution to systematic expansion of industrial symbiosis. *Journal of Environmental Management*, v. 87, n. 1, p. 1-13, 2008.

PARK, Hung-Such; BEHERA, Shishir Kumar. Role of Eco-production in Managing Energy and Environmental Sustainability in Cities: A Lesson from Ulsan Metropolis, South Korea. *Cities and Sustainability: Issues and Strategic Pathways*, p. 1-5, 2015.

PARK, Hung-Such et al. Strategies for sustainable development of industrial park: planning for eco-industrial park in Ulsan, Korea. Republic of Korea: *13th Northeast Asian Conference on Environmental Cooperation Seoul*, 2004.

PARK, Hung-Such; WON, Jae-Yeon Ulsan eco-industrial park: Challenges and opportunities. *Journal of Industrial Ecology*, v. 11, n. 3, p. 11-13, 2007.

PARK, Jun Mo; PARK, Joo Young; PARK, Hung-Such. A review of the National Eco-Industrial Park Development Program in Korea: progress and achievements in the first phase, 2005-2010. *Journal of Cleaner Production*, v. 114, p. 33-44, 2015.

PRIETO-SANDOVAL, Vanessa; JACA, Carmen; ORMAZABAL, Marta. Towards a consensus on the circular economy. *Journal of Cleaner Production*, v. 179, p. 605-615, 2018.

SAKR, D.; SENA, A. Abo. Cleaner production status in the Middle East and North Africa region with special focus on Egypt. *Journal of Cleaner Production*, v. 141, p. 1.074-1.086, 2017.

SOUZA-ZOMER, Thayla T. *et al.* Cleaner production as an antecedent for circular economy paradigm shift at the micro-level: Evidence from a home appliance manufacturer. *Journal of Cleaner Production*, v. 185, p. 740-748, 2018.

TADDEO, Raffaella *et al.* Industrial symbiosis, networking and innovation: The potential role of innovation poles. *Sustainability (Switzerland)*, v. 9, n. 2, 2017.

VALENTINE, Scott Victor. Kalundborg Symbiosis: Fostering progressive innovation in environmental networks. *Journal of Cleaner Production*, v. 118, p. 65-77, 2016.

Cidades inteligentes e sustentáveis – contribuições, desafios e oportunidades da economia circular

Regina Negri Pagani

Edson Kenji Kondo

Fabiane Florencio de Souza

Alana Corsi

Introdução

As aglomerações urbanas sempre desempenharam um papel central no crescimento e desenvolvimento da humanidade, concentrando atividades de comércio e troca. No entanto, foi a partir da Revolução Industrial que começaram a representar maiores desafios para a sustentabilidade, pois o avanço das atividades industriais impulsionou o crescimento das cidades, que buscavam se estabelecer perto de grandes rios devido à necessidade de água para atividades e por sua força motriz.

Nesse contexto, também houve o crescimento rápido dos grandes centros urbanos, consequência dessa explosão industrial, mas que não contou com o planejamento que seria necessário. Assim, as cidades passaram a abrigar um contingente humano cada vez mais crescente, que passou a consumir 75% dos recursos naturais, a ser responsável por 50% de todos os resíduos globais e por 80% das emissões de gases de efeito estufa (EMF, 2019). Devido a esse crescente número, a transição do modelo de consumo linear para um modelo circular passou a ser essencial para minimizar os resíduos, reduzir as emissões de

gases e otimizar o uso de recursos, tanto no formato de produtos manufaturados quanto em resíduos de fim de uso.

Este capítulo tem como objetivo abordar os desafios do modelo circular, além de apresentar outros modelos e casos de circularidade em diversas frentes das novas configurações de aglomerações urbanas, as chamadas “cidades inteligentes”. Esse modelo, além da aplicação de tecnologias *high-tech*, precisa também buscar estratégias para a sustentabilidade, já que aglomeração urbana não deveria ter a alcunha “inteligente” sem ser também sustentável.

O capítulo está estruturado em quatro seções. A primeira seção serve como introdutória, contextualizando o tema. A segunda seção traz o aporte teórico dos modelos de cidades inteligentes, das cidades sustentáveis e do papel da economia circular. A terceira seção detalha os resultados dos estudos de casos e as discussões, apontando os desafios e as oportunidades para a implementação da economia circular nas cidades. Por fim, a quarta seção apresenta as conclusões do estudo.

Revisão da literatura

Esta seção inicia apresentando os conceitos de cidades inteligentes e cidades inteligentes sustentáveis. Verifica-se que, embora o conceito de cidades inteligentes esteja em ascensão, sua implementação não garante, por si só, a sustentabilidade. Logo, um dos caminhos para a sustentabilidade das cidades inteligentes pode estar na aplicação dos princípios da economia circular, que são apresentados na sequência juntamente com os desafios da aplicação desse modelo em uma estrutura tradicionalmente linear de produção e consumo. Ao término desta seção, são exploradas as oportunidades que surgem a partir da aplicação da economia circular, bem como seus benefícios para as cidades inteligentes.

9.1 Cidades inteligentes e cidades sustentáveis: conceitos, definições e características

As cidades inteligentes, ou *smart cities*, como são denominadas na literatura internacional, têm em seu conceito principal o uso intensivo de tecnologias da informação e comunicação (TICs) para a adequada gestão de seus recursos e serviços (Pagani *et al.*, 2020). Essa categoria de aglomeração urbana pode ser identificada e classificada em seis eixos ou dimensões principais: economia inteligente; mobilidade inteligente; meio ambiente inteligente; pessoas inteligentes; modo de vida inteligente; e, finalmente, governança inteligente (Greco; Cresta, 2015). Portanto, para definir uma cidade inteligente é importante considerar todos os outros elementos envolvidos em um agrupamento humano.

Os seis eixos mencionados por Greco e Cresta (2015) conectam as teorias tradicionais de crescimento e desenvolvimento urbano com o aspecto moderno do desenvolvimento sustentável de uma cidade. Assim, a cidade pode ser definida como “inteligente” quando

investimentos em capital humano e social, e infraestrutura de comunicação tradicional (transportes) e moderna (TICs) fomentam o desenvolvimento econômico sustentável, alta qualidade de vida e uma gestão sábia para o manuseio dos recursos naturais, por meio de ações participativas (Caragliu; Del Bo; Nijkamp, 2011).

Em cidades mais desenvolvidas, a questão da aplicação das TICs já é uma realidade e, por esta razão, muitas são denominadas “cidades inteligentes”. No entanto, ainda existe um longo caminho a ser percorrido para que muitas das cidades inteligentes sejam também sustentáveis. Em países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil, os dois caminhos ainda precisam ser rigidamente perseguidos, considerando todos os pilares que uma cidade inteligente precisa contemplar para receber esta nomenclatura.

Assim, definimos cidade inteligente como uma aglomeração humana dotada de recursos naturais e tecnológicos, geridos de forma eficiente e sustentável, a fim de proporcionar a satisfação das necessidades dos indivíduos que a compõem, com qualidade de vida e redução gradual dos impactos negativos no meio ambiente.

Uma das principais discussões levantadas na literatura sobre cidades inteligentes se refere à questão da sustentabilidade. Alguns autores discutem que nem toda cidade inteligente é sustentável, enquanto outros argumentam que não há como uma cidade denominar-se inteligente sem ser, na prática, sustentável (Ahvenniemi *et al.*, 2017; Yigitcanlar *et al.*, 2019). Assim, o conceito de cidades inteligentes sustentáveis, que se tornou comum em meados de 2010, está ganhando cada vez mais atenção e prevalência em todo o mundo como resposta aos desafios iminentes de sustentabilidade e urbanização (Bibri, 2018).

Cidades inteligentes sustentáveis empregam tecnologias para monitorar sua comunidade e fornecer soluções sustentáveis e acessíveis para os espaços urbanos. A implantação dessas cidades exige uma rede de telecomunicações estável, segura, interoperável e confiável, para dar suporte a aplicativos e serviços em áreas urbanas (Padmapriya; Sujatha, 2021).

Espera-se que a economia circular, por meio da aplicação de seus princípios, seja o caminho para cidades inteligentes mais sustentáveis. Portanto, para que uma cidade se consolide como inteligente e sustentável, é necessário conhecer, buscar e aplicar os princípios e práticas da economia circular.

9.2 Economia circular: conceitos e características

Acredita-se que a origem do conceito economia circular surgiu de uma ideia contida no trabalho de Boulding (1966), a qual propunha que a Terra era um sistema fechado com limitada capacidade assimilativa e, portanto, economia e meio ambiente devem coexistir em equilíbrio. Essa compreensão geral foi avançada por várias escolas de pensamento, incluindo economia ambiental, ecossistemas industriais, produção mais limpa, sistemas produto-serviço, biomimética, a economia do desempenho, ecoeficiência, projeto do berço ao berço, design regenerativo, e ecologia industrial para, juntos, incorporar a ideia de uma economia de circuito fechado (Millar *et al.*, 2019). Importante salientar que as definições

mais utilizadas de EC incluem um sistema regenerativo no qual a entrada e o desperdício de recursos, a emissão e a utilização de energia são minimizadas (Geissdoerfer *et al.*, 2017).

O termo tornou-se mais popular a partir da Fundação Ellen MacArthur, fundada em 2009 com o intuito de acelerar a transição do modelo linear de produção e consumo para um modelo de economia circular. Além de desenvolver e promover o conceito circularidade, a fundação também trabalha com empresas, formuladores de políticas e a Academia, visando implementar globalmente as soluções para uma economia circular. Para a Fundação, esse modelo é uma estrutura de solução para os sistemas que abordam desafios globais, como mudanças climáticas, perda de biodiversidade, resíduos e poluição.

Para Bourguignon (2016), a economia circular é um modelo de produção e consumo, que envolve compartilhar, alugar, reutilizar, reparar, reformar e reciclar materiais e produtos existentes pelo maior tempo possível. Dessa forma, o ciclo de vida dos produtos é estendido e os resíduos são reduzidos. Quando um produto chega ao fim de sua vida útil, seus materiais são mantidos dentro da economia sempre que possível, de modo que possam ser reutilizados produtivamente, empregando mais valor ao produto.

Para a Fundação Ellen MacArthur (2015), a economia circular é baseada em três princípios: *i*) preservar e aprimorar o capital natural controlando estoques finitos e equilibrando os fluxos de recursos renováveis. Alavancas de resolução: regenerar, virtualizar, trocar; *ii*) otimizar os rendimentos de recursos circulando produtos, componentes e materiais em uso com a mais alta utilidade em todos os momentos, tanto nos ciclos técnicos quanto biológicos. Alavancas de resolução: regenerar, compartilhar, otimizar, fazer um *loop*; *iii*) promover a eficácia do sistema, revelando e projetando as externalidades negativas. Alavancas de resolução: todas as anteriores.

Em síntese, a economia circular visa eliminar o lixo e a poluição; promover o ciclo contínuo de produtos e materiais (em seu valor mais alto); e regenerar a natureza. Esse modelo é sustentado por uma transição para energias e materiais renováveis, dissociando a atividade econômica do consumo de recursos finitos. Trata-se de um sistema resiliente e vantajoso para os negócios, as pessoas e o meio ambiente.

Observa-se, portanto, que as aglomerações urbanas, tanto pelo contingente humano quanto pela aglomeração de tecnologias, de novas possibilidades de negócios e inovações, são pontos centrais no sistema da economia circular. Assim, surge o conceito de cidade circular. Embora não exista uma definição única do que constitui uma cidade circular, alguns componentes sobrepostos foram agrupados, tornando possível formular uma descrição viável. Assim, Prendeville *et al.* (2018) definem esse conceito como uma cidade que pratica os princípios da economia circular para fechar os ciclos de recursos, em parceria com as partes interessadas da cidade: cidadãos, comunidade, empresas e organizações do conhecimento.

A adoção da economia circular, em ambientes urbanos ou fora deles, representa um horizonte urgente de ação para fazer frente a questões, como escassez de recursos, aquecimento global, entre outros. Porém, os desafios para a mudança do modelo linear para o circular são consideráveis e, portanto, serão abordados na próxima seção.

9.2.1 Desafios da economia circular

A transição para uma economia circular encontra uma série de desafios, entre os quais se destacam:

Desafios financeiros: este é o principal desafio enfrentado, principalmente por países em desenvolvimento, já que uma transição para uma economia circular requer investimentos em P&D, subsídios para promoção de novos modelos de negócios, bem como investimento público em gestão de resíduos e infraestrutura digital. A falta de ferramentas financeiras apropriadas para o desenvolvimento de inovações radicais no mercado de massa também é um empasse (Gonçalves *et al.*, 2022).

Facilitadores econômicos-chave: ausência de sistemas de precificação que incentivem a reutilização eficiente de recursos e refletem os custos ambientais totais; ausência de incentivos para que produtores e recicladores trabalhem juntos a fim de melhorar o desempenho dentro e através de cadeias de valor específicas; ainda não estão fortemente estabelecidos os mercados de matérias-primas secundárias (Bourguignon, 2016).

Modelos de negócios: considerados uma das principais barreiras à adoção de práticas mais sustentáveis. Uma economia circular requer mudanças sistêmicas nos modelos de negócios com implicações para o comportamento cotidiano, como, por exemplo, triagem de resíduos e desperdício de alimentos. Atualmente, muitas indústrias se baseiam em uma rápida mudança impulsionada pela moda, como no caso do *fast fashion* em roupas, aparelhos eletrônicos, entre outros. Empresas e consumidores têm pouco conhecimento sobre os benefícios potenciais de uma economia circular e tendem a relutar em adotar novos modelos de negócios, como locação em vez de propriedade (Rizos *et al.*, 2016; Bourguignon, 2016; Guldmann; Huulgaard, 2020).

Comportamento do consumidor: o consumidor é uma parte muito importante para a funcionalidade da economia circular, uma vez que está na ponta do processo e praticamente todos os componentes dos produtos acabam em suas mãos, de onde devem retornar ao ciclo. Portanto, a aceitação de novos modelos de negócios por parte dos clientes torna-se crucial, pois determina o sucesso da implementação da economia circular (Lieder; Rashid, 2017).

Competências: para que a economia circular inicie e funcione são necessárias competências técnicas que atualmente não estão presentes na força de trabalho e em muitas das empresas, em especial as micro, pequenas e médias. As competências permitiriam às empresas conceber produtos tendo a circularidade em mente e, consequentemente, se envolver na reutilização, remodelação e reciclagem (Bourguignon, 2016; Chowdhury *et al.*, 2022).

Governança: a transição para a economia circular requer que ações multiníveis (internacional, nacional, regional, local, empresarial e individual) e em diversas áreas, como gestão de resíduos, treinamento profissional, embalagem e design de produtos, pesquisa e desenvolvimento e finanças, sejam desenvolvidas e coordenadas em um complexo processo de parcerias e colaborações, cujos interesses podem divergir (Christensen, 2021; Arfaoui *et al.*, 2022).

Outros desafios podem ser incorporados, mas buscamos afunilar e apresentar apenas os principais desafios a serem enfrentados pelos *stakeholders*, conforme apontado na literatura. Ao mesmo tempo que os desafios se fazem presentes, as oportunidades também marcam presença, as quais estão descritas a seguir.

9.3 Oportunidades de circularidade em aglomerações urbanas

A economia circular é uma oportunidade para que os países repensem os padrões de produção e consumo, ao mesmo tempo em que buscam melhorar a qualidade ambiental e eficiência na utilização dos recursos, o que inclui:

Crescimento e emprego: uma transição para a economia circular pode reforçar o crescimento econômico e criar novos empregos, já que esse processo requer novas e diferentes habilidades, e novos serviços. Assim, o desenvolvimento da EC e a evolução do desenvolvimento sustentável afetam o trabalho e a competência dos funcionários. No que tange às mudanças climáticas e tecnológicas observadas, elas não apenas geram tendências, mas também possibilitam algumas oportunidades associadas à criação dos chamados “trabalhos verdes”, referente à novas formas de produção de energia (Sulich; Sołoduch-Pelc, 2022). Por outro lado, os investimentos nas áreas verdes trazem relevantes benefícios econômicos, ambientais e sociais, pois a criação de novos produtos e serviços está associada a uma nova abordagem de gestão empresarial, visando prevenir a degradação ambiental e reduzir o desemprego. Portanto, os trabalhos verdes gerados a partir da EC são essenciais para a proteção do meio ambiente e mercado de trabalho, combinando princípios de sustentabilidade. Estima-se que a transição aumentaria o PIB de 1 a 7 pontos percentuais até 2030, dependendo se fosse levado em consideração um ritmo mais acelerado de mudança tecnológica, a qual teria um impacto global positivo sobre o emprego (Bourguignon, 2016).

Inovação: uma das áreas mais impactadas positivamente pela transição para uma EC é a de inovação, em especial a inovação verde. Uma economia circular pode desencadear um grande impulso de inovação em todos os setores da economia devido à necessidade de redesenhar materiais e produtos para uso circular, mesmo em setores considerados mais tradicionais (Ranta *et al.*, 2021; Suchek *et al.*, 2021; De Jesus *et al.*, 2021; Herrero-Luna *et al.*, 2022).

Maior competitividade: o conceito de competitividade na EC faz parte da abordagem econômica da competitividade, que combina resultados econômicos com melhores padrões de vida e renda real. É interpretada como a capacidade de um país alcançar e sustentar a vantagem competitiva e o desenvolvimento econômico e social como resultado da implementação dos princípios da EC em comparação com outros países no processo de desenvolvimento (Karman; Pawłowski, 2022). A melhoria da competitividade como resultado da transformação em EC continua a ser um dos efeitos esperados dessa transformação. O desenvolvimento de uma economia circular pode trazer economias para empresas e consumidores por meio de uma maior eficiência dos recursos. Além disso, pesquisas sugerem

que uma legislação ambiental mais rigorosa pode proporcionar uma vantagem competitiva para as empresas (Bourguignon, 2016).

Pressões reduzidas sobre o meio ambiente: uma economia circular reduziria significativamente as emissões de gases de efeito estufa (GEE) por meio de uma melhor gestão de resíduos e redução do uso de recursos (como energia, água, terra e materiais) na fabricação, com impactos positivos no clima. A reutilização em larga escala de matérias-primas pode ajudar a reduzir a destruição da paisagem e do habitat, bem como o lixo marinho, o que, por sua vez, ajudaria a limitar a perda de biodiversidade (Oliveira *et al.*, 2021; Rodríguez-Espíndola, 2022). Em países desenvolvidos, a conscientização e as expectativas do cliente foram identificadas como um construto relevante que afeta o engajamento de uma organização com atividades sustentáveis. Analisando questões ambientais e os comportamentos de compra de consumidores jovens, constata-se que aspectos como preocupação ambiental e comportamento de compra variam entre os países (Rodríguez-Espíndola *et al.*, 2022).

Maior segurança do fornecimento de matérias-primas: os estudos de Cimprich *et al.* (2022) sugerem que as motivações dos atores industriais na adoção de estratégias de circularidade e o desenho de modelos de negócios conducentes a essas estratégias são áreas-chave para pesquisas futuras sobre a ligação entre a EC e a criticidade de materiais. Pode-se inferir que uma economia circular auxiliaria na mitigação dos riscos associados ao fornecimento de matérias-primas.

Como é possível observar, além dos desafios e barreiras no processo de transformação da produção e consumo linear para uma EC, existem também oportunidades, como a criação de novos modelos de negócios baseados tanto na circularidade quanto em uma gestão mais adequada dos recursos, surgimento de novas oportunidades de trabalho e melhoria na qualidade de vida.

Dentro da perspectiva de cidades em país em desenvolvimento, isso representaria novas oportunidades de melhoria na coleta seletiva de resíduos, além de ambientes mais limpos e menos poluídos. Contudo, para que isso ocorra, é necessário o planejamento de ações estratégicas conjuntas entre os principais *stakeholders*. A seguir, serão abordadas as parcerias estratégicas para a implementação da EC.

9.4 Ações estratégicas para implementação

Segundo a OCDE (2020), a economia circular pode ser implementada desde que algumas condições de governança sejam alcançadas. Para isso, propõe-se uma lista de ações com 12 dimensões-chave, voltadas à orientação dos governos para promover, facilitar e viabilizar esse modelo. Essa lista é direcionada a cidades e regiões, e suas dimensões podem ser aplicáveis em todos os níveis de governo. As 12 dimensões, agrupadas em três *clusters*, correspondem aos papéis complementares das cidades e regiões como promotores, facilitadores e dinamizadores da economia circular, estão apresentadas na tabela 9.1:

Tabela 9.1: Lista de atividades para ação em cidades e regiões

Papel	O quê	Por quê	Como
Promotores	Papéis e responsabilidades	Definir responsabilidades e liderar pelo exemplo	Estabelecer papéis e responsabilidades claros; aplicar modelos dentro do governo; prevenir a geração de resíduos no município; promover o uso de materiais e produtos sustentáveis, e planejar construções circulares.
	Visão estratégica	Desenvolver uma estratégia de economia circular com objetivos e ações claras	Mapear iniciativas existentes relacionadas à economia circular; definir metas, ações e resultados esperados claros e alcançáveis; alocar recursos financeiros e humanos; compartilhar e cocriar estratégias; monitorar e avaliar regularmente os resultados.
	Conscientização e transparência	Promover uma cultura de economia circular e aumentar a confiança	Promover uma comunicação ampla, aberta e clara para mostrar os impactos da economia circular, e como os cidadãos e diferentes atores podem contribuir para ela, compartilhando histórias de sucesso, por meio de eventos, conferências, seminários, em escolas, universidades; promover certificados, rótulos e prêmios que possam aumentar a confiança e levar a escolhas mais conscientes de produção e consumo.
Facilitadores	Coordenação	Implementar uma governança multinível eficaz	Fortalecer a coordenação entre os níveis de governos por meio da criação de órgãos de coordenação ad hoc como comitês, comissões, agências ou grupos de trabalho; organizar reuniões ad hoc para a coordenação cidade-província-região-estado para o desenvolvimento de projetos conjuntos; criar bancos de dados e sistemas de informação compartilhados.
	Coerência das políticas	Promover o pensamento sistêmico	Identificar sinergias entre políticas e planos (adaptação climática, mobilidade, uso da terra etc.); reforçar a coordenação entre políticas e departamentos governamentais (coordenação horizontal); adotar ajustes ao longo do ciclo da política, com implicações na forma como as instituições, processos, habilidades e atores são organizados
	Engajamento das partes interessadas	Facilitar a colaboração entre atores e empresas públicas e sem fins lucrativos	Envolver-se com a academia e centros de pesquisa para construir conhecimento, experimentos e realizar análises específicas sobre fluxo, estoques e entrada e saída de materiais, buscando soluções, coletando dados e digitalizando informações, criando plataformas online interativas para troca de informações, oferecendo oportunidades de colaboração, estimulando demandas por novas soluções conjuntas, identificando projetos de P&D e propiciando espaços de coworking.

	Escala apropriada	Adotar uma abordagem funcional	Facilitar as conexões territoriais entre áreas urbanas e rurais, facilitando planos e iniciativas de bairros e comunidades; experimentando projetos de EC em pequena escala, como em campus universitários, bairros etc., identificando oportunidades de simbiose industrial e urbana, e avaliando parcerias locais.
Habilitadores	Regulamentação	Identificar os instrumentos regulatórios que precisam ser adaptados para promover a transição para a economia circular	Identificar casos em que é possível adaptar o regulamento (uso da terra, licenças etc.) em nível local; estabelecer um diálogo com o governo nacional sobre as atualizações necessárias das estruturas regulatórias quando a responsabilidade for além das cidades e regiões; implementar compras públicas verdes; estabelecer requisitos claros nas licitações para fomentar o uso dos princípios da economia circular; aplicar uma abordagem de análise de ciclo de vida, realizando análises de mercado e estimulando a demanda; estimulando o diálogo entre os órgãos governamentais e áreas envolvidas na promoção da transição circular, criando uma estrutura de monitoramento e avaliação para compras públicas verdes.
	Financiamento	Ajudar a mobilizar recursos financeiros e alocá-los de forma eficiente	Facilitar o acesso ao financiamento e ampliar o leque de instrumentos financeiros para o empreendedorismo; criar um esquema para oferecer empréstimos subsidiados ou garantias de crédito a empresas que sigam os princípios da economia circular, em cooperação com instituições financeiras privadas e semi públicas; explorar a implementação de recompensas para empresas por meio de imposto de renda corporativo, IVA reduzido em produtos rotulados como circulares.
	Capacitação	Adaptar os recursos humanos e técnicos aos desafios a serem enfrentados	Desenvolver programas de formação sobre economia circular nas secretarias municipais e para o setor privado; revisar e analisar as habilidades e capacidades necessárias para realizar todas as atividades associadas à concepção, definição, implementação e monitoramento da estratégia.
	Inovação	Apoiar o desenvolvimento de negócios	Criar espaços para experimentação, estimulando a demanda para produtos verdes; criar redes para cadeias de materiais; criar incubadoras para projetos de EC, promovendo parcerias público-privadas.
	Dados e avaliação	Gerar um sistema de informação e avaliar os resultados	Coletar dados e informações sobre a economia circular gerando fontes abertas de dados que sejam relevantes, acessíveis, comprehensíveis e atualizados; monitorar e avaliar metas e objetivos de estratégia circular no curto, médio e longo prazo; avaliar o quão circular é uma cidade, ou região, o que funciona e não funciona, e o que pode ser melhorado.

Fonte: Adaptado de OCDE (2022).

A eficácia dos processos descritos na tabela terão melhores resultados mediante revisões periódicas, preferencialmente uma vez ao ano. A seguir, apresentamos um resumo dos papéis que cidades e regiões podem desempenhar, conforme diretrizes da OCDE (2022):

Promotores: cidades e regiões podem promover a economia circular ao servir como modelo, fornecendo informações claras e estabelecendo objetivos e metas. Para isso, deverão definir as responsabilidades e liderar pelo exemplo (papéis e responsabilidades); desenvolver uma estratégia de economia circular com objetivos e ações claras (visão estratégica); e promover uma cultura de economia circular reforçando a confiança por meio de aumento de consciência e com maior transparência nas ações.

Facilitadores: cidades e regiões podem facilitar as conexões e o diálogo, bem como fornecer infraestrutura sólida para novos negócios circulares, coordenando e implementando uma governança multinível eficaz; fomentando o pensamento sistêmico por meio de políticas coerentes; facilitando a colaboração entre atores e empresas públicas e sem fins lucrativos, promovendo o engajamento dos *stakeholders*; e adotando uma abordagem funcional em uma escala apropriada.

Habilitadores: cidades e regiões devem criar condições propícias para a transição à economia circular por meio das seguintes ações e estratégias: *i)* financiamento: ajudar a mobilizar recursos financeiros e alocá-los de forma eficiente; *ii)* regulamentação: identificar os instrumentos regulatórios que precisam ser adaptados para promover a transição à economia circular; *iii)* capacitação: adequar os recursos humanos e técnicos aos desafios que devem ser enfrentados; *iv)* inovação: apoiar o desenvolvimento de negócios; *v)* avaliação: gerar um sistema de informação e avaliar os resultados.

9.4.1 Parcerias estratégicas

Ao refletirmos sobre a transição de um modelo linear de produção para a circularidade da economia, faz-se necessário trazer para a visão a abordagem do Triângulo de Sábato, da Hélice Tríplice e da Hélice Quádrupla, abordagens pensadas para a inovação.

Triângulo de Sábato: proposto por Sábato e Botana (1968), dispõe que a inserção da ciência e tecnologia no desenvolvimento das sociedades contemporâneas é encarada como um processo político. Cada um dos vértices desse triângulo é representado por três elementos: governo, estrutura produtiva (empresa e mercado) e infraestrutura científico tecnológica (universidade). O Triângulo de Sábato visa o desenvolvimento da ciência e tecnologia e representa, em seu esquema, a cooperação entre diferentes entidades e instituições.

Modelo Tríplice Hélice: proposto por Etzkowitz e Leydesdorff (2000), também descreve a relação entre universidade, indústria e governo como componente-chave para qualquer estratégia de inovação nacional ou multinacional. Os autores, com base em suas observações, concluíram que somente por meio da integração desses três atores é possível criar um sistema de inovação sustentável e durável (Etzkowitz; Leydesdorff, 2000). Segundo

Leydesdorff (2012), o modelo Tríplice Hélice foi proposto para explicar os desenvolvimentos estruturais nas economias baseadas no conhecimento.

Hélice Quádrupla: proposto por Carayannis e Campbell (2010), contextualiza o modelo da Tríplice Hélice ao adicionar uma quarta hélice: a sociedade civil (Leydesdorff; Park, 2014).

Embora os modelos tenham sido pensados para a inovação, eles se mostram como importantes e irrefutáveis parcerias para implementação de estratégias que encaminhem à economia circular. Além disso, é importante também considerar os resultados da eficiência coletiva (Jardon *et al.*, 2016), que podem ser obtidos a partir do relacionamento entre diversos atores.

9.5 Discussão

Os desafios para implementação de uma economia circular são diversos, dentre eles estão presentes cultura de consumo, políticas de atendimento ao consumidor, obsolescência programada de materiais e equipamentos (eletrônicos, eletrodomésticos, e aparelhos diversos), cultura de moda, descarte de objetos e móveis e outros utensílios, falta de infraestrutura para coleta e tratamento dos resíduos. Destaca-se, também, a utilização de recursos naturais em grande escala, frequentemente sem planejamento adequado para sua reutilização.

Esses e outros desafios tornam a prática da circularidade mais difícil em muitas sociedades. No que tange ao Brasil, essa dificuldade é mais proeminente pelo fato de ser um país rico em recursos naturais e com grande normalização da cultura de consumo. Logo, para não alcançar parâmetros irreversíveis, esse hábito precisa ser trabalhado desde a tenra idade nas escolas e por meio de projetos de extensão nas universidades.

Ademais, pela falta de uma cultura circular, os setores mais impactados nas cidades são construção civil, produção de alimentos, geração de energia e recursos hídricos. Devido ao fato de serem setores ligados às principais demandas e necessidades das cidades, seus desafios e oportunidades para a economia circular serão abordados a seguir.

9.5.1 Construção civil

No Brasil, a construção civil ainda se utiliza majoritariamente de materiais considerados poluentes. Por terem grandes fontes de recursos locais, ainda são utilizados tijolos de argila, cimento, areia e madeiras para caixarias e moldes. Mesmo sendo materiais abundantes e de mais fácil acesso no Brasil do que a construção em aço e madeira compensada, esses materiais utilizam mão de obra em larga escala. Isso ocorre para algumas camadas da sociedade pois é mais acessível comprar esses materiais e contar com mão de obra colaborativa, em estilo mutirão. Porém, os resíduos gerados, como concreto, pregos, madeiras, entre outros, acabam tendo como destino os aterros sanitários (Bertocco *et al.*, 2020).

No setor da construção civil, a transição para a circularidade abre caminho para o desenvolvimento de novos materiais, como tijolos ecológicos e telhas, bem como outras estruturas mais acessíveis, com construção mais rápida e sem resíduos. Nesse sentido, a arquitetura desempenha um papel bastante importante, já que muitos projetos de casas no conceito mais enxuto têm sido cada vez mais propostos (Alves; Tsao, 2007; Awad *et al.*, 2021). Ligado a isso, novos projetos para residências, condomínios ou edifícios já podem se basear em projetos mais sustentáveis na utilização dos materiais, como também para aproveitamento e reaproveitamento de recursos hídricos, incluindo torneiras mais eficientes, vasos sanitários com economia de água, sistema para captação e armazenamento de águas de chuva (Bertocco *et al.*, 2020).

9.5.2 Produção de alimentos

Uma das principais demandas e desafios das cidades é a produção de alimentos, pois, para que o alimento chegue até a mesa do consumidor, são necessários esforços durante a preparação da terra para o plantio, a colheita e o transporte (Quartarolli, 2020). Um processo que implica, inclusive, no emprego de fertilizantes e, em muitos casos, no uso de defensivos agrícolas e agrotóxicos, além de custos logísticos (Rigoto *et al.*, 2014).

No Brasil, alguns alimentos, como diversos tipos de frutas, percorrem grandes distâncias antes de chegar ao destino final (Foscaches *et al.*, 2012). Portanto, é necessário repensar a gestão das perdas, já que muitos alimentos são desperdiçados antes mesmo de chegarem à mesa dos cidadãos, enquanto outros acabam sendo descartados como resíduos comuns, sendo destinados a aterros sanitários e contribuindo para o aumento do volume desses resíduos junto aos rejeitos.

Contudo, é importante frizar que esses e outros desafios não se manifestam apenas como dificuldades, pois há a possibilidade de se converterem em oportunidades de novos negócios. Por exemplo, a inovação tecnológica permitiu a criação de aplicativo para comercialização de *fast food* não consumido até o fim do dia. Esses alimentos passam a ser comercializados por valores abaixo do preço, possibilitando a outras camadas da população a oportunidade de acessar esse tipo de alimentação. Outro exemplo é que em alguns supermercados existe uma seção específica onde os produtos com a data de validade iminente ao vencimento são colocados à venda por praticamente metade do preço ou até mesmo um terço do valor. Essas são maneiras de permitir o acesso à alimentação a uma parte da sociedade – que, de outra maneira, não o teriam – e à circularidade dos alimentos.

9.5.3 Geração de energia

Existem diversas fontes alternativas de produção de energia, dentre elas há a produção a partir de biogás e biomassa, que tem demonstrado resultados promissores (Barros *et al.*, 2020; Meneghetti *et al.*, 2021; De Jesus *et al.*, 2021), bem como o uso de placas fotovoltaicas, que tem apresentado crescimento exponencial.

Porém, pouco tem sido explorado e divulgado quanto à perda de capacidade de produção dessas fontes alternativas, bem como sua circularidade. Há de se considerar que as placas fotovoltaicas, a partir de cinco anos de uso, começam a acumular sujeira, perdendo a capacidade de geração de energia, e, portanto, precisam ser limpas para que recuperem sua capacidade de produção. Além disso, estima-se que a vida útil das placas seja de aproximadamente 20 anos com as tecnologias atuais (Pagani *et al.*, 2020). Portanto, em aproximadamente 15 a 20 anos teremos um acúmulo de placas que precisarão ter um destino adequado. As questões burocráticas, diferenças de tensão para agregar uma fonte a outra, ainda são desafios, já que as tecnologias não são totalmente popularizadas e dependem de empresas com *know-how* técnico.

Assim, em termos de geração por fontes alternativas, os desafios ainda são numerosos, ao mesmo tempo em que surgem diversas oportunidades. É possível combinar propriedades onde são desenvolvidas a criação de animais e o aproveitamento do esterco para o biogás. Para isso, é necessário difundir as técnicas e suas vantagens, a fim de gerar disposição nos usuários. Os veículos elétricos também são alternativas buscadas para a redução da emissão de gases de efeito estufa (Minucci *et al.*, 2020).

Quanto à produção fotovoltaica, é preciso ampliar pesquisas visando alternativas estratégicas para a extensão da vida útil das placas, assim como o reuso dos materiais que as compõem. Desse modo, essas questões abrem caminho para investimentos e participação da universidade em projetos de pesquisa e para o empreendedorismo verde no formato de *startups* ou outros tipos de empreendedorismo.

9.5.4 Recursos hídricos

A água potável do planeta tem se tornado cada vez mais escassa em função das mudanças climáticas (Savenije, 2000; Gosling; Arnell, 2016), fato que segue no caminho oposto ao aumento da população mundial, que requer cada vez mais o consumo desse precioso recurso (Damkjaer; Taylor, 2017).

Nesse sentido, ainda são poucos os sistemas planejados para a captação de águas pluviais na maioria das cidades brasileiras, o que mantém o padrão no caminho que as precipitações acabam seguindo: deságue nos rios e oceanos (Chen *et al.*, 2012), pois ainda são poucas as residências que dispõem de planejamento para captação das águas de chuva em cisternas e seu correto manejo para futuro reaproveitamento (Bertocco *et al.*, 2020). Além disso, as ocupações em áreas próximas a rios e córregos, seguido da falta de esgoto e saneamento, acabam por poluir fontes e nascentes, tornando o trabalho de despoluição ainda mais custoso e complexo. Além do consumo populacional, há o consumo de atividades industriais, que necessitam de água em grande escala em abatedouros, indústrias de roupas e cervejarias (Shende *et al.*, 2022; Gorfie, 2022), pois atendem a uma demanda crescente em muitos mercados.

Uma das muitas opções tem sido a criação de parques como forma de armazenamento de água (Zhu; Wang, 2022). O Brasil tem vários exemplos de locais que foram transformados

de lixões e pântanos em lindos parques, pois, além da função fundamental de armazenar esse recurso vital, os parques têm sido também locais de lazer muito procurados por cidadãos.

Esses tópicos foram abordados a fim de oferecer ao leitor um panorama de alguns desafios e oportunidades existentes no Brasil durante o processo de transição de uma economia linear para uma circular. Outros inúmeros tópicos merecem atenção tanto em função dos recursos que consome, como em função da cultura do consumo. Um exemplo é a indústria da moda, que tem um elevado índice de produção devido aos lançamentos de novas coleções. A circularidade das roupas ainda é pouco explorada, embora exista um comércio firme de roupas de segunda mão.

Outro exemplo é a indústria de descartáveis e embalagens que, até bem pouco tempo, era tida como a vilã da sustentabilidade. Devido ao advento da pandemia da covid-19, essa indústria recebeu considerável trégua em função de sua utilidade para questões de saúde e saneamento. Outro setor igualmente importante é o da saúde, que consome muitos recursos, gera muitos resíduos e se configura como um grande desafio para sua circularidade. Nesse setor, já existem estudos sobre a circularidade dos materiais de ultrassons e raios X, por exemplo, mas existe ainda um longo caminho a ser percorrido para solucionar a questão de outros tipos de materiais, como látex de luvas, seringas descartáveis, entre outros – sem mencionar a questão dos medicamentos, que ainda é abordada no Brasil apenas em termos de logística reversa.

9.6 Considerações finais

O mundo atravessa um momento de grandes mudanças climáticas, com temperaturas extremamente elevadas em alguns lugares do planeta, como nunca antes observado. As mudanças nos padrões de produção e consumo são urgentes. As cidades desempenham um papel central nesse processo de mudanças, já que mais de 56% da população mundial vive em cidades e com tendência a aumento deste percentual. As cidades consomem 75% dos recursos naturais, são responsáveis por 50% de todos os resíduos globais e 80% das emissões de gases de efeito estufa.

Para fazer face a esses problemas, um novo conceito de cidade começou a surgir na literatura na década de 1990, as denominadas “cidades inteligentes”. As cidades inteligentes são assim chamadas por empregar circularidade com diversas tecnologias digitais a fim de auxiliar na mitigação desses processos e gestão dos recursos, buscando, assim, tornar-se também sustentáveis.

Uma cidade inteligente é aquela que pratica os princípios da economia circular para fechar os ciclos de recursos em parceria com os *stakeholders*. Esses *stakeholders*, componentes da Hélice Quádrupla, juntos, podem apoiar-se mutuamente no engajamento e na busca dos princípios da economia circular para uma realidade mais sustentável. Sem a devida participação de um dos vértices apontados na Hélice Quádrupla, qualquer estratégia de economia circular estará fadada ao insucesso e a adoção da EC, em ambientes urbanos ou fora deles, representa um horizonte urgente de ação para fazer frente a questões como escassez de recursos, aquecimento global, entre outros.

As mudanças de um sistema de produção e consumo linear para um sistema circular oferecem diversas oportunidades nas mais diversas áreas. O novo contexto requer novos

produtos e serviços, novas ferramentas e habilidades, gerando uma gama de novas oportunidades de negócios e empregos. Porém, em sincronia com as oportunidades, surge também os desafios. Muitos empregos específicos passam a ser ameaçados, e não existem garantias que os desempregados sejam facilmente realocados, já que isso depende de outra série de fatores, como habilidades, flexibilidade, aceitação da mudança, entre outros aspectos.

Os apelos para o engajamento das empresas nesse processo são provenientes de diversas esferas, uma vez que possuem capacidade maior de amortização dos impactos causados pelas mudanças. Porém, as micro, pequenas e médias empresas, que operam com restrições de capital e recursos, precisam ter muito mais cautela antes de embarcar em projetos que nem sempre são muito acessíveis do ponto de vista financeiro. Assim, é importante que sejam desenvolvidas pesquisas que possam orientar sua transição para a sustentabilidade e, para isso, as parcerias da Hélice Quádrupla são essenciais para auxiliar nesse processo.

Por fim, nem todos os produtos ou serviços denominados “verdes” de fato consomem menos recursos, menos energia e menos emissões em seus processos de fabricação e oferta. Apenas a título de exemplo, deve-se mencionar os copos plásticos descartáveis – grandes vilões da vida contemporânea –, que passaram a ser substituídos por copos de papel, a fim de minimizar os impactos provocados pelo plástico. No entanto, para que um copo de papel tenha uma vida minimamente útil durante o período em que é utilizado, torna-se necessário a aplicação de uma fina camada de plástico, caso contrário, o copo se dissolverá imediatamente durante o uso. Essa fina camada de plástico compromete a capacidade de degradação do material, ao mesmo tempo que dificulta sobremaneira sua reciclagem, sendo necessário separar o plástico do papel por extrusora, tarefa quase impossível devido à mínima quantidade de plástico utilizada na composição. Sendo assim, seria muito mais fácil reciclar o copo plástico em sua composição original. Adicionalmente, para a fabricação dos copos de papel é necessário o corte de árvores. Os copos plásticos são apenas um exemplo para repensar e calcular todos os benefícios e as desvantagens na produção e utilização dos produtos denominados “verdes”.

Outro exemplo são as embalagens plásticas e de isopor, que são altamente poluentes. Ao mesmo tempo em que poluem, elas ajudam a prolongar a vida útil dos alimentos, evitando perdas, embora precisem ser adequadamente descartadas após seu uso para que possam entrar novamente no ciclo produtivo. Isso depende tanto do comportamento do consumidor quanto de uma estrutura adequada de coleta seletiva. Assim, uma economia circular requer mudanças sistêmicas não apenas nos modelos de negócios, mas também no comportamento do consumidor, nas estruturas de serviços públicos e no apoio fornecido pela academia durante esses processos.

Portanto, as parcerias são fundamentais para que as atividades sejam desencadeadas e realizadas, analisando-se todos os detalhes para a concretização do que o mundo precisa: maior sustentabilidade. Portanto, as cidades no Brasil ainda têm um longo caminho até conseguirem implementar com sucesso a transição para a circularidade.

Este trabalho se limita pela sua amplitude e abrangência, pois tanto a economia circular quanto as cidades inteligentes sustentáveis são temas muito amplos. Sugere-se que, para trabalhos futuros, os setores aqui abordados sejam tratados separadamente. Recomenda-se também que

continuem as análises detalhadas sobre as reais vantagens e desafios dos chamados “produtos e serviços verdes”, bem como o monitoramento das aplicações sugeridas na tabela 9.1.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio recebido pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) da UTFPR e pela Fundação Getúlio Vargas (FGV).

Referências

AHVENNIEMI, Hannele et al. What are the differences between sustainable and smart cities?. *Cities*, v. 60, p. 234-245, 2017.

ALVES, Thais; TSAO, Cynthia CY. Lean construction – 2000 to 2006. *Lean construction journal*, p. 46, 2007.

ARFAOUI, Nabila et al. How do governance arrangements matter in the circular economy? Lessons from five methanation projects based on the social-ecological system framework. *Ecological Economics*, v. 197, p. 107-414, 2022.

AWAD, Tamar; GUARDIOLA, Jesús; FRAÍZ, David. Sustainable construction: Improving productivity through lean construction. *Sustainability*, v. 13, n. 24, p. 13.877, 2021.

BARROS, Murillo Vetroni et al. Mapping of research lines on circular economy practices in agriculture: From waste to energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 131, p. 109.958, 2020.

BERTOCCHI, Angelica Biagi et al. *Proposta de um modelo de transferência de tecnologia em condomínios sustentáveis de interesse social*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2020.

BIBRI, Simon Elias. A foundational framework for smart sustainable city development: Theoretical, disciplinary, and discursive dimensions and their synergies. *Sustainable Cities and Society*, v. 38, p. 758-794, 2018.

BOULDING, Kenneth E. The economics of the coming spaceship earth. *New York*, p. 1-17, 1966.

BOURGUIGNON, Didier. Closing the loop New circular economy package. European Parliamentary Research Service, 2016. Disponível em: https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/573899/EPRS_BRI%282016%29573899_EN.pdf. Acesso em: jul. 2022.

CARAGLIU, Andrea; DEL BO, Chiara; NIJKAMP, Peter. Smart cities in Europe. *Journal of urban technology*, v. 18, n. 2, p. 65-82, 2011.

CARAYANNIS, Elias G.; CAMPBELL, David FJ. Triple Helix, Quadruple Helix and Quintuple Helix and how do knowledge, innovation and the environment relate to each other?: a proposed framework for a trans-disciplinary analysis of sustainable development and social ecology. *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development (IJSESD)*, v. 1, n. 1, p. 41-69, 2010.

CHEN, Bin *et al.* On the origin and destination of atmospheric moisture and air mass over the Tibetan Plateau. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 110, n. 3, p. 423-435, 2012.

CHOWDHURY, Soumyadeb *et al.* Impact of Organisational Factors on the Circular Economy Practices and Sustainable Performance of Small and Medium-sized Enterprises in Vietnam. *Journal of Business Research*, v. 147, p. 362-378, 2022.

CHRISTENSEN, Thomas Budde. Towards a circular economy in cities: exploring local modes of governance in the transition towards a circular economy in construction and textile recycling. *Journal of Cleaner Production*, v. 305, p. 127.058, 2021.

CIMPRICH, Alexander *et al.* The role of industrial actors in the circular economy for critical raw materials: a framework with case studies across a range of industries. *Mineral Economics*, p. 1-19, 2022.

DAMKJAER, Simon; TAYLOR, Richard. The measurement of water scarcity: defining a meaningful indicator. *Ambio*, v. 46, n. 5, p. 513-531, 2017.

DE JESUS, Ana *et al.* Eco-innovation diversity in a circular economy: towards circular innovation studies. *Sustainability*, v. 13, n. 19, p. 109.74, 2021.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Towards a circular economy: business rationale for an accelerated transition. *Greener Manag International*, v. 20, 2015. Disponível em: <https://tinyurl.com/zt8fhxw>. Acesso em: 9 nov. 2023.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. *Cities Consume 75% of Natural Resources, Produce 50% of Waste and Emit 60–80% of Greenhouse Gases*. 2019. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/videos/cities-consume-75-of-natural-resource-how-can-a-circular-economy-tackle-this>. Acesso em: 13/03/2025.

ETZKOWITZ, Henry; LEYDESDORFF, Loet. The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations. *Research policy*, v. 29, n. 2, p. 109-123, 2000.

FOSCACHES, Caroline Acosta Lezcano *et al.* Logística de frutas, legumes e verduras (FLV): um estudo sobre embalagem, armazenamento e transporte em pequenas cidades brasileiras. *Informações Econômicas*, v. 42, n. 2, p. 37-46, 2012.

GEISSDOERFER, Martin *et al.* The Circular Economy—A new sustainability paradigm?. *Journal of cleaner production*, v. 143, p. 757-768, 2017.

Economia circular: conceitos, dimensões e abordagens

GONÇALVES, Beatriz de Souza Mello; CARVALHO, Flávio Leonel de; FIORINI, Paula de Camargo. Circular Economy and Financial Aspects: A Systematic Review of the Literature. *Sustainability*, v. 14, n. 5, p. 3023, 2022.

GORFIE, Belihu Nigatu *et al.* Effect of brewery wastewater irrigation on soil characteristics and lettuce (*Lactuca sativa*) crop in Ethiopia. *Agricultural Water Management*, v. 269, p. 107.633, 2022.

GOSLING, Simon N; ARNELL, Nigel W. A global assessment of the impact of climate change on water scarcity. *Climatic Change*, v. 134, n. 3, p. 371-385, 2016.

GRECO, Ilaria; CRESTA, Angela. A smart planning for smart city: the concept of smart city as an opportunity to re-think the planning models of the contemporary city. In: *Computational Science and Its Applications—ICCSA 2015: 15th International Conference, Banff, AB, Canada, June 22–25, 2015, Proceedings, Part II 15*. Springer International Publishing, p. 563-576, 2015.

GULDMANN, Eva; HUULGAARD, Rikke Dorothea. Barriers to circular business model innovation: A multiple-case study. *Journal of Cleaner Production*, v. 243, p. 118.160, 2020.

HERRERO-LUNA, Sonia; LATORRE-MARTINEZ, M.; FERRER-SERRANO, M. Circular Economy and Innovation: A Systematic Literature Review. *Central European Business Review*, n. ART-2022-128647, 2022.

KARMAN, Agnieszka; PAWŁOWSKI, Mieczysław. Circular economy competitiveness evaluation model based on the catastrophe progression method. *Journal of Environmental Management*, v. 303, p. 114.223, 2022.

JARDON, Carlos M.; PAGANI, Regina Negri. Is collective efficiency in subsistence clusters a growth strategy? The case of the wood industry in Oberá, Argentina. *International Journal of Emerging Markets*, v. 11, n. 2, p. 232-255, 2016.

LIEDER, Michael; ASIF, Farazee; RASHID, Amir. Towards Circular Economy implementation: an agent-based simulation approach for business model changes. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, v. 31, n. 6, p. 1.377-1.402, 2017.

LEYDESDORFF, Loet. The triple helix, quadruple helix,..., and an N-tuple of helices: explanatory models for analyzing the knowledge-based economy?. *Journal of the knowledge economy*, v. 3, p. 25-35, 2012.

LEYDESDORFF, Loet; PARK, Han Woo. Can synergy in triple helix relations be quantified? A review of the development of the triple helix indicator. *Triple Helix*, v. 1, n. 1, p. 1-18, 2014.

MILLAR, Neal; MC LAUGHLIN, Eoin; BÖRGER, Tobias. The circular economy: swings and roundabouts?. *Ecological economics*, v. 158, p. 11-19, 2019.

- MINUCCI, Amanda S.; FERREIRA, Ângela P.; FERNANDES, Paula O. Impact of the increase in electric vehicles on energy consumption and GHG Emissions in Portugal. In: *International Conference on Computational Science and Its Applications*. Springer, Cham, p. 521-537, 2020.
- MENEGHETTI, Antonella; DAL MAGRO, Fabio; ROMAGNOLI, Alessandro. Penetração de energia renovável na entrega de alimentos: acoplamento de energia fotovoltaica com unidades refrigeradas de transporte. *Energy*, v. 232, p. 120.994, 2021.
- OECD. EUROPEAN COMMISSION. *Policy brief on making the most of the social economy's contribution to the circular economy*. 2022. Disponível em: <https://www.oecd-ilibrary.org/content/paper/e9eea313-en>. Acesso em: jul. 2022.
- OECD. Improving resource efficiency and the circularity of economies for a greener world. OECD Environment Policy Papers, No. 20, Paris: OECD Publishing, 2 jul. 2020. DOI: 10.1787/1b38a38f-en. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/1b38a38f-en>. Acesso em: 15/04/2025.
- OLIVEIRA, Mariana *et al.* Circular economy in the agro-industry: integrated environmental assessment of dairy products. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 148, p. 111.314, 2021.
- PADMAPRIYA, V.; SUJATHA, D. N Future of Sustainable Smart Cities: An insight. In: *Blockchain for Smart Cities*. Elsevier, p. 17-34, 2021.
- PAGANI, Regina Negri *et al.* Smart cities and sustainable development: a missing link? *XL Encontro Nacional de Engenharia de Produção: Contribuições da Engenharia de Produção para a Gestão de Operações Energéticas Sustentáveis*. Paraná: 2020. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/TI_ST_350_1803_40760.pdf. Acesso em: jul. 2022.
- PRENDEVILLE, Sharon; CHERIM, Emma; BOCKEN, Nancy. Circular cities: Mapping six cities in transition. *Environmental innovation and societal transitions*, v. 26, p. 171-194, 2018.
- QUARTAROLLI, Luís Antonio Camargo. O desafio do transporte de alimentos *in natura*. *Revista Diálogos Acadêmicos IESCAMP*, v. 4, n. 2, p. 11-14, 2020.
- RANTA, Valtteri; AARIKKA-STENROOS, Leena; VÄISÄNEN, Juha-Matti. Digital technologies catalyzing business model innovation for circular economy: Multiple case study. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 164, p. 105.155, 2021.
- RIZOS, Vasileios *et al.* Implementation of circular economy business models by small and medium-sized enterprises (SMEs): Barriers and enablers. *Sustainability*, v. 8, n. 11, p. 1.212, 2016.
- RODRÍGUEZ-ESPÍNDOLA, Oscar *et al.* The role of circular economy principles and sustainable-oriented innovation to enhance social, economic and environmental performance: Evidence from Mexican SMEs. *International Journal of Production Economics*, v. 248, p. 108.495, 2022.
- Sabato, J. y Botana, N. (1968). La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina. *Revista de la Integración*, INTAL, Buenos Aires, Año 1, Nro. 3, pp. 15-36.

SAVENIJE, Hubert H. G. Water scarcity indicators; the deception of the numbers. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere*, v. 25, n. 3, p. 199-204, 2000.

SHENDE, Akshay D. *et al.* Water consumption, wastewater generation and characterization of a slaughterhouse for resource conservation and recovery. *Water Practice & Technology*, v. 17, n. 1, p. 366-377, 2022.

SUCHEK, Nathalia *et al.* Innovation and the circular economy: A systematic literature review. *Business Strategy and the Environment*, v. 30, n. 8, p. 3.686-3.702, 2021.

SULICH, Adam; SOŁODUCHO-PELC, Letycja. The circular economy and the green jobs creation. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 29, n. 10, p. 14.231-14.247, 2022.

ZHU, Junjie; WANG, Yu. The value of urban wetland parks and suggestions for development countermeasures. *Open Journal of Social Sciences*, v. 10, n. 5, p. 345-350, 2022.

YIGITCANLAR, Tan *et al.* Can cities become smart without being sustainable? A systematic review of the literature. *Sustainable cities and society*, v. 45, p. 348-365, 2019.

Gestão ambiental e economia circular – um olhar sobre uma agroindústria brasileira de alimentos

Valquíria Duarte Vieira Rodrigues

Amanda Cristina Gaban Filippi

Alcido Elenor Wander

Fabricia Silva da Rosa

Introdução

As discussões sobre produção de alimentos e meio ambiente estão cada vez mais presentes no âmbito empresarial e nas agendas públicas, visto que a demanda por alimentos e recursos naturais vem aumentando. Diante disso, é preciso buscar formas de gestão que visem a preservação do meio ambiente numa conjuntura que garanta que os mesmos recursos de hoje estejam disponíveis para as próximas gerações.

Notadamente, o momento exige maior atenção dos produtores rurais e agroindústrias na conservação e preservação dos recursos naturais que impactam diretamente na produtividade e, consequentemente, na competitividade nacional e internacional diante do aumento das exigências dos mercados em relação ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental, visando uma produção mais sustentável.

Nesse sentido, a gestão ambiental e a economia circular contribuem para o desenvolvimento sustentável e se destacam junto à produção de alimentos. Por meio da gestão ambiental, as empresas se organizam com o intuito de alcançar e conquistar a qualidade ambiental, alinhada com o tripé sociedade, mercado e governo (Barbieri, 2016; Dias, 2011;

Donaire, 1999), além de conciliar o aumento da produção de alimentos com a redução dos impactos negativos sobre o meio ambiente, que são gerados pela indústria de alimentos. No caso avícola, por exemplo, isso se dá por meio de soluções tecnológicas (Barbieri, 2016).

A economia circular, por meio de processos produtivos circulares, objetiva reinserir os resíduos no ciclo produtivo, a fim de minimizar os impactos no meio ambiente e, também, reduzir a extração de matéria-prima (Foster; Roberto; Igari, 2016; Silva *et al.*, 2021). Esses modelos emergem diante da preocupação com a sustentabilidade *versus* o modelo econômico linear, pois a gestão ambiental eficiente pode contribuir para a transição de produção linear para um modelo de produção circular.

Assim, segundo Assunção (2019), a economia circular se apresenta como oposição ao modelo econômico linear de produção – extrair, transformar, descartar –, que depende de grandes quantidades de materiais e recursos ambientais, para um sistema circular de produção, distribuição e consumo, que visa a redução, reutilização e a reciclagem (Kalmykova; Sadagopan; Rosado, 2018; Korhonen *et al.*, 2018).

Mesmo com toda a relevância que a economia circular exerce sobre o meio ambiente e o bem-estar da sociedade, observa-se que o tema ainda é pouco explorado pela literatura e a maioria dos estudos de caso ainda não conseguiram discutir o assunto com profundidade (Tisott *et al.*, 2018), além da escassez de estudos aplicados. Nesse sentido, o presente estudo objetiva suprir essa lacuna, uma vez que a agroindústria disponibilizou todos os dados necessários para a condução da análise.

Diante do contexto apresentado e partindo dos dados da pesquisa realizada pela Conferência Nacional da Indústria (CNI, 2019) – os quais indicam que cerca de 76,5% das indústrias brasileiras empregavam atividades voltadas à economia circular, mas que, no entanto, não conseguiam, até aquele momento, associá-las ao tema –, o presente capítulo apresenta a gestão ambiental na agroindústria no estado de Goiás sob a perspectiva da economia circular. A análise busca, mais especificamente, identificar se tal agroindústria está alcançando uma produção de alimentos mais sustentável, bem como se está fazendo uso eficiente dos recursos naturais e ofertando produtos de qualidade à sociedade.

Para atingir os objetivos propostos pelo presente capítulo, foi realizado um estudo aplicado em uma agroindústria de alimentos que busca mitigar os impactos ambientais causados por sua atividade na região em que atua. Para tanto, fizemos uso da técnica análise de conteúdo temática de Bardin (1977), com categorização *a posteriori*, a fim de realizar a análise dos dados.

Este capítulo está estruturado em mais quatro seções, além desta breve introdução. A segunda seção contém a revisão de literatura com as principais ideias sobre produção de alimentos e sua relação com a gestão ambiental e a economia circular. Na terceira, são apresentadas as técnicas e métodos da pesquisa. Posteriormente, são mostrados os resultados e a discussão por meio da categorização. Por fim, constam as considerações finais na quinta e última seção.

10.1 Produção de alimentos: qual sua relação com a gestão ambiental e economia circular?

A produção de alimentos tem aumentado de acordo com o crescimento populacional mundial e, consequentemente, a demanda por recursos naturais também está aumentando, exigindo cada vez mais a atenção dos produtores na preservação e conservação dos recursos naturais para manutenção da produtividade e competitividade nacional e internacional, sobretudo, num momento de maior exigência dos mercados em relação aos sistemas de produção mais sustentável (Foster; Roberto; Igari, 2016; Ribeiro; Jaime; Ventura, 2017; Cepal, 2019).

Dessa forma, as discussões sobre produção de alimentos e meio ambiente têm se tornado cada vez mais presentes. Segundo Conte e Boff (2013), a essência da questão se dá no sentido do questionamento acerca da possibilidade de produzir alimentos de maneira sustentável ao passo de suprir a demanda da humanidade para as próximas décadas, sem degradar o planeta, provendo os nutrientes adequados a todos e garantindo que os recursos naturais de hoje estejam disponíveis para as próximas gerações.

Morin (2013) destaca que o problema da agricultura é de todos, de forma que não existe dissociação entre produção de alimentos, recursos hídricos, urbanização, demografia, ecologia e alimentação. Todos esses fatores estão interligados e necessitam de atenção especial numa visão conjunta e integrada, com o intuito de garantir uma produção sustentável.

Para Cassol e Schneider (2015), as discussões em torno da produção de alimentos também ganham destaque no âmbito das questões de saúde pública, no que concerne à desnutrição e obesidade, poluição e contaminação com pesticidas, além do exagero do consumo e desperdício de alimentos (food waste).

Em relação à cadeia avícola, observa-se que a carne de frango é o segundo tipo de carne mais consumida no mundo, sendo produzidas 106 milhões de toneladas por ano, ficando atrás apenas da carne suína. No Brasil, essa proteína é a mais consumida, com aproximadamente 42 kg por habitante anualmente. Dessa forma, o crescente consumo desse alimento levou ao aumento do número de abatedouros e à busca do setor pelo aperfeiçoamento e modernização de seus processos produtivos, ao mesmo tempo que visa garantir a qualidade do produto final, uma vez que existem alguns impactos ambientais negativos que o setor de produção e processamento de aves pode gerar, como, por exemplo, resíduos e efluentes com elevada carga orgânica (ABPA, 2018).

Contudo, é possível conciliar o aumento da produção de alimentos com a redução dos impactos negativos gerados pela indústria avícola sobre o meio ambiente por intermédio de soluções tecnológicas. Para tanto, as empresas vêm criando alternativas e estratégias de controle ambiental e desenvolvendo programas que avaliam os principais aspectos ambientais do processo, ajudando a evitar e minimizar os impactos (Pinheiro, 2022; Barbieri, 2016).

Dentre algumas soluções que minimizem os impactos sobre o meio ambiente, pode-se citar: i) redução na fonte: modificação na fonte ou no processo (housekeeping, substituição de materiais ou mudanças tecnológicas); ii) reciclagem interna; iii) reciclagem externa

(estruturas ou materiais); iv) ciclos biogênicos; v) ecoeficiência; vi) tecnologias que reduzem e otimizem energia elétrica; vii) soluções mais sustentáveis; viii) abordagens mais verdes e inteligentes na logística e transporte; ix) pegada de carbono; x) biocombustíveis; xi) tratamento das águas; entre outros (Pinheiro, 2022; Barbieri, 2016).

Portanto, conciliar a produção de alimentos com os recursos ambientais começa a fazer parte das agendas institucionais e provocar mudanças nos processos produtivos agroindustriais. Aliado a isso, é por meio da gestão ambiental que as empresas se organizam com o intuito de alcançar e conquistar a qualidade ambiental através do tripé sociedade, mercado e governo (Barbieri, 2016; Dias, 2011; Donaire, 1999).

Sendo assim, a gestão ambiental se fundamenta em cinco princípios essenciais: *i)* definição de política ambiental; *ii)* elaboração de plano de ação a fim de atender à política ambiental; *iii)* promoção de condições para o cumprimento dos objetivos e metas traçadas; *iv)* Realização periódica de avaliações quali-quantitativas; e *v)* revisão e aprimoramento da política ambiental da empresa, assegurando um contínuo desenvolvimento do desempenho ambiental (Barbieri, 2016; Gedam, 2021).

Tais princípios seguem as estratégias de gestão de métodos que focam nos problemas ambientais existentes com a finalidade de reduzir os danos originados pelo fluxo dos resíduos gerados. Portanto, a prevenção contra a poluição é uma estratégia de longo prazo que busca reduzir a quantidade de resíduos liberados na natureza (Thomas; Scott, 2015).

Logo, cabe às empresas atuarem por meio de alguma ação com o intuito de reduzir os impactos ambientais gerados por suas atividades produtivas. Essas estratégias, no âmbito da gestão ambiental, podem ser implementadas por meio do controle da poluição e de seus efeitos, da prevenção de seu surgimento ou do desenvolvimento de meios que possibilitem transformar problemas ambientais em oportunidades de negócios (Pinheiro, 2022; Barbieri, 2016).

É a partir desse cenário, das atividades produtivas que geram impactos ambientais com a extração de matéria-prima e sua consequente produção de resíduos e rejeitos, que se apresenta a economia circular. A EC visa processos produtivos circulares por meio da reinserção dos resíduos no ciclo produtivo, a fim de minimizar os impactos no meio ambiente e, também, reduzir a extração de matéria-prima (Foster, Roberto e Igari 2016).

Segundo Oliveira et al. (2018), os modelos de produção circulares emergem diante dos ideais de sustentabilidade, de ações que resultem no prolongamento da vida útil do que será produzido, ou do reprocessamento de subprodutos e reintegração deles na cadeia produtiva, com a finalidade de aumentar o ciclo de vida. Assim, um sistema de transição para a EC promove um circuito fechado com processo produtivo sustentável, ao passo que maximiza o aproveitamento dos recursos e viabiliza ciclos contínuos de reconversão (Oliveira; França; Rangel, 2018; Vier et al., 2021).

Da mesma forma, Cosenza et al. (2020) observam que a EC emerge diante do conflito entre o modelo atual econômico de crescimento versus sustentabilidade ambiental. De modo que a EC vem no intuito de mudar o comportamento do consumidor, assim como utilizar os recursos naturais e resíduos (Cosenza; Andrade; Assunção, 2020; Vier et al., 2021).

Portanto, no cenário da gestão ambiental, que busca alcançar a conservação ecológica e reduzir os problemas ambientais oriundos do processo de produção de alimentos, a EC pau-ta-se num sistema circular de produção, distribuição e consumo, sempre visando a redução, reutilização e a reciclagem (Kalmykova; Sadagopan; Rosado, 2018; Korhonen et al., 2018), sendo, portanto, uma oposição ao modelo econômico linear de produção de “extrair, transformar, descartar”, o qual depende de grandes quantidades de materiais e recursos ambientais (Assunção, 2019). A próxima seção apresenta os métodos e técnicas desse estudo aplicado.

10.2 Métodos e técnicas de pesquisa

Essa pesquisa é classificada como aplicada, descritiva, exploratória e qualitativa. De acordo com Silva e Menezes (2001), a pesquisa aplicada permite conhecer o tema com a aplicação prática para a solução de problemas. Por sua vez, a natureza descritiva e exploratória descreve características da pesquisa com a possibilidade de aplicação de questionário ou observação e também proporciona maior aproximação com o problema de forma a compreendê-lo. Já a pesquisa qualitativa possibilita interpretar fenômenos e atribuição de significados (Silva; Menezes, 2001).

O presente estudo definiu a observação sistemática e a análise documental para a coleta de dados em uma agroindústria de alimentos com uma importância econômica representativa no estado de Goiás. A coleta de dados se deu por meio da observação sistemática e participação ativa e presencial durante o acompanhamento de rotinas, eventos e fatos da empresa estudada. A análise de documentos complementa a pesquisa ao passo que levanta informações e dados do exercício observado do ano de 2019.

A agroindústria selecionada tem unidades fabris em dois municípios e trabalha com integração (aviários) em 33 municípios do estado de Goiás. Atua na fabricação e comercialização de produtos e derivados de carne de aves, abastecendo oito estados brasileiros e o Distrito Federal, além de 60 países de quatro continentes (África, América, Ásia e Europa), com destaque para China, Japão, Emirados Árabes Unidos, Rússia, Iraque, México, Peru, Hong Kong e Coreia do Sul. Para tanto, ela atua em todas as fases da cadeia produtiva da avicultura, desde a produção de matrizes até o abate e processamento dos frangos, em negócio verticalizado, a fim de reduzir custos e uso de recursos naturais e aumentar a eficiência operacional.

Para estudar os dados, foi utilizada a análise de conteúdo temática. Essa análise se destaca cada vez mais nas ciências sociais aplicadas numa abordagem analítica crítica e reflexiva, que proporciona legitimidade e rigor nas pesquisas, compreendendo em profundidade o significado das falas, de documentos, núcleo de palavras ou mensagens (Bardin, 1977; Mozzato; Grzybivski, 2011). Ela é composta por três fases que visam conhecer em profundidade a unidade de estudo de forma crítica: *i) pré-análise; ii) exploração do material; e iii) tratamento dos resultados, inferência e interpretação* (Bardin, 1977).

Quanto à etapa de categorização temática da análise de conteúdo, foi realizada *a posteriori*, com a definição baseada no levantamento das ações da gestão ambiental desenvolvidas pela

agroindústria sob a perspectiva da EC, sendo definidas quatro categorias: *i*) ações de tecnologia limpa; *ii*) gestão de resíduos sólidos; *iii*) vantagens das ações ambientais da agroindústria, ações de melhoria na implementação e condução de ações ambientais na agroindústria; e *iv*) ações da agroindústria sob a perspectiva da EC. Os resultados são apresentados na próxima seção.

10.3 Resultados e discussão

10.3.1 Ações de tecnologia limpa

Essa categoria aborda processos industriais novos ou já existentes, mas modificados com o intuito de reduzir os impactos ambientais, o consumo de matérias-primas e o consumo energético da agroindústria. São detalhadas a Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), Fábrica de Farinhas e Óleos (FFO), Caldeira e Energia Solar.

Em 2012, a agroindústria expandiu seu sistema de tratamento de efluentes, implementando uma segunda ETE que complementa a existente (baseada em lagoas de estabilização) com processos físico-químicos e biológicos. A implementação dessa segunda ETE proporcionou a domunição de gases emitidos na atmosfera, levando à conquista da certificação de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) junto à Organização das Nações Unidas (ONU) para a empresa – essa certificação foi válida até o ano de 2023.

De acordo com Barbieri (2016) e Dias (2011), produções mais limpas são estratégias ambientais aplicadas a processos, produtos e serviços, a fim de minimizar os impactos sobre o meio ambiente. Assim, a certificação MDL obtida pela agroindústria habilita a empresa a negociar a tonelada de CO₂ não emitida ou retirada da atmosfera num país em desenvolvimento. No Brasil, a compra e venda de créditos de carbono são comercializados pela B3 (Bolsa de Valores do Brasil, antiga BM&F BOVESPA). Apesar da oportunidade, a empresa não reconhecia em suas demonstrações contábeis o crédito como ativo intangível ambiental, mas como manutenção do crédito como ganho ambiental em sua atividade (Gedam, 2021).

Notadamente, a nova ETE também possibilitou a extração de óleo (ácido graxo), que era comercializado para fábricas de sabão e produtos de limpeza e passou a ser comercializado para a fabricação de biodiesel, já que apresentava alta qualidade do produto. Esse sistema promoveu o tratamento físico-químico e biológico e removeu 85% da matéria orgânica e 95% de óleos e graxos. Além de retornar para o abastecimento dos veículos utilizados pela empresa.

Ainda em relação à ETE, o lodo de esgoto, que era retirado do processo produtivo até 2017 para abastecimento da caldeira, teve uma extração de 7.555,9 toneladas de lodo sólido e de 2.661 toneladas de óleo graxo em 2018. Esse coproduto passou, a partir de 2018, a ser destinado para a fabricação de adubo orgânico utilizado na produção de grãos, consumidos pela própria empresa como matéria-prima na fabricação de rações para seu plantel. Esse processo, apesar de contribuir com a destinação eficiente do resíduo e diminuição dos gases emitidos, aumenta o consumo de madeira para abastecer a caldeira.

Nesse sentido, a agroindústria buscou soluções por meio de novas tecnologias para reduzir o consumo de madeira (cavaco) na caldeira. Assim ela adquiriu uma nova caldeira movida à biomassa em 2014, considerada como tecnologia mais limpa, uma vez que consegue agir na geração de vapor e reduzir as emissões atmosféricas. A mudança proporcionou uma redução de 27% nas emissões de gases da caldeira entre 2014 a 2018.

Além disso, a nova caldeira utiliza o calor excedente do gerador de vapor para o pré-aquecimento de água. Há um ganho de 30 °C na água de alimentação da caldeira, redução da temperatura da fumaça, diminuição do uso do ar para resfriamento e geração de ganhos financeiros.

Em 2018, a economia com o novo sistema chegou a R\$ 242.053,65, o que proporcionou uma redução no uso de água e cavaco de madeira, representando uma economia de 4.841,07 m³ de lenha, resultado significativo para a gestão sustentável de recursos naturais. O sistema de reaproveitamento de gases dos digestores (aerocondensadores) na FFO local de cozimento de resíduos sólidos não comercializados do frango, como vísceras, penas etc., gera economia no uso da caldeira. Anteriormente, as emissões de gases eram liberadas para a atmosfera, mas com o novo sistema essa liberação externa não ocorre mais.

Adicionalmente, a FFO foi estimulada pela competitividade e demanda do mercado e aliou tal aspecto com a oportunidade de gerar recursos alternativos de combate à poluição do meio ambiente, utilizando os resíduos de maneira adequada. Essa situação pode ser exemplificada pelo volume de resíduos do processo do abatedouro, que totalizou 99.739.420 toneladas. Esses resíduos são considerados um subproduto e matéria-prima para a FFO, de forma que 80% dos produtos são destinados para a fábrica de rações e 20% do excedente é comercializado para outras empresas. Além da comercialização dos produtos, a FFO também gera uma receita ambiental com a venda de rejeitos provenientes do processo produtivo, que correspondeu a R\$ 956.818,23 em 2018.

Por fim, quanto ao sistema de energia solar, a agroindústria analisada investe em diversos projetos visando a redução do consumo de energia elétrica, como redução do consumo de aparelhos de ar condicionado, substituição de maquinário por outros de maior eficiência, instalação de lâmpadas LED e sensores de movimento. Desse modo, a empresa possui quatro unidades que tiveram projetos de energia solar, com capacidade de geração de 78.000,0 kWh/mês de energia limpa, custo de energia gerada de R\$ 0,19/kWh e economia de R\$ 43.700/ano com geração.

As unidades de matriz para recria, postura e incubação também possuem o sistema de energia solar instalado, sendo que o aquecimento da água consumida é usada para o banho dos colaboradores. A economia gerada com os custos de energia nesses locais resulta em R\$ 241.380,00/ano, proveniente da geração de energia limpa.

10.3.2 Gestão de resíduos sólidos

Esta subseção aborda os procedimentos de planejamento, implementação e gestão que visam a redução de resíduos nos processos produtivos, bem como a coleta, armazenagem, tratamento, transporte e destino final adequado aos resíduos gerados.

Trazendo um panorama simplificado para maior compreensão, a agroindústria separa em quatro grupos as ações tecnológicas de gerenciamento de resíduos sólidos nos diferentes setores da empresa, sendo estes: *i*) gestão do resíduo sólido de todas as unidades (papelão, apara de embalagens, galões, uniformes e equipamentos de proteção individual – EPIs); *ii*) lodo sólido da ETE; *iii*) composteira (resíduos de aves); e *iv*) compostagem (material orgânico proveniente de toda a cadeia produtiva). A figura 10.1 exemplifica as etapas do gerenciamento dos resíduos da agroindústria:

Figura 10.1: Gerenciamento de resíduos da agroindústria avícola



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A figura ilustra as etapas de coleta, manuseio, embalagem e armazenamento temporários, tratamentos e destinação final dos resíduos no gerenciamento de resíduos da agroindústria avícola. Adicionalmente, o processo inclui reciclagem, reutilização de materiais e comercialização de coprodutos. Para otimizar a traigem na central de coleta, todos os setores e colaboradores são incentivados a seguir os procedimentos de coleta seletiva, separando os diferentes materiais conforme a etapa do processo – como recicláveis no início da cadeia.

Aliado a isso, a agroindústria implementou um almoxarifado para materiais de uso e consumo e um pátio central para coleta de sucatas, como máquinas, equipamentos e sobras de materiais de construção. Também houve a instalação da central de reciclagem, que conta com cinco colaboradores e uma equipe de suporte responsável por mapear os pontos e realizar a coleta de materiais recicláveis. Além da gestão de resíduos, a empresa adota ações de logística reversa – oriundo do processo produtivo –, abrangendo resíduos dos próprios produtos e de terceiros. Esse conjunto de medidas demonstra o compromisso da empresa com a destinação adequada dos resíduos e a preocupação com o meio ambiente.

Para otimizar todo o processo de gestão de resíduos, foi criada uma central de coleta de resíduos recicláveis e promover a economia circular. Nessa central, os materiais descartados são quantificados, separados e destinados corretamente, resultando em redução de desperdício, melhorias nos processos por meio de orientações e geração de coprodutos/

receita por meio da venda de alguns materiais a empresas certificadas que reaproveitam esse material como matéria-prima para outros produtos. A figura 10.2 ilustra o ciclo de EC implementado na agroindústria pesquisada:

Figura 10.2: Economia circular



Fonte: Adaptado de Relatório Anual de Sustentabilidade da Agroindústria (2020).

A agroindústria conta com um projeto de gerenciamento de resíduos que busca, sempre que possível, a reutilização contínua de materiais e equipamentos, a redução do consumo ineficiente de recursos naturais e a reciclagem de subprodutos em todas as etapas do processo produtivo (RAS, 2020). Dessa forma, a EC faz parte da estratégia da empresa no que concerne à gestão dos resíduos da cadeia de produção, o que engloba cinzas da caldeira, cama de matrizes, composto de matrizes e ovos, resíduos do incubatório, resíduos de armazém de milho e da fábrica de ração, bem como lodo da ETE. Tais resíduos fazem parte dos processos de adubação, pastagem e labouras, compostagem e adubo orgânico.

A quantidade total de descarte de resíduos sólidos da agroindústria é 1.200 toneladas/ano em aterro sanitário. Devido a essa gestão, a empresa consegue economizar entre R\$ 16.000,00 a R\$ 29.000,00 em aproveitamento (reuso) de materiais por mês. No ano de 2018, a empresa conseguiu reciclar 186.721,96 toneladas, isto é, 0,5% dos materiais não renováveis, contribuindo para que a comercialização de produtos recicláveis alcançasse a marca de R\$ 11.942.928,53 toneladas/ano (óleo graxo, materiais recicláveis, entre outros), totalizando uma receita ambiental de R\$ 770.403,84.

A agroindústria se baseia em alguns instrumentos de referência na gestão de resíduos sólidos, que são a Codificação NBR 10.004/2004, a Resolução Conama 313/2002 e a Lei nº 12.305/2010. Todas elas objetivam orientar a destinação adequada dos resíduos, a conscientização do consumo necessário e a reutilização dos materiais.

Adicionalmente, na gestão dos resíduos pela agroindústria ainda existem outras ações de gerenciamento, como composteira e compostagem. A composteira é um sistema de tratamento das aves descartadas no processo produtivo, as quais são consideradas comprometidas segundo normas sanitárias. Essas aves descartadas posteriormente irão compor o adubo orgânico, que é regulamentado pela Instrução Normativa SDA/MAPA 25/2009. Para maior compreensão desse processo, o quadro 10.1 apresenta todas as ações de gerenciamento dos resíduos sólidos de forma simplificada:

Quadro 10.1: Identificação e mensuração do gerenciamento de resíduos sólidos da agroindústria em 2018

Ano de Implementação	Identificação	Objetivo	Descrição	Monitoramento (Indicadores)
2014	Gestão do resíduo sólido de todas as unidades	Redução na origem/redução na fonte	Ações denominadas “logística reversa”; coleta e comercialização dos resíduos	A quantidade de resíduos gerados pela empresa em toda a cadeia foi de 12.130.850,49 toneladas em 2018
2014	Composteira	Transformar os resíduos em adubo orgânico	Tratamento das aves descartadas no processo de produção	298.750 kg de resíduos gerados em 2018
2018	Compostagem	Transformar o material orgânico em húmus, concentrando, de forma equilibrada, nutrientes para as plantas	Recolher, acondicionar e transportar os resíduos que foram gerados nas atividades	A quantidade de resíduos gerados pela empresa foi de 17.962.872 toneladas geradas em 2018

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Desses resíduos, foram geradas 12.130.850,49 toneladas de resíduos sólidos provenientes de todas as unidades fabris. Enquanto a composteira gerou 298.750 kg de resíduos, a compostagem resultou em 17.962.872 toneladas de resíduos. O total de receita gerada foi de

R\$ 1.302.701,19. Todos esses resíduos são agrupados e somados ao esterco do confinamento da empresa parceira e, a partir de então, inicia-se a produção da compostagem. Além disso, constatou-se que o adubo orgânico produzido nesse processo é utilizado em lavouras da região.

10.3.3 Vantagens das ações ambientais, ações de melhoria na implementação e condução de ações ambientais na agroindústria

Esta subseção apresenta e discute as vantagens das ações ambientais, bem como a melhoria na implementação e condução dessas iniciativas na agroindústria, objeto de estudo da presente pesquisa.

A agroindústria apresenta vantagem competitiva estratégica quanto às práticas de reciclagem e proteção ambiental. Essa vantagem é devido aos esforços alcançados no aumento das taxas de reciclagem e na proteção ambiental, no tocante ao cumprimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

Isso vai de encontro aos objetivos de ecoeficiência apontados por Thomas e Scott (2015), Dias (2011) e Barbieri (2016), os quais buscam tornar as empresas mais competitivas, inovadoras e ambientalmente responsáveis, de forma a incrementar qualitativamente a economia, ao passo que também reduz os impactos ambientais e o consumo de recursos ao longo do ciclo de vida dos produtos e serviços. Nesse sentido, as empresas buscam soluções inovadoras e sustentáveis, baseadas nos princípios da economia circular, por exemplo.

O modelo circular propõe minimizar os impactos no meio ambiente ao passo que busca reinserir resíduos no ciclo produtivo e reduzir a extração de matéria-prima (Foster; Roberto; Igari, 2016; Silva *et al.*, 2021). Assim, a economia circular se opõe ao modelo linear de produção econômica, uma vez que destaca a importância de uma gestão ambiental eficiente.

Aliado a isso, a referida empresa está em fase de implementação de projetos de energia solar, a fim de reduzir seus custos com a energia elétrica. Contudo, já vem demonstrando resultados econômicos, alcançando uma redução de R\$ 285.080,00 e 438.628,24 kWh. Além do ganho ambiental, a empresa conseguiu reduzir os custos com a energia elétrica.

Já em relação à política de redução da poluição e tratamento de efluentes gerados, a agroindústria conseguiu diminuir a quantidade de lodo biológico devido à redução de materiais e resíduos gerados e, inclusive, removeu 85% da matéria orgânica e 95% de óleos e graxos dos resíduos gerados passíveis de reciclagem. Essas ações convergem com os objetivos da ecoeficiência de Thomas e Scott (2015), Dias (2011) e Barbieri (2016), já que promovem a redução de materiais e energia por unidade de produto ou serviço, além de favorecerem a competitividade da empresa juntamente com a diminuição dos impactos sobre o meio ambiente.

Atrelado a isso, os efluentes são filtrados para posterior recuperação da água na ETE. Essa água é devolvida ao rio, onde a empresa realiza a captação para o uso no processo produtivo e parte dela ainda é utilizada na manutenção dos jardins, correspondendo a 180 m³ por dia.

Devido às ações ambientais que a agroindústria pratica, a empresa já é certificada pela norma ISO 9001, que certifica o sistema de gestão da qualidade. Além disso, a empresa já possuiu também as certificações ISO 14001 e OSHAS 18001 em plantas de produtos

intermediários (fábrica de ração e incubatório); OSHAS 18001, norma que auxilia a organização no controle de seus riscos e a melhoraria de seu desempenho no âmbito do sistema de gestão da segurança e saúde no trabalho; e a Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP), que é traduzida para o português como APPCC (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle), é responsável pela abordagem sistemática para garantir que os alimentos produzidos sejam seguros para os consumidores do ponto de vista sanitário. Há, ainda, o selo Great Place to Work (GPTW), que certifica a empresa como um ótimo lugar para se trabalhar. Observou-se em documentos internos, em escriturações contábeis, nas secretarias municipal e estadual do meio ambiente e na comarca local, que a agroindústria não possui ações ajuizadas sobre problemas ambientais, não possui multas, indenizações ou quaisquer penalidades. O quadro 10.2 resume as principais vantagens das ações ambientais da agroindústria estudada:

Quadro 10.2: Pontos fortes da empresa de agroindústria em relação à gestão ambiental

Ação ambiental	Descrição do ponto forte
Gestão estratégica	Contratação de especialistas externos para auxiliar a administração em questões relevantes.
	Cumpre a legislação trabalhista relativa à contratação de funcionários com deficiência.
	Seleciona fornecedores de acordo com indicadores de riscos socioambientais, promovendo a adoção de boas práticas.
Relatório anual de sustentabilidade	Divulgação de metas para melhoria de desempenho nas dimensões ambientais e sociais.
	Publicação de relatório de sustentabilidade no Brasil, relatando as metas e os objetivos para todas as operações.
	Estabelecimento de metas de melhorias no Relatório de Sustentabilidade sobre aspectos sociais e ambientais.
Comitê de sustentabilidade	Possui comitê de sustentabilidade.
Relatório anual de sustentabilidade e comitê de sustentabilidade	Possui política de adoção de critérios de boa conduta ambiental para selecionar os integrados.

Ação ambiental	Descrição do ponto forte
Gestão ambiental empresarial	Possui Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e/ou Utilizadas de Recursos Ambientais (CTF/APP). Taxa do Estado. Regularidade Ambiental da Secretaria. Taxa de Fiscalização Ambiental – TFAGO/Taxas anuais de regularidade perante a Secima.
ETE, caldeira e energia solar	Atingiu as metas de redução de emissões de gases de efeito estufa.

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Observa-se que a agroindústria do estudo apresenta várias práticas efetivas para a gestão ambiental, dentre ações de gestão estratégica, relatório anual de sustentabilidade, comitê de sustentabilidade, gestão ambiental empresarial, bem como metas efetivas para redução de emissões de gases de efeito estufa e mudanças climáticas.

Adicionalmente, alguns pontos carecem de atenção, como a necessidade de um inventário no qual poderia constar as emissões dos gases, principalmente de efeito estufa, emitidos no processo, tanto de caldeira quanto do setor de transporte, visto que assim é possível identificar com mais facilidade riscos e vulnerabilidades no setor avícola que sofre e precisa de adaptação às mudanças climáticas. Mesmo que a empresa venha desenvolvendo ações de educação ambiental nas unidades e de recuperação de nascentes, incentivo ao reflorestamento, auditorias e reciclagem em conjunto aos parceiros, poderiam ser implementadas e monitoradas com maior rigor e controle, a fim de evitar que os ganhos ambientais e financeiros sejam ineficientes e acometidos por alguma das partes do processo produtivo.

Outro desafio diz respeito aos colaboradores e consumidores que fazem parte de sua rede. A agroindústria poderia propor ações mais simples e descontraídas, a fim de promover a educação ambiental para esse público. Para isso, peças teatrais, palestras e minicursos, apresentação de dados aos colaboradores sobre os indicadores ambientais, metas de redução de gases e lixo são ações desse eixo que podem fomentar uma proximidade com a realidade da empresa a qual estão vinculados. Em relação aos consumidores, a agroindústria poderia estreitar a comunicação sobre os processos ambientais, de forma a transmitir o conhecimento acerca do impacto e de que modo os recursos naturais são usados durante todas as etapas da cadeia produtiva, além da apresentação de produtos com origem segura e confiável. Como alternativa, poderia inserir materiais de apoio e informações mais detalhadas sobre os processos produtivos e ações de educação ambiental.

Por fim, a agroindústria adota o sistema de gestão ambiental (SGA) estabelecido pela norma ISO 14001. Contudo, no período de realização desta pesquisa, a empresa não possuía a certificação em todas as suas unidades, tendo apenas no incubatório e na fábrica de rações, e somente as de seguir as boas práticas. Sendo assim, a empresa poderia realizar um inventário com diagnóstico das emissões reduzidas na ação de gestão de resíduos sólidos, quanto ao reflorestamento e o transporte, visto que a agroindústria ainda desconhece esses dados.

10.3.4 Ações da agroindústria sob a perspectiva da economia circular

Esta quarta e última subseção sintetiza as ações que a agroindústria do estudo realiza ou promoveu para se adequar à nova dinâmica da produção visando a mudança para uma economia produtiva circular. O quadro 10.3 exemplifica as principais ações desenvolvidas pela empresa:

Quadro 10.3: Ações da agroindústria sob perspectiva da economia circular

Princípios da economia circular	Ações da agroindústria sob perspectiva da economia circular
1. Processos produtivos circulares	Implantação da segunda estação de tratamento de efluentes.
2. Reinserção de resíduos no ciclo produtivo	O lodo do esgoto que era retirado do processo produtivo passou a ser destinado para a fabricação de adubo orgânico.
3. Minimização dos impactos no meio ambiente	Novas tecnologias para reduzir o consumo de madeira (cavaco) na caldeira. Nova caldeira, biomassa que contempla tecnologia mais limpa, geração de vapor e redução nas emissões atmosféricas.
4. Reduzir a extração de matéria-prima	A nova ETE proporcionou a extração de óleo (ácido graxo), que era comercializado para fábricas de sabão e produtos de limpeza, para ser comercializado para a fabricação de biodiesel.
5. Sustentabilidade	Bosques energéticos (plantio de florestas de eucalipto).
6. Prolongamento da vida útil do produto	A ETE trata resíduos da indústria e reduz o impacto ao meio ambiente.
7. Reprocessamento de subprodutos	A fábrica de farinhas e óleos gerou recursos alternativos de combate à poluição do meio ambiente, utilizando de maneira adequada os resíduos. Assim, a Agroindústria atendeu a obrigatoriedade da não emissão de resíduos poluentes ao meio ambiente, e conseguiu gerar lucro com o processo.

Princípios da economia circular	Ações da agroindústria sob perspectiva da economia circular
8. Reintegração de coprodutos na cadeia produtiva	Reuso da água para finalidades múltiplas (por exemplo, reuso da água da caldeira).
9. Aumento do ciclo de vida	O sistema de energia solar conseguiu reduzir o consumo de energia elétrica, ao passo que gerou a diminuição do consumo de aparelhos de ar-condicionado, substituição de maquinário por outros de maior eficiência, instalação de lâmpadas LED e sensores de movimento.
10. Ciclos contínuos de reconversão	A gestão de resíduos sólidos é abordada nas etapas de procedimentos de planejamento, implementação e gestão visando a redução de resíduos nos processos produtivos, bem como a coleta, armazenagem, tratamento, transporte e destino final adequado aos resíduos gerados.
11. Mudança do modelo econômico atual linear (extrair, transformar, descartar) para circular (redução, reutilização, reciclagem)	<p>É realizada a reciclagem e reutilização de materiais e comercialização dos coprodutos provenientes da agroindústria avícola.</p> <p>A agroindústria promoveu ações de educação dos setores e colaboradores quanto aos procedimentos de coleta seletiva no intuito de segregar os diferentes materiais.</p>

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Rodrigues (2020).

A partir da transição da agroindústria, de um modelo econômico de produção para um modelo econômico circular, é possível perceber que a empresa analisada teve diversas ações concretas e relevantes, as quais proporcionaram a mudança para a EC. Essas ações estão alinhadas com os ideais de sustentabilidade, com o objetivo de garantir que os recursos ambientais, no âmbito da produção de alimentos, estejam disponíveis para as próximas gerações de modo a minimizar a interferência no meio ambiente.

Nessa perspectiva, as ações implementadas pela empresa objetivam o prolongamento da vida útil do que será produzido, isso se dá por meio do reprocessamento de subprodutos e reintegração na cadeia produtiva, a fim de aumentar o ciclo de vida. Parte-se do pressuposto, neste estudo, que os resíduos, na visão da EC, agora chamados de coprodutos, não são mais pejorativos do processo, pois são inseridos no ciclo produtivo, proporcionando a minimização dos impactos no meio ambiente. Tais ações vão de encontro aos estudos de Foster *et al.* (2016), Oliveira *et al.* (2018), Silva *et al.* (2021) e Vier *et al.* (2021).

Notadamente, a agroindústria do estudo atingiu maior grau de qualidade mediante as diferentes ações que conseguiu alcançar por meio de mudanças no sistema produtivo,

ao passo que reduziu problemas ambientais provenientes do processo de produção de alimentos. Assim, os processos produtivos lineares (extrair, transformar e descartar), os quais dependem de grandes quantidades de materiais e de recursos ambientais, se transformam, visando a redução, reutilização e reciclagem num sistema circular.

Juntamente à perspectiva da EC, essas estratégias convergem com a gestão ambiental, pois buscam o controle da poluição e de seus efeitos, assim como a prevenção contra o surgimento ou desenvolvimento de estratégias que possibilitem transformar os problemas ambientais em oportunidades de negócios. Essa ideia vai ao encontro de Barbieri (2016).

Assim, exemplificam-se tais ações no quadro 10.3, com destaque para: *i*) estação de tratamento de efluentes; *ii*) o lodo do esgoto como co-produto para fabricação de adubo orgânico; *iii*) implantação de novas tecnologias limpas, como a redução do consumo de madeira (cavaco) na caldeira e nova caldeira a biomassa; *iv*) implantação de bosques energéticos;³⁰ *v*) fabricação de biodiesel como co-produto da nova ETE; *vi*) reuso da água; *vii*) a fábrica de farinhas e óleos gerou lucro para o processo e conseguiu não emitir resíduos poluentes ao meio ambiente; *viii*) gestão de resíduos sólidos e logística reversa em diversas etapas da cadeia, planejamento, implementação, gestão, coleta, armazenagem, tratamento, transporte e destinação final; *ix*) reciclagem e reutilização de materiais e comercialização de coprodutos; *x*) sistema de energia solar; *xi*) educação corporativa sustentável e ambiental para a agroindústria e parceiros; *xii*) central de reciclagem/coleta de resíduos; *xiii*) gestão de resíduos da agroindústria por meio da composteira e compostagem; *xiv*) recuperação de solos por meio de compostos orgânicos e diminuição de insumos agrícolas; e *xv*) coprodutos da agroindústria sob a perspectiva da EC: cinzas da caldeira, cama de matrizes, composto de matrizes e ovos, resíduos do incubatório, de armazém de milho e da fábrica de ração e lodo da ETE.

10.4 Considerações finais

O objetivo desta pesquisa aplicada foi analisar, sob a perspectiva da economia circular, a produção de alimentos e gestão ambiental a partir de estudo de caso realizado em uma agroindústria no estado de Goiás. Constatou-se que a empresa desenvolve diversas ações de gestão ambiental capazes de mitigar os impactos ambientais causados pela sua atuação em um novo modelo econômico circular, incluindo adoção de tecnologia limpa, gestão de resíduos sólidos e vantagens ambientais à agroindústria pesquisada.

Os principais resultados das ações de tecnologia limpa evidenciaram a abordagem de processos industriais novos ou já existentes, os quais foram modificados com o intuito de reduzir os impactos ambientais, o consumo de matérias-primas e de energia da agroindústria. São detalhadas a Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), Fábrica de Farinhas e Óleos (FFO) e Caldeira e Energia Solar.

³⁰ Os bosques, ou florestas energéticas, são plantados com o objetivo de evitar a pressão do desmatamento sobre as florestas naturais. Além disso, desempenham um papel crucial no fornecimento de biomassa florestal, incluindo lenha e carvão vegetal.

Das ações de gestão de resíduos sólidos, os principais resultados evidenciaram que 30.392.472,49 toneladas de resíduos de todas as unidades tiveram a destinação correta e que as ações de gestão ambiental, alinhadas com o modelo de negócio circular, tiveram vantagens financeiras e ambientais, considerando que na receita ambiental de 2018 foram gerados R\$ 1.302.701,19.

Observou-se que, nos últimos anos, a agroindústria provocou mudanças nos processos produtivos, visando transicionar do modelo de produção linear para o circular, o que implica um prolongamento da vida útil do que será produzido por meio do reprocessamento de coprodutos e reintegração deles na cadeia produtiva. Sobre isso, este estudo identifica a mudança da terminologia de “resíduos” para “coprodutos” na perspectiva da EC, que passam a ser reinseridos no ciclo produtivo a fim de minimizar os impactos ambientais.

Notadamente, a agroindústria, objeto deste estudo, atingiu maior grau de qualidade e geração de valor devido às mudanças no âmbito da gestão ambiental e da EC. Assim, os processos produtivos lineares (extrair, transformar e descartar) evoluem para um sistema circular, com foco na redução, reutilização e reciclagem, devido à alta dependência de grandes quantidades de materiais e de recursos naturais.

Por ser um estudo aplicado e inédito na literatura envolvendo a economia circular e a agroindústria brasileira de alimentos, a disponibilização dos dados necessários para a pesquisa, por parte das empresas, foi a principal limitação, mas, apesar disso, este estudo se destaca por ser o único caso.

Para trabalhos futuros, recomenda-se a análise dos custos ambientais, o desenvolvimento e a aplicação de softwares específicos para o processo, além da comparação desses estudos com outras agroindústrias brasileiras e com ações internacionais. É importante também promover a aproximação do meio acadêmico com o meio empresarial, analisar periodicamente os impactos ambientais, promover a difusão deste estudo por meio de confederações nacionais e ações coletivas rurais, aplicá-lo a outros segmentos agroindustriais, além da indústria avícola, e replicá-lo a fim de delinear as boas práticas da empresa.

Agradecimentos

Agradecemos à empresa São Salvador Alimentos S.A. por abrir as portas à pesquisa científica e pelo importante trabalho, que se destaca como exemplo a ser seguido por outras empresas brasileiras.

Referências

ADECOAGRO. Relatório de Sustentabilidade 2020. São Paulo: Adecoagro, 2020. Disponível em: <https://www.adecoagro.com.pt/informa/compromisso-com-a-sustentabilidade>. Acesso em: 14/06/2024.

Economia circular: conceitos, dimensões e abordagens

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL (ABPA). *História da avicultura no Brasil*. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/setores/avicultura>. Acesso em: jul. 2022.
- ASSUNÇÃO, Gardênia Mendes. A gestão ambiental rumo à economia circular: como o Brasil se apresenta nessa discussão. *Sistemas & Gestão*, v. 14, n. 2, p. 223-231, 2019.
- BARBIERI, José Carlos. *Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos*. 4 ed. São Paulo: Saraiva, 2016.
- BARDIN, Laurence. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 1977.
- CASSOL, Abel; SCHNEIDER, Sergio. Produção e consumo de alimentos: novas redes e atores. *Lua Nova: Revista de Cultura e Política*, São Paulo, n. 95, 2015.
- CEPAL, N.U. *Nudos críticos do desenvolvimento social inclusivo na América Latina e no Caribe: antecedentes para uma agenda regional*. [S.I.], 2019.
- Confederação Nacional da Indústria (CNI). *Pesquisa sobre Economia Circular*. 2019. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2020/4/pesquisa-sobre-economia-circular-2019/>. Acesso em: 4 ago. 2022.
- CONTE, Isaura Iisabel; BOFF, Leonir Amantino. As crises mundiais e a produção de alimentos no Brasil. *Acta Scientiarum: Human and Social Sciences*, v. 35, n.1, p. 49-59, 2013.
- COSENZA, José Paulo; ANDRADE, Eurídice Mamede; ASSUNÇÃO, Gardênia Mendes. Economia circular como alternativa para o crescimento sustentável brasileiro: análise da Política Nacional de Resíduos Sólidos. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 9, n. 1, p. 16147, 2020.
- DA SILVA, Rosemeire Barboza. O movimento nacional dos catadores de materiais recicláveis: atores, governação, regulação e questões emergentes no cenário brasileiro. *INTERthesis, Revista Internacional Interdisciplinar*, v. 3, n. 2, p. 1-40, 2006.
- DIAS, Reinaldo. *Gestão ambiental: responsabilidade e sustentabilidade*. São Paulo: Atlas, 2011.
- DONAIRE, Denis. *Gestão ambiental na empresa*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- FOSTER, Allan; ROBERTO, Samanta Souza; IGARI, Alexandre Toshiro. Economia circular e resíduos sólidos: uma revisão sistemática sobre a eficiência ambiental e econômica. *Encontro internacional sobre gestão empresarial e meio ambiente*. São Paulo, 2016.
- GEDAM, Vidyadhar V. et al. Circular economy practices in a developing economy: Barriers to be defeated. *Journal of Cleaner Production*, v. 311, p. 127.670, 2021.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). ISO 9001:2015 – Quality management systems — Requirements. Geneva: ISO, 2015. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/62085.html>. Acesso em: 9/5/2024.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). ISO 14001:2015 – Environmental management systems — Requirements with guidance for use. Geneva: ISO, 2015. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/60857.html>. Acesso em: 09/05/2024.

KALMYKOVA, Yulia; SADAGOPAN, Madumita Sadagopan; ROSADO, Leonardo Circular economy – From review of theories and practices to development of implementation tools. *Resources, conservation and recycling*, v. 135, p. 190-201, 2018.

KORHONEN, Jouni. *et al.* Circular economy as an essentially contested concept. *Journal of Cleaner Production*, v. 175, p. 544-552, 2018.

MORIN, Edgar. *A Via para o futuro da humanidade*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013.

MOZZATO, Anelise Rebelato; GRZYBOVSKI, Denize. Análise de conteúdo como técnica de análise de dados qualitativos no campo da administração: potencial e desafios. *Revista de Administração Contemporânea*, v. 15, n. 4, p. 731-747, 2011.

NICKLAUS, Doris; ROUQUET, Richard. Comparaison internationale des politiques publiques en matière d'économie circulaire. *Etudes et Documents (CGDD)*, Paris, 2014.

OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY ASSESSMENT SERIES (OHSAS). OHSAS 18001:2007 – Occupational health and safety management systems – Requirements. Londres: BSI (British Standards Institution), 2007.

OLIVEIRA, Fábio Ribibeiro; FRANÇA, Sérgio Luiz Braga; RANGEL, Luís Alberto Duncan Princípios de economia circular para o desenvolvimento de produtos em arranjos produtivos locais. *Interações (Campo Grande)*, v. 20, p. 1.179-1.193, 2019.

PINHEIRO, Marco Antônio Paula *et al.* Circular economy-based new products and company performance: The role of stakeholders and Industry 4.0 technologies. *Business Strategy and the Environment*, v. 31, n. 1, p. 483-499, 2022.

RIBEIRO, Helena; JAIME, Patrícia Constante; VENTURA, Deisy. Alimentação e sustentabilidade. *Estudos Avançados*, v. 31, p. 185-198, 2017.

RODRIGUES, Valquiria Duarte Vieira. *Gestão e contabilidade ambiental: análise do patrimônio e da rentabilidade de uma agroindústria em Goiás*. Dissertação (Mestrado em Agronegócio) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.

SILVA, Thainy Genny Esteves *et al.* Economia circular: um panorama do estado da arte das políticas públicas no Brasil. *Revista Produção Online*, v. 21, n. 3, p. 951-972, 2021.

SILVA, Edna Lúcia da.; MENEZES, Estera Muszkat. *Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação*. 3^a edição revisada e atualizada. Florianópolis, 2001.

TIKKA, Ville. Charitable food aid in Finland: from a social issue to an environmental solution. *Agriculture and human values*, v. 36, n. 2, p. 341-352, 2019.

TISOTT, Sirlei Tonello; SILVA, Inês Francisca Neves; DA SILVA RODRIGUES, Raquel. Produção científica do campo do conhecimento da contabilidade ambiental: um estudo em periódicos nacionais de contabilidade. *Revista de Auditoria, Governança e Contabilidade*, v. 6, n. 23, 2018.

THOMAS, Janet M; SCOTT, J. Callan. *Economia Ambiental: Fundamentos, políticas e aplicações*. Tradução: Antônio Lot; Marta Reyes Gil Passos. São Paulo: Cenagage Learning, 2015.

VIER, Margarete Blume *et al.* Reflexões sobre a Economia Circular. *COLÓQUIO-Revista do Desenvolvimento Regional*, v. 18, n. 4, p. 27-47, 2021.

Inclusão de catadores e catadoras de materiais recicláveis e economia circular

Jorge Alfredo Cerqueira Streit
Andrea Portugal Fellows Kuhnert Dourado

Introdução

A pandemia da covid-19 impactou diretamente a busca global pelos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). Nesse cenário, a gestão eficiente dos resíduos sólidos emerge como uma estratégia essencial para impulsionar a recuperação e o cumprimento das metas estabelecidas para os ODS até 2030.

A gestão de resíduos sólidos está diretamente relacionada com os ODS nº 6 (água potável e saneamento), nº 11 (cidades e comunidades sustentáveis) e o nº 12 (consumo e produção responsáveis), entre outros (United Nations, 2015a). Podemos ainda encontrar relações entre a gestão de resíduos sólidos e a inclusão dos catadores de materiais recicláveis, especialmente nos seguintes casos: ODS nº 1 (erradicação da pobreza), ao gerar trabalho e renda; ODS nº 3 (saúde e bem-estar), ao garantir que todos os resíduos sejam tratados, evitando contaminação de áreas e reduzindo doenças; ODS nº 8 (trabalho decente e crescimento econômico), ao reconhecer o trabalho dos catadores e assegurar um pagamento justo pelo seu trabalho; ODS nº 13 (ação contra a mudança global do clima), pois, seguindo a hierarquia proposta: (redução, redesign, reuso e, finalmente, reciclagem), reduzimos consideravelmente os impactos da mudança climática.

Diretamente conectada à ideia de acompanhar o desenvolvimento sustentável, a economia circular (EC) tem sido compreendida como uma nova maneira de fazer negócios, sobretudo pelo fato de repudiar o conceito de lixo e trazer novas perspectivas. Afinal, sabe-se

que os materiais ainda possuem valor, mesmo depois de concluída sua primeira utilização, contudo, a inadequada gestão, ao término da vida útil do objeto, acarreta problemas de diversas categorias (Ghisellini; Cialani; Ulgiati, 2016), sobretudo ao considerar lixo como um erro de projeto. A economia circular propõe, então, a alteração da mentalidade linear de extração, produção e descarte para modelos de negócio que prezem pela redução, reutilização, reparação e reciclagem (Genovese *et al.*, 2017).

Entre as políticas públicas brasileiras, a Lei 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), é aquela que está mais alinhada ao conceito de economia circular (Oliveira; França; Rangel, 2018; Guarnieri; Cerqueira-Streit; Batista, 2020). Entretanto, por mais que a PNRS tenha completado 10 anos de sanção em agosto de 2020, muitos dos seus objetivos ainda estão longe de serem atingidos (Besen; Silva; Jacobi, 2021). De acordo com a Abrelpe, no Brasil, ainda tínhamos a disposição final inadequada de resíduos em 2.868 municípios no ano de 2020 (Abrelpe, 2021).

Além do fechamento desses espaços insalubres, que, na verdade, nunca foram permitidos, especialmente citados pela Lei nº 6.938/1981 (Política Nacional do Meio Ambiente), e que possuem elevado potencial de impacto ambiental, a integração dos catadores aos programas de logística reversa de materiais recicláveis também é um objetivo que caminha a passos lentos, embora seja vital a esse processo (Dourado; Abreu, 2019). Apesar da Lei da PNRS reconhecer o relevante papel que esses profissionais desempenham para o fechamento da cadeia produtiva e consequente extensão da vida útil dos materiais recicláveis, poucas cidades brasileiras apresentam sistemas de gestão de resíduos com a devida inclusão dessa classe de trabalhadores.

Diante do apresentado, este capítulo tem como objetivo apresentar e discutir os principais desafios relacionados à incorporação dos catadores, de materiais recicláveis e suas organizações no sistema formal de gestão integrada de resíduos sólidos. Adicionalmente, o presente trabalho traz *insights* e casos práticos que podem auxiliar gestores públicos e privados a elaborar e executar políticas alinhadas com as melhores práticas de gestão de resíduos sólidos urbanos. Por fim, contribui-se à discussão teórica do tema, à medida que são apresentados e discutidos, decretos e leis recentemente lançados sobre o assunto, a fim de abrir caminho para futuros pesquisadores.

Revisão da literatura

11.1 Catadores e catadoras de materiais recicláveis e gestão de resíduos sólidos

A atividade da catação é relatada desde 1857, no poema *O vinho dos trapeiros* do francês Charles Baudelaire. Quanto ao Brasil, temos um marco em 1960, quando foi publicada a obra *Quarto de despejo: diário de uma favelada*, escrita por Carolina Maria de Jesus.

A autora (somente alfabetizada, mãe de três filhos, negra, moradora de favela e catadora de papel) choca ao relatar as dificuldades cotidianas em uma periferia paulistana. Seu livro foi traduzido para diversos idiomas e vendeu mais de um milhão de cópias em todo o mundo. Segundo Penteado (2016), um dos motivos para considerá-la pioneira é o fato de o olhar sociológico surgir com base em testemunho e não a partir da ótica de um(a) intelectual que ouviu relatos em um estudo de caso ou em uma etnografia.

Em São Paulo, o trabalho do catador foi reconhecido como atividade profissional através do Decreto 28.649, de 5 de abril de 1990. A partir daí, os catadores começaram a se organizar em grupos e a realizar encontros nacionais, construindo as suas pautas de reivindicações. Em setembro de 1999, no 1º Encontro Nacional de Catadores de Papel, realizado em Belo Horizonte/MG, foi iniciado o processo de estruturação do MNCR (Muñoz *apud* Silva, 2016). No ano de 2001, foi realizado, em Brasília, o 1º Congresso Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis, com 1.700 congressistas, entre catadores, técnicos e agentes sociais de 17 estados. Eles promoveram a 1ª Marcha Nacional da População de Rua com cerca de 3.000 participantes. Durante esse Congresso, foi construído o manifesto conhecido com a 1ª Carta de Brasília (MNCR, 2014), na qual os catadores e catadoras apresentaram, à sociedade e às autoridades responsáveis pela implantação e efetivação das políticas públicas, as suas reivindicações e propostas.

O Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis (MNCR), criado em 2001, é vanguardista na representação da categoria pela própria categoria e não mais por universidades, organizações não governamentais (ONGs) ou entidades religiosas. Com base em princípios como autogestão, solidariedade de classe, democracia direta e apoio mútuo, o MNCR visa representar os catadores de todo o país em discussões com empresas, governo e demais partes interessadas (*stakeholders*), empenhando-se em valorizar o trabalho desses profissionais (MNCR, 2022). Almeida e Gomes (2018) registram a participação do MNCR em articulações legislativas em prol da aprovação da Lei 12.305/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos). Cabe ressaltar que foram quase 20 anos (1991-2010) entre a proposição do projeto de lei até a sanção pela Presidência da República.

De acordo com a definição da própria lei, o gerenciamento de resíduos sólidos implica um sequenciamento de etapas desde a coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final (Brasil, 2010a, art. 3). As primeiras etapas dessa gestão (coleta e transporte), de acordo com o Compromisso Empresarial para Reciclagem (Cempre), são realizadas por um ou mais atores, a depender do município. Normalmente, os serviços de logística são executados por prefeituras, empresas privadas contratadas ou cooperativas de catadores de materiais recicláveis (Cempre, 2020). Catadores autônomos também desempenham um papel importante, coletando resíduos em domicílios e comércios e obtendo renda com a venda do material.

Devido à baixa capacidade de acúmulo de resíduos (falta de galpão ou espaço próprio), o catador autônomo normalmente repassa rapidamente o resíduo para um sucateiro ou aparista (intermediário). Esse intermediário, comumente uma pequena ou média empresa, também pode comprar das cooperativas e associações de catadores e este ator beneficia o

resíduo antes de revender à indústria recicladora, agregando valor com ações de pesagem e prensagem, por exemplo.

Prefeituras e empresas de limpeza urbana podem adotar modelos em que encaminham resíduos diretamente para lixões/aterros controlados e aterros sanitários, sem o envolvimento de cooperativas de catadores. Entretanto, essa abordagem tende a ser mais dispendiosa para os municípios, uma vez que o valor cobrado pelas empresas é por tonelada e, muitas vezes, esta entrada, pesagem e controle de caminhões é feita pela própria empresa, além de não gerar trabalho e renda para a população local.

A economia solidária tem sido uma estratégia fundamental para a inclusão social e econômica dos catadores e catadoras. Dessa forma, as políticas públicas de economia solidária, como foram propostas em conjunto com as Políticas Nacionais de Saneamento e de Resíduos Sólidos, devem ampliar a capacidade organizativa e produtiva do segmento dos catadores, conferir maior capacidade técnica e de gestão aos empreendimentos econômicos coletivos e solidários já existentes e disponibilizar meios técnicos e financeiros para fomentar a organização e formalização de novos por meio de formação, assessoria técnica e estruturação de unidades de coleta, triagem, processamento e comercialização de resíduos sólidos.

Modelos de gestão com a participação dos catadores possuem potencial de distribuir renda para famílias que normalmente estariam à margem da empregabilidade convencional. A Ancat (Associação Nacional de Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis), desde 2018, prepara um relatório anual no intuito de agrupar e divulgar dados sobre a cadeia de reciclagem no Brasil. De acordo com o seu último anuário, entre as 358 organizações respondentes, cada cooperativa/associação possuía, em média, 37 catadores ou catadoras. A maioria era composta por mulheres (54%) e cooperadas(os) que se autodeclaravam pretos ou pardos (76%). Com relação à escolaridade, a maioria dos participantes da pesquisa não completaram o ensino fundamental (43%) e, em média, recebiam R\$ 1.098,00 por um mês trabalhado (Ancat, 2021).

Além do MNCR e da Ancat, outras iniciativas merecem destaque, no sentido de demonstrar a capacidade de articulação política e institucional dessa categoria de profissionais. Em âmbito federal, catadores e catadoras fazem parte da Unicopas (União Nacional das Organizações Cooperativistas Solidárias) e também do Movimento Eu sou Catador. Crescendo em organização e articulação nacionalmente e localmente, os catadores tendem a compartilhar conhecimento tácito com servidores públicos ou empresas e, desta forma, otimiza-se toda a cadeia. Há décadas esses agentes acumulam experiência sobre o que acadêmicos e empresários mais recentemente convencionaram chamar de economia circular.

11.2 Economia circular com participação de catadores e catadoras de materiais recicláveis

Entre tantos distintos conceitos, a economia circular pode ser considerada uma forma socioambiental consciente de pactuar negócios, pois considera o completo ciclo de vida

do produto, mesmo após findada sua primeira utilização. Práticas como reutilização e reciclagem contribuem para manter o material no ciclo produtivo e tendem a contribuir para a redução da quantidade de resíduos sólidos (Ghisellini; Cialani; Ulgiati, 2016). Além de extensão da vida útil dos produtos, adotar os princípios da EC também envolve a consideração acerca das externalidades negativas no custo de produção (como os danos à saúde humana) (EMF, 2015).

Por mais que o interesse pelo tema tenha crescido, o volume global dos resíduos sólidos urbanos (RSU) continua a aumentar, mesmo diante da recessão econômica em muitos países (Marrucci; Marchi; Daddi, 2020). Grande parte dos RSU é composto por uma fração seca de materiais passíveis de aproveitamento pós-consumo, sendo importante salientar que, em algumas regiões, o volume de “lixo seco” é maior do que o volume de “lixo molhado” (orgânicos) (Boesen *et al.*, 2019). No Brasil, estimativas oficiais afirmam que, no mínimo, 30% dos resíduos produzidos, em peso no ambiente urbano, possui potencial de reciclagem e assume-se que, mesmo apresentando potencial de aproveitamento, milhões de toneladas ainda são destinadas de forma ambientalmente inadequada, ou seja, para lixões e aterros controlados (MDR, 2020a).

Mesmo que um país apresente elevadas taxas de reciclagem, este indicador não necessariamente simboliza uma melhora na gestão de resíduos. Países em desenvolvimento possuem a característica de ter uma massa de trabalhadores dependentes do dinheiro oriundo da venda de embalagens pós-consumo de papel, papelão, plástico, alumínio, aço, vidro, entre outros materiais que possuem valor econômico, mesmo após seu uso principal.

Na Nigéria, por exemplo, durante a seca há um êxodo rural e aumento do volume de catadores (*scavengers*), que buscam uma forma de renda nos resíduos encontrados facilmente nas cidades (Ezeudu, 2019). Já Feronato *et al.* (2019) ressalta a importância da formalização dos catadores de materiais recicláveis (chamados de *waste pickers* pelos autores).

Em seu estudo de caso aplicado na Bolívia e na Romênia (ambos considerados países em desenvolvimento, como o Brasil), os autores ressaltam que o primeiro passo é dar direitos e deveres a esses trabalhadores, apresentando-os para a população como “operadores ecológicos” (*ecological operators*). Segundo os autores, é dever mínimo do Estado protegê-los com EPI (equipamentos de proteção individual) e prover sistemas de informações confiáveis (para livrá-los dos riscos das balanças dos atravessadores) (Feronato *et al.*, 2019). Entendemos que isso é parte do encaminhamento, estando em local salubre, adequado e tendo condições de comercialização com valores adequados ao esforço realizado.

Por fim, também recomendam que as organizações de catadores sejam livres de impostos, uma vez que colaboram para a limpeza urbana e, consequentemente, para a saúde pública (Feronato *et al.*, 2019). Afinal, sabe-se que nem o Estado nem a iniciativa privada (que lucra quando coloca seus produtos no mercado, gerando posteriormente os resíduos) podem se sentir satisfeitos simplesmente doando EPI ou maquinários, pois suas responsabilidades vão muito além.

O governo é um *stakeholder* fundamental para que a indústria insira medidas circulares em diversas etapas produtivas. Desde o redesign do produto à reeducação dos consumidores (Magnier; Mugge; Schoorman, 2019) até seu destino final ambientalmente adequado (Van Eygen *et al.*, 2018). De acordo com Rutkowski (2020), o fabricante possui responsabilidade, inclusive, na integração de catadores de materiais recicláveis na cadeia reversa.

A fiscalização do governo deve se fazer presente também no relacionamento entre indústria e catadores a fim de evitar práticas de *greenwashing* (a falsa publicidade de que é “sustentável”, uma “eco-empresa” ou “amiga do meio ambiente”). Entre as possíveis ações governamentais para promover a integração dos catadores na cadeia, destacam-se também a instalação de infraestrutura física, mecanismos regulatórios e instrumentos financeiros para ampliação de políticas de 3R’s (redução, reutilização e reciclagem) (Wichai-Utcha; Chavalparit, 2019).

11.3 Inclusão socioprodutiva de catadores

11.3.1 Oportunidades e desafios no contexto da economia circular

Esta subseção inicia as discussões apresentando os benefícios que o país apresentaria ao caminhar rumo a uma economia circular com a devida inclusão de catadores, assim como elenca os obstáculos observados para obtê-la.

Sob o viés micro, organizações socioambientalmente adequadas tendem a obter maior longevidade, pois ações neste viés têm sido cada vez mais importantes para acessar novos mercados e melhorar a imagem corporativa. Ao atuar em conjunto com outros atores da cadeia produtiva para ampliar o aproveitamento de materiais, uma organização pode otimizar suas operações, dividir custos e, consequentemente, ampliar sua lucratividade. Ao optar por esse caminho, ganhos financeiros e de imagem são notáveis no setor industrial, pois os resíduos de uma fábrica servem como insumo de outra.

Embora as indústrias ainda vejam a gestão de resíduos como um custo, o devido investimento em ecodesign e fortalecimento de parcerias com *stakeholders*, incluindo catadores, pode gerar economia na aquisição de matérias primas e no cumprimento de obrigações legais. Desse modo, menos resíduo é enviado para aterros sanitários e lixões, o que contribui diretamente para o avanço nas metas de reciclagem e promove uma gestão mais sustentável de resíduos.

Por outro lado, em um nível macro, a economia circular de embalagens, se bem implementada no Brasil, geraria oportunidades de diversas naturezas, para diferentes públicos. A peculiaridade da logística reversa dos materiais recicláveis em países em desenvolvimento é justamente o componente social, sobretudo quando levamos em consideração que a geração de trabalho e renda é a principal serventia de um sistema organizado e inclusivo, uma vez que há uma massa de trabalhadores que dependem da revenda desses materiais. Nesse sentido, destaca-se que quanto melhor for a embalagem, menor o

impacto ambiental e maior o impacto social positivo ela é capaz de gerar, pois será mais facilmente coletada e comercializável.

A devida coleta e triagem desses materiais prolonga a vida útil dos aterros, o que representaria um ganho ambiental significativo para estados e municípios, pois está cada vez mais difícil encontrar áreas disponíveis para a disposição final ambientalmente adequada, além do ganho social e econômico. Trabalho e renda gerados significa menor custo de ações de transferência de renda e saúde, pois consideram um ambiente livre de contaminação, reduzindo doenças. Com espaços urbanos mais limpos e equilibrados, nos conformes do artigo 255 da Constituição Federal, e com menos pessoas percorrendo as lixeiras dos bairros e centros comerciais, as cidades se tornariam mais atrativas para turismo, negócios e ofereceriam mais qualidade de vida aos cidadãos.

Do ponto de vista financeiro, municípios, estados e União tenderiam a perceber economias ao adotar um sistema de gestão de resíduos com a devida inclusão dos catadores. Pelo menos desde o início do século XXI, sabe-se que no Brasil bilhões de reais são enterrados (Calderoni, 2003), afinal, as prefeituras possuem gastos exorbitantes nos contratos com empresas, água, energia, transporte e aterrramento de materiais passíveis de reutilização e/ou reciclagem. Portanto, um modelo de gestão de resíduos mais justo e inclusivo, capaz de distribuir renda às camadas de trabalhadores acarretaria ganhos localmente, assim como fortalecimento da indústria e do comércio da região.

Por mais que o prolongamento da vida útil dos materiais por meio da adoção de medidas circulares traga vantagens nas esferas social, econômica e ambiental, sua efetiva implementação ainda se mostra distante de ocorrer no Brasil. Diversos obstáculos se mostram presentes e os próximos parágrafos irão elencá-los, conforme estudos empíricos e ensaios teóricos lidos e realizados pelos autores deste capítulo.

Inevitavelmente, cita-se a falta de conhecimento como um obstáculo. Baixos níveis de educação ambiental, tanto por parte dos empresários, quanto dos governantes e consumidores/cidadãos resultam em um pequeno engajamento em ações socioambientais. Logo, são necessárias mais políticas de conscientização para que as vantagens da economia circular, com a participação do catador, sejam reconhecidas e que os atores compreendam sua função no processo.

A indústria possui um papel fundamental na sincera comunicação com os consumidores sobre o tipo de embalagem que está sendo posta no mercado, bem como sua destinação. Em tempos de negacionismo científico, pós-verdade e enxame de *fake news*, os órgãos fiscalizadores precisam ficar atentos às práticas industriais e aos selos ambientais que são expostos pelas diversas marcas. Afinal, atualmente, nem todas as embalagens que contém o símbolo de reciclagem possuem comercialização ao término de sua vida útil e, por isso, são aterradas e não recicladas (exemplo: embalagens multicamadas, PET pigmentado ou o Polipropileno Biorientado – BOPP).

O Brasil, gigante pela própria natureza, é o quinto país do mundo em extensão territorial e apresenta imensas diferenças entre regiões. Essas diferenças são agravadas pela

falta de infraestrutura logística, pelo pequeno nível de integração entre os participantes da cadeia e pela ausência de políticas públicas que estimulem a participação formal do catador. De acordo com Silva *et al.* (2019), a adaptação de boas práticas internacionais para a realidade brasileira é fundamental, assim como a capacitação dos servidores públicos, sobretudo em nível municipal.

Por mais que o artigo 8º da Política Nacional de Resíduos Sólidos preveja a adoção de incentivos fiscais, financeiros e creditícios (Brasil, 2010a), estes instrumentos ainda não são observados na prática. Por esse motivo, percebe-se uma inação generalizada: a organização ou o município que busca adequar seus processos ou produtos à economia circular não percebe premiação, assim como quem não implementa não recebe punição. Desse modo, inovar para se adequar às práticas circulares torna-se desestimulante. Não somente faltam incentivos como, em muitos casos, há reincidência de tributos para materiais recicláveis (bitributação).

Para que os *loops* produtivos se fechem e práticas como reutilização e reciclagem ocorram, a integração entre os atores é fundamental. A integração, por sua vez, demanda uma coordenação nacional, sendo que esta coordenação pode fazer uso de instrumentos de coerção, regulamentação ou de fiscalização para incentivar determinado comportamento. Entretanto, falta isonomia na fiscalização. Estados cobram empresas e prefeituras de forma distinta através de seus órgãos ambientais e Ministérios Públicos Estaduais. Um cenário com políticas frágeis (ou inexistentes) tende a perpetuar a informalidade do setor da reciclagem, mantendo os baixos níveis de reconhecimento da categoria de catadores.

Segundo Dutra *et al.* (2018), a cadeia produtiva no mercado de recicláveis ocorre no Brasil devido à participação de micro, pequenas empresas e cooperativas de catadores. Afinal, esses atores coletam, triam, transportam, comercializam e facilitam o retorno das embalagens à indústria. Ainda segundo o estudo de caso realizado por Dutra *et al.* (2018), o investimento em galpões, maquinários e apoio administrativo à rede de catadores geraria novos postos de trabalho e aumentaria os índices de reciclagem.

Além dos desafios supracitados, ressalta-se a presença de diversos *lobbies* existentes na gestão de resíduos no Brasil. Pressões oriundas do setor privado para o controle indireto de políticas públicas ou a geração de influência sobre agentes políticos é uma prática comum no país, inclusive na cadeia de embalagens. A ambição por maiores lucros de diversos *stakeholders* pode vir a gerar contratos conflituosos com os princípios da administração pública (como legalidade, imparcialidade ou eficiência) e até mesmo casos de corrupção. Por exemplo, a “máfia dos fiscais” ocorrida na cidade de São Paulo, um cenário no qual, comprovadamente, os fiscais da prefeitura recebiam propina das empresas de limpeza urbana entre 1997 e 2000 (Godoy, 2016).

É importante ressaltar pelo menos três responsáveis pelos *lobbies* existentes atualmente no país que se tornam obstáculos para a gestão de resíduos alinhada com os princípios da economia circular e a inclusão socioprodutiva de catadores, sendo eles: *i*) indústria fabricante de embalagens; *ii*) empresas de limpeza urbana; e *iii*) indústria da incineração.

As indústrias fabricantes de embalagens, por meio de suas associações, se isentam de participar de uma forma mais ativa da gestão de resíduos sólidos municipal. Na maioria dos lugares, é a prefeitura quem arca com os custos, não só de varrição/poda como também de coleta, transporte e destinação das embalagens que os fabricantes colocaram no mercado. Atualmente, as indústrias produzem e vendem livremente, apresentam programas de logística reversa com recuperação de volumes imensamente menores do que comercializam e o *lobby* garante que não sejam cobradas.

No âmbito estadual e municipal, percebe-se a pressão das empresas de limpeza urbana pela manutenção de contratos regidos por uma lógica linear. Os modelos de contrato podem variar entre licitação, pregão ou concessão, mas boa parte é firmado entre empresas que recebem para coletar e aterrinar material reciclável. Alguns, inclusive, possuem remuneração variável, a depender da quantidade de tonelada de resíduo sólido aterrada.

Acredita-se que esse tipo de contrato seja prejudicial por diversos motivos. Cidadãos não são estimulados a fazer a coleta seletiva, uma vez que as empresas “misturam tudo” em suas caçambas compactadoras. Sem a triagem desses materiais, a prefeitura paga para aterrinar resíduos que não precisam ir para seus lixões/aterros, o que igualmente colabora para a diminuição da vida útil dessas áreas. Seria interessante então ter contratos em que a redução da quantidade aterrada, com sua destinação devidamente comprovada, pudesse ter alguma forma de “premiação” à empresa, como forma de estímulo à reciclagem e redução de aterramentos.

Catadores poderiam atuar na triagem deste material, garantir renda para suas famílias e ainda contribuir para a eficiência no uso dos recursos públicos. Adicionalmente, acarretaria a proteção dos lençóis freáticos e na melhora da qualidade ambiental de forma geral. Ressalta-se que esses contratos são mantidos e renovados por décadas, muitas vezes porque ainda existe o financiamento privado de campanhas eleitorais.

Há, ainda, a resistência de catadores autônomos a atuarem de forma cooperada ou associada, pois acreditam que terão mais perdas do que ganhos. Importante ressaltar que quando trabalham de forma organizada a legalização da instituição recebe investimentos, o uso de EPIs é obrigatório, bem como o cumprimento de horários e combinados, há um estatuto, entre outras questões formais. Essas responsabilidades soam como desafios para quem está acostumado a ter seu ganho diário sem “prestar contas” a ninguém, muitas vezes utilizando tração animal ou tração humana, coisa que não deveria acontecer, além da inserção do trabalho infantil em muitas situações devido à ausência do Estado, falta de oportunidades ou de fiscalização.

Nos últimos anos, sobretudo desde 2019, o *lobby* da recuperação energética avança no Brasil, inclusive, tentando desconsiderar a hierarquia proposta e reconhecida na PNRS, que, em seu artigo 9º, estabelece que a reciclagem deve ser priorizada em relação a outros métodos de tratamento de resíduos (Brasil, 2010). De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2021), a geração de energia através da incineração de resíduos sólidos possui um custo 300% (trezentos por cento) maior do que a gerada por hidroelétricas (figura 11.1), ainda assim, há quem defenda esse método.

Figura 11.1: Relação custo-benefício de diferentes fontes energéticas



Fonte: EPE, 2021.

O regulamento do Parlamento Europeu nº 852/2020 deixa claro que minimizar a incineração de resíduos e evitar o envio de resíduos para aterros são formas substanciais de contribuir para a transição rumo à economia circular (Parlamento Europeu, 2020).

Alinhado com o acordo de Paris (United Nations, 2015b), esse regulamento reitera a importância de se respeitar a hierarquia dos resíduos e ainda exclui a incineração da lista de atividades sustentáveis. Saindo deste rol, a incineração foi cortada por grandes fluxos de financiamento da União Europeia, como o Fundo de Resiliência e Recuperação, o Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional e o Fundo de Coesão.

O governo brasileiro, quando permite o avanço da influência da indústria da incineração nas políticas públicas, vai na contramão do que a União Europeia pretende como desenvolvimento sustentável. Cabendo ainda ressaltar que o Brasil possui menos necessidade de energia para calefação e mais alternativas de geração de energia.

Em suma, a energia oriunda de recuperação energética de resíduos é irrigária, só sendo válida caso realizada com rejeitos, após a triagem e a depender da viabilidade econômica do investimento. Portanto, a posição dos autores é de que, ao optar por uma reciclagem inclusiva, não somente economiza-se água e energia, como reduz a busca de matéria-prima *in natura*, além de gerar trabalho e renda. A figura 11.2 categoriza e ilustra os principais obstáculos, bem como os benefícios potenciais da inclusão socioprodutiva dos catadores na cadeia de embalagens no Brasil.

Figura 11.2: Principais desafios e oportunidades no processo de inclusão do catador

Fonte: Elaborado pelos autores.

11.3.2 Casos encontrados na práxis brasileira

O relatório do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) referente ao ano de 2019 apresenta os dados da gestão de Resíduos Sólidos referente ao recolhimento da coleta seletiva, podendo ser realizada pela própria prefeitura ou por serviços contratados de empresas ou cooperativas/associações, em parceria com prefeitura e outros agentes envolvidos. Em 2019, 3.712 municípios responderam ao banco de dados, sendo que somente 1.438 municípios (38,7% dos que responderam) afirmam realizar coleta seletiva. Dos municípios que declaram possuir coleta seletiva, empresas contratadas recolheram 731,3 mil toneladas (45,3% de 1,7 milhão/tonº/ano), enquanto associações/cooperativas de catadores recolheram 593,0 mil toneladas (36,8%). Contudo, é fundamental considerar que esses dados do SNIS refletem apenas a realidade dos municípios que respondem ao sistema, não abrangendo a totalidade do país (MDR, 2020).

O Roteiro para Encerramento dos Lixões, publicado em 2021, lançado pelo Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), fortalece a necessidade da inclusão dos catadores de materiais recicláveis em detrimento dos lixões, como uma das condicionantes para ter uma ação exitosa. Em várias cidades, as cooperativas de catadores são contratadas para realizar a coleta seletiva e o processamento dos materiais recicláveis para o retorno ao ciclo produtivo, em outras há apenas a doação dos materiais sem repasse de pagamento (MDR, 2022).

Com contratação junto a prefeituras para coleta seletiva temos algumas cidades, que além de receberem repasse pelo serviço, recebem o material para dar destinação adequada, como: Brasília/DF, Londrina/SP, Ji-Paraná/RO, Espigão do Oeste/RO, Naviraí/MS, Piracaia/SP, Três Rios/RJ, Natal/RN, Biritiba Mirim/SP, Araraquara/SP, Orlândia/SP, Assis/SP, Simão Dias/SE, Bonito de Santa Fé/PB, Volta Redonda/RJ, São Carlos/SP, Cuiabá/MT, Itaúna/MG, Jacobina/BA, entre outras (Recicleiros, 2022).

Algumas cidades mencionadas aqui podem estar com o contrato finalizado, o qual pode ser consultado no site do MNCR ou no site do respectivo município. Nos municípios de Ji-Paraná/RO, Espigão do Oeste/RO, Naviraí/MS, Piracaia/SP e Três Rios/RJ, as cooperativas estão em processo de incubação pela Recicleiros, uma instituição sem fins lucrativos que integra o trabalho com as prefeituras, empresas e catadores (Recicleiros, 2022).

Destaca-se a diferença na forma de contratação entre os municípios. Enquanto nos contratos com empresas há sempre o pagamento pautado no serviço prestado, acompanhado de planilha de custos que detalha as despesas necessárias para a execução da atividade de coleta seletiva, no trabalho com cooperativas, muitas vezes, existe apenas um repasse, sem que necessariamente o valor repassado consiga cobrir todos os custos do serviço.

No estudo realizado em Brasília/DF, com base na comparação entre a coleta seletiva realizada por empresas e por cooperativas, ambas contratadas pelo poder público e atuando em diferentes regiões administrativas, constatou-se que o aproveitamento é significativamente muito maior quando é a própria cooperativa que mobiliza a população, realiza a coleta e o processamento dos recicláveis secos. Quando a cooperativa presta o serviço de ponta a ponta, a recuperação de resíduos é de 89%, enquanto que o resultado de recuperação quando realizados pela coleta de empresas equivalia à marca de 42% (Fujiwara; Caiado; Dourado, 2018).

Além desse formato, existem iniciativas como a Bolsa Reciclagem do estado de Minas Gerais, que remunera o material reciclável e beneficia cerca de 80 associações ou cooperativas, tendo 153 cadastradas no programa (Agência Minas, 2021). Outro exemplo interessante ocorre em Brasília, pois, além dos 11 contratos para prestação de serviços de coleta seletiva, o gestor público também contrata cooperativas e associações selecionadas também pelo processamento dos recicláveis secos. O pagamento é realizado com base nas toneladas de materiais recicláveis secos que, comprovadamente, são desviadas do Aterro Sanitário e retornam ao ciclo produtivo, de acordo com o Relatório Trimestral apresentado pelo Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal (SLU-DF, 2022), que estava em vigor no 1º trimestre de 2022 e abrangia 22 contratos.

11.4 Mudanças recentes e cenários futuros

Atualmente, mais de 55% das pessoas do mundo vivem em cidades, mas essa porcentagem tende a aumentar até 2050, podendo atingir a faixa de 70% da população mundial de acordo com as Nações Unidas (ONU, 2018). Não há dúvidas de que a gestão de resíduos interfere diretamente na qualidade de vida dos municíipes, sobretudo para os que residem em metrópoles. No Brasil, há décadas o tema está aquecido, não somente na comunidade acadêmica, como também na administração pública e privada. Tendo isso em vista, esta subseção se encarrega de apresentar as mudanças recentes no ambiente regulatório brasileiro e discutir as principais consequências possíveis.

Um grupo de instituições que tem trabalhado ativamente para o cumprir os ambiciosos objetivos da Lei 12.305/2010 é o grupo que integra os Ministérios Públicos Estaduais

(MPEs). Por exemplo, ao reconhecer a presença de profissionais que buscam nos lixões o sustento de suas famílias e ao recomendar o fechamento desses ambientes insalubres, instruem prefeituras sobre a possibilidade de consórcios municipais e orientam a construção de modelos de gestão com a inclusão dessa categoria de trabalhadores (CNMP, 2014).

Os conceitos “logística reversa” e “economia circular” já estão no vocabulário de muitos dos promotores de justiça, que vêem nesses conceitos reais possibilidades de melhoria dos problemas de saneamento e econômicos para diversas localidades. Abaixo, o quadro 11.1 lista os estados pioneiros que estão em busca da organização da logística reversa de embalagens, inclusive auxiliando órgãos estaduais na fiscalização e apuração de irregularidades na coleta, armazenagem e descarte de materiais recicláveis.

Quadro 11.1: Estados pioneiros em regulamentar a logística reversa de embalagens

Ano	Unidade da Federação	Instrumento
2019	Mato Grosso do Sul	Decreto nº 15.340/2019
2021	São Paulo	Decisão da Diretoria CETESB nº 008/2021
2021	Paraná	Lei estadual nº 20.607/2021
2022	Piauí	Decreto nº 20.498/2022

Fonte: Adaptado de Brasil (2023).

O sistema autodeclaratório em vigor no Mato Grosso do Sul envolve o rastreamento completo do volume de embalagens colocadas no mercado sul-mato-grossense, exigindo comprovantes (notas fiscais) desde a origem até o destino final. Ademais, fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes que atuam no estado devem respeitar os prazos estipulados, descrever a natureza do material e criar campanhas educativas sobre a coleta seletiva, incluindo os pontos de entrega disponibilizados para a população (Mato Grosso do Sul, 2019).

Condicionar a apresentação dos planos de logística reversa de embalagens ao licenciamento ambiental das empresas também foi a saída encontrada por São Paulo, Paraná e Piauí. Os planos devem conter metas com percentuais de embalagens que serão recuperadas, tendo como base a quantidade total comercializada no estado. Os comprovantes de origem e destinação serão utilizados para informar o quantitativo de materiais (papel, papelão, plástico, vidro e metais) e passarão por validação dos órgãos competentes (São Paulo, 2021; Paraná, 2021; Piauí, 2022).

Ações dessa natureza auxiliam no rastreamento da cadeia e na divisão de responsabilidades. Consequentemente, tende a ser positivo para diminuir a sobrecarga do poder público

e minimizar o impacto ambiental, a exemplo do que acontece na cadeia de embalagens de agrotóxicos. Além dos benefícios para o meio ambiente, ao convocar a participação do empresariado para a logística reversa, esses atores tendem a procurar as cooperativas de catadores para auxiliá-los no cumprimento das metas.

Nesse contexto, programas estruturantes, como o Reciclar pelo Brasil (RPB) e Recicleiros, servem de exemplo para mostrar que empresas podem, e devem, contribuir para incluir catadores e aumentar as taxas de reciclagem no país. Companhias como AMBEV®, Coca-Cola®, Nestlè® e Tetra Pak®, em parceria com a Associação Nacional dos Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis (Ancat), prestam assessoramento técnico e fazem investimentos diretos nas cooperativas (com doações de maquinário e infraestrutura logística), ainda com investimentos parcisos, se comparados ao volume colocado no mercado por essas empresas. Segundo os dados divulgados no website do programa, entre 2017 e 2020 o programa esteve presente em mais de mil cidades e atuou com aproximadamente 12.000 catadores e catadoras (RPB, 2022). Evidentemente, programas como esse são positivos, mas precisam ganhar escala e um monitoramento contínuo, inclusive da academia, para garantir a autenticidade do impacto causado.

De uma forma geral, a indústria precisa vislumbrar ganhos econômicos nessas ações de logística reversa, seja através do ganho de imagem corporativa, seja da economia advinda da aquisição de matérias-primas, por exemplo. Por isso, como propostas de acompanhamento (*follow up*) para o cenário futuro da reciclagem no país, sugere-se o estudo do Projeto de Lei 6.545/2019, que pretende viabilizar a criação do Fundo de Apoio para Ações Voltadas à Reciclagem (Favorecicle) e o Fundo de Investimentos para Projetos de Reciclagem (Pro-Recicle), de modo a conceder incentivos à indústria da reciclagem. O projeto foi aprovado pelo Senado Federal em novembro de 2021.

Em 13 de abril de 2022, dois decretos federais foram lançados e trouxeram incertezas para a economia circular de embalagens no Brasil, sobretudo quanto à participação dos catadores de materiais recicláveis. O primeiro deles (Decreto nº 11.043/2022) aprova o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares) e o segundo (Decreto nº 11.044/2022) institui o Certificado de Crédito de Reciclagem (Recicla+).

Conjuntamente, no mesmo período (23 de junho de 2022), dois *stakeholders* lançaram notas técnicas com duras críticas aos decretos recém sancionados. Tanto a Associação Brasileira dos Membros do Ministério Público de Meio Ambiente (Abrampa) quanto o Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis (MNCR) justificaram suas críticas, expostas a seguir.

De fato, o país necessitava de uma regulamentação federal na área, inclusive para balizar a atuação dos estados e municípios que, independentes da União, buscavam soluções para a gestão integrada de resíduos. Entretanto, se não alterados ou revogados, alguns pontos dos novos decretos trarão prejuízos diretos ao cumprimento do objetivo presente no inciso XII do artigo 7º da Política Nacional de Resíduos Sólidos, pois: “a integração dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis as ações que envolvam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos” (Brasil, 2010a). A Abrampa (2022) defende que alterações

sejam feitas para melhor atender as especificidades do setor de embalagens, enquanto MNCR (2022) advoga em prol da completa revogação do Decreto nº 11.044/2022.

Nota-se, no decreto, uma falha na distinção entre os conceitos logística reversa e economia circular, tratados como equivalentes em diversas passagens (Abrampa, 2022). A logística reversa é um instrumento fundamental para se alcançar algo mais amplo, ou seja, um modelo regenerativo e restaurativo que se inicia no design, como propõe a economia circular.

Para que a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto seja viabilizada, o setor privado precisa ser fiscalizado e cobrado. Afinal, são esses *stakeholders* que disponibilizam as embalagens no mercado e que, consequentemente, poluem cidades, solo e rios. Parte das críticas é que os decretos são brandos e não especificam as responsabilidades aos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de operacionalizar o sistema de logística reversa. Uma omissão como essa tende a manter a administração pública e os custos das atividades relacionadas à gestão de resíduos sobrecarregados.

O conceito de entidade gestora também é motivo para críticas da Abrampa (2022). Ao limitar as empresas que possuem abrangência nacional, o Decreto nº 11.044/2022 gera uma espécie de monopólio das instituições que gerarão os créditos de reciclagem, o que pode, inclusive, interferir no controle de preços.

O Planares, da forma que está, também não obriga as entidades gestoras a seguirem as metas estipuladas, mas, no que concerne às embalagens, não há diferenciação entre as embalagens de alumínio – as quais retornam ao mercado devido ao seu valor financeiro, sem qualquer esforço da indústria –, das de vidro ou BOPP – que tem difícil ou nenhum retorno ao ciclo produtivo. Embora o plano estabeleça metas até 2040, seu real alcance é comprometido caso não se exija das empresas. Igualmente preocupante é a ausência de metas estaduais. Sabe-se que essas metas tendem a concentrar os esforços, e investimentos, nos grandes centros urbanos, o que faz sentido se considerarmos que a maior produção de resíduos está na região sudeste, justamente onde temos a concentração demográfica. Entretanto, não se resolve o problema levado pelas indústrias aos mais longínquos rincões do Brasil.

A logística reversa tende a ser mais dispendiosa no interior do país, onde há menor concentração populacional e infraestrutura mais precária. Portanto, a ausência de metas de reciclagem regionalizadas provavelmente excluirão os médios e pequenos municípios de tais ações estruturantes. A questão é: se a indústria teve a capacidade de levar, por que não trazer de volta?

Além disso, a ausência de metas relacionadas ao tipo de material presente nas embalagens também é um receio, pois não podemos comparar o retorno de uma embalagem de alumínio, recordista em reciclagem, a uma embalagem de vidro, apresentada em todas as regiões do Brasil como um dos materiais mais difíceis de retornar ao ciclo produtivo.

Tanto a Abrampa (2022) quanto o MNCR (2022) criticam a recuperação energética como destinação dos resíduos sólidos brasileiros, pois estão cientes que ela será preferida frente à reciclagem em muitos casos. Cabe destacar a distinção feita pela associação de promotores de justiça e especialistas em meio ambiente: “recuperação energética não é reciclagem, é tratamento!” (Abrampa, 2022, p. 20).

Em suma, ao longo dos últimos anos, o país demonstrou avanços em determinadas áreas e retrocessos em outras no que diz respeito à gestão integrada de resíduos sólidos, com a participação de catadores de materiais recicláveis. Os decretos federais recentemente lançados, as propostas de substituição do Acordo Setorial por um Termo de Compromisso, e a extinção de ministérios, de departamentos no Ministério do Meio Ambiente e de comitês que exerciam função de governança, não favorecem o avanço rumo à economia circular de embalagens no Brasil.

Um olhar crítico permanente por acadêmicos e consumidores é necessário para que os governos, em suas diversas esferas, exijam das empresas ações de efetivas de minimização dos impactos sociais e ambientais. Não somente no que concerne à produção e distribuição do produto, mas também ao retorno do produto para o fabricante e/ou sua destinação final adequada.

11.5 Considerações finais

Economia circular é um tema de interesse local e global que tem mostrado a capacidade de criar sistemas de gestão que minimizem a geração de resíduos. Essa redução acontece por meio da integração de atores em ações de redução, reutilização, recondicionamento, reciclagem, entre outras práticas que acarretam em consequências positivas para o meio ambiente e sociedade.

Os catadores de materiais recicláveis fazem parte da cadeia de embalagens e contribuem para o fechamento do ciclo produtivo. Ainda que sua atividade seja fundamental e sua integração esteja garantida por lei, diversos obstáculos se mostram presentes para a efetiva inclusão desse agente.

Este capítulo apresentou e discutiu os principais desafios relacionados à inclusão do stakeholder na gestão de resíduos de embalagens no Brasil. Pesquisas empíricas, atuação laboral de assessoria técnica, ensaios teóricos e documentos lidos deram base à discussão aqui realizada.

Muitos atores triunfariam caso a economia circular fosse institucionalizada na cadeia de embalagens. A citar, empresas com a otimização operacional, ganho de imagem corporativa, fortalecimento da supply chain e economia na aquisição de matéria-prima. Governos e sociedade desfrutariam de um meio ambiente mais equilibrado, economizariam espaços urbanos com a maior durabilidade dos aterros e haveria geração de emprego e renda para trabalhadores historicamente marginalizados.

Entretanto, também para os diferentes stakeholders estão postos desafios, a lembrar: alto custo logístico, falta de conhecimento/engajamento no consumidor, bitributação de materiais, dificuldade de reciclabilidade das embalagens (ecodesign). Ressalta-se a existência de outras barreiras, como exemplo, a falta de vontade política nos governantes e os diversos lobbies existentes que representam resistência à mudança.

Este capítulo também demonstrou que a participação do catador na gestão integrada de resíduos sólidos é viável e pode trazer benefícios de diferentes formas. Casos recentes foram apresentados de municípios que estão buscando encerrar seus lixões e aproveitar a mão de obra e expertise dos catadores, contratando-os e/ou doando materiais recicláveis

após a coleta seletiva. Existe, inclusive, ações na forma de Bolsa Reciclagem que tendem a trazer benefícios diretos e indiretos.

Por fim, foram apresentadas e discutidas mudanças recentes que estão movimentando o setor de embalagens no país. Alguns avanços foram demonstrados, exemplificados por projetos da iniciativa privada com catadores, bem como de assessoria técnica com municípios. Esses projetos têm auxiliado não somente a encerrar lixões e aterros controlados como também a estruturar cooperativas e melhorar as condições de trabalho de seus catadores. Entretanto, essa categoria de trabalhadores permaneceu desamparada nos decretos federais lançados em 2022, o que traz incertezas quanto à sua inclusão, especialmente devido ao avanço da indústria da incineração. Assim, o presente capítulo contribui para acadêmicos, gestores públicos e privados que pretendem trabalhar na efetivação de um modelo econômico menos degradante e mais inclusivo.

Referências

ABRAMPA, Associação Brasileira dos Membros do Ministério Público de Meio Ambiente. *Nota técnica sobre sugestões de alterações do Decreto Federal nº 11.044, de 13 de abril de 2022*. Disponível em: <https://abrampa.org.br/document/nota-tecnica-conjunta-022022-abrampacma-cnmp-sobre-sugestoes-de-alteracoes-do-decreto-federal-11-044-de-13-de-abril-de-2022-que-institui-o-certificado-de-credito-de-recicla/>. Acesso em: 26 jun. 2022.

ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil*, 2020.

AGÊNCIA MINAS. *Governo de Minas paga R\$2,25 milhões a catadores e coloca em dia repasses do Bolsa Reciclagem*. Disponível em:

<https://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/governo-de-minas-paga-r-2-25-milhoes-a-catadores-e-coloca-em-dia-repasses-do-bolsa-reciclagem>. Acesso em: 26 jun. 2022.

ANCAT, Associação Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis. *Anuário da Reciclagem*, 2021.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS CATADORES E CATADORAS DE MATERIAIS RECICLÁVEIS (ANCAT). *Reciclar pelo Brasil: maior plataforma de reciclagem inclusiva do país*. São Paulo: ANCAT, 2022. Disponível em: <https://reciclarpelobrasil.com.br/>. Acesso em: 09/01/2024.

BESEN, Rizpah Gina; JACOBI, Pedro Roberto; FREITAS, Luciana (org.). *Política Nacional de Resíduos Sólidos: implementação e monitoramento de resíduos urbanos. Sustinere -Revista de Saúde e Educação*, v. 6, n. 1, p. 219-220, 2017.

BESEN, Rizpah Gina; SILVA, Christian Luiz; JACOBI, Pedro Roberto;. *10 anos da Política de Resíduos Sólidos: caminhos e agendas para um futuro sustentável*. [S.l.], 2021.

Economia circular: conceitos, dimensões e abordagens

BOESEN, Soren; BEY, Niki; NIERO, Monia. Environmental sustainability of liquid food packaging: Is there a gap between Danish consumers' perception and learnings from life cycle assessment? *Journal of Cleaner Production*, v. 210, n. 1, p. 1.193-1.206, 2019.

BRASIL. Decreto nº 28.649, de 5 de abril de 1990. RECONHECE O TRABALHO ORGANIZADO DOS CATADORES DE PAPEL, PAPELAO E ASSEMELHADOS NO MUNICIPIO DE SAO PAULO, E DA OUTRAS PROVIDENCIAS. Diário Oficial, 5 abr. 1990.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 17/01/2024.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética – EPE. Relatório Anual Integrado 2021. Brasília, DF: EPE, 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/acesso-a-informacao/auditorias/relatorio-anual-integrado>. Acesso em: 09/03/2025.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação; e dá outras providências. Diário Oficial da União: Seção 1, Brasília, DF, 2 set. 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 16/02/2025.

BRASIL. Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010. *Política Nacional de Resíduos Sólidos*. Brasília, DF: Presidência da República, 2010a. Disponível em: <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=12305&ano=2010&ato=e3dgXUq1keVpWT0f1>. Acesso em: 19 jul. 2022.

BRASIL. Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a política nacional de resíduos, cria o comitê interministerial da política nacional de resíduos sólidos e o comitê orientador para a implantação dos sistemas de logística reversa. Brasília, DF: Presidência Da República, 2010b. Disponível em: <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=DEC&numero=7404&ano=2010&ato=5cdITW65EMVpWT85f>. Acesso em: 19 jul. 2022.

BRASIL, Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. *Roteiro para encerramento de lixões: apoio para tomada de decisões*. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt.br/assuntos/saneamento/protegeer/06.RoteiroparaEncerramentodeLixoes.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2022.

BRASIL. Decreto nº 11.043, de 13 de abril de 2022. Aprova Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF: Presidência da República, 2022a. Disponível em: <https://www.ingov.br/en/web/dou/-/decreto-n-11.043-de-13-de-abril-de-2022-393566799>. Acesso em: 19 jul. 2022.

BRASIL. Decreto nº 11.044, de 13 de abril de 2022. Institui o Certificado de Crédito de Reciclagem. Brasília, DF: Presidência da República, 2022b. Disponível em: <https://www.ingov.br/en/web/dou/-/decreto-n-11.044-de-13-de-abril-de-2022-393553968>. Acesso em: 19 jul. 2022.

BRASIL. Pesquisa: Legislação de Logística Reversa dos Estados do Brasil. 1. ed., São Paulo: CMA Law – Advogados Associados, ago. 2023. Disponível em: <https://cmalaw.com/wp-content/uploads/2023/08/Pesquisa-Legislação-de-Logística-Reversa-dos-Estados-do-Brasil.pdf>. Acesso em: 15/01/2024.

BAUDELAIRE, Charles. Les fleurs du mal. Paris: Poulet-Malassis et de Broise, 1857.

CALDERONI, Sabetai. *Os Bilhões Perdidos no Lixo*. 4 ed. Humanitas editora/FFLCH/USP, 2003.

CEMPRE, Compromisso Empresarial para Reciclagem. *Pesquisa Ciclosoft 2020: Resumo Executivo*, 2020.

CONSELHO NACIONAL DO MINISTÉRIO PÚBLICO (CNMP). Manual de atuação funcional: resíduos sólidos. Brasília, DF: CNMP, 2014.

DOURADO, Andrea Portugal Fellows; ABREU, Maria de Fátima. O papel das contratações das cooperativas e associações de catadores de recicláveis na viabilização do encerramento do lixão da Estrutural. *Anais do 30º Congresso ABES*. Natal, 2019.

DUTRA, Renato Meira; YAMANE, Luciana Harue; SIMAN, Renato Ribeiro. Influence of the expansion of the selective collection in the sorting infrastructure of waste pickers' organizations: A case study of 16 Brazilian cities. *Waste Management*, v. 77, n. 1, p. 50-58, 2018.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (EMF). *Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe*, 2015.

EZEUDU, Obiora; EZEUDU, Tochukwu. Implementation of circular economy principles in industrial solid waste management: Case studies from a developing economy (Nigeria). *Recycling*, v. 4, n. 4, 2019.

FERRONATO, Navarro; RADA, Elena Cristina; GORRITTY PORTILLO, Marcelo; CIOCA, Luciana Ionel; RAGAZZI, Marco; TORRETTA, Vincenzo. Introduction of the circular economy within developing regions: A comparative analysis of advantages and opportunities for waste valorization *Journal of Environmental Management*, v. 230, n. 1, p. 366-378, 2019.

FUJIWARA, Flora Lyn; CAIADO, Tatiana Marins, DOURADO, Andrea Portugal Fellows. Modelos de coleta seletiva: comparação entre o serviço prestado por organizações de catadores de materiais recicláveis e empresas terceirizadas. *Anais do 48º Congresso Nacional de Saneamento – ASSEMAE*, Fortaleza/CE, 2018.

JESUS, Carolina Maria de. Quarto de despejo: diário de uma favelada. São Paulo: Ática, 1960.

GENOVESE, Andrea; ACQUAYE, Adolf; FIGUEROA, Alejandro; KOH, Lenny. Sustainable supply chain management and the transition towards a circular economy: Evidence and some applications. *Omega*, v. 66, n. 1, p. 344-357, 2017.

Economia circular: conceitos, dimensões e abordagens

GHISELLINI, Patrizia.; CIALANI, Catia.; ULGIATI, Sergio. A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, v. 114, n. 1, p. 11-32, 2016.

GUARNIERI, Patrícia; CERQUEIRA-STREIT, Jorge Alfredo; BATISTA, Luciano. Reverse logistics and the sectoral agreement of packaging industry in Brazil towards a transition to circular economy. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 153, n. 104.541, 2020.

MATO GROSSO DO SUL (Estado). Decreto nº 15.340, de 23 de dezembro de 2019. Define as diretrizes para implantação e implementação da logística reversa de embalagens em geral no Estado de Mato Grosso do Sul, e dá providências. Diário Oficial do Estado de Mato Grosso do Sul, Dourados, n.º 10.058, p. 2-5, 27 dez. 2019. Disponível em: <https://aacpdappls.net.ms.gov.br/applications/legislacao/secoge/govato.nsf/fd8600de8a55c-7fc04256b210079ce25/b2d9d05d58dc70d8042584dd00424ccc?OpenDocument>. Acesso em: 09/01/2024.

MAGNIER, Lise; MUGGE, Ruth; SCHORMANS, Jan Turning ocean garbage into products: Consumers' evaluations of products made of recycled ocean plastic. *Journal of Cleaner Production*, v. 215, n. 1, p. 84-98, 2019.

MARRUCCI, Luca; MARCHI, Michela; DADDI, Tiberio. Improving the carbon footprint of food and packaging waste management in a supermarket of the Italian retail sector. *Waste Management*, v.105, n. 1, p. 594-603, 2020.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MDR). *Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2019. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento*. Brasília/DF, 2020a.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MDR). *Do SNIS ao SINISA Informações para Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos Manejo de Resíduos Sólidos*. Brasília/DF, 2020b.

MOVIMENTO NACIONAL DOS CATADORES DE MATERIAIS RECICLÁVEIS (MNCR). *Pela revogação do Decreto nº 11.044/2022 e em defesa da Reciclagem Popular e Solidária*. 2022.

OLIVEIRA, Fábio Ribeiro; DE FRANÇA, Sérgio Luiz Braga; RANGEL, Luís Alberto Duncan Challenges and opportunities in a circular economy for a local productive arrangement of furniture in Brazil. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 135, n. 1, p. 202-209, 2018.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. *ONU prevê que cidades abriguem 70% da população mundial até 2050*. UNRIC, 16 maio 2018. Disponível em : <https://unric.org/pt/onu-preve-que-cidades-abriguem-70-da-populacao-mundial-ate-2050>. Acesso em: 19 jul. 2022.

PARANÁ. Lei nº 20.607, de 2021. Estabelece normas para o Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS) e vincula o licenciamento ambiental à apresentação de plano de logística reversa. Disponível em: <https://www.sema.pr.gov.br/>. Acesso em: 09/01/2024.

PARLAMENTO EUROPEU. *Regulamento (UE) 2020/852 do Parlamento Europeu do conselho de 18 de junho de 2020 relativo ao estabelecimento de um regime para a promoção do investimento sustentável.* 2020.

PENTEADO, Gilmar; A árvore Carolina Maria de Jesus: uma literatura vista de longe. *Estudos de literatura brasileira contemporânea*, n. 49, p. 19-32, 2016.

PIAUÍ. Decreto nº 20.498, de 13 jan. 2022. Define diretrizes para implementação, estruturação e operacionalização do sistema de logística reversa de embalagens em geral no Estado do Piauí. Diário Oficial do Estado de Piauí, 13 jan. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/pi/pt-br/assuntos/secretaria-do-meio-ambiente-e-recursos-hidricos>. Acesso em: 09/01/2024.

RECICLEIROS. *Quem somos.* Disponível em: <https://recicleiros.org.br/quem-somos/> Acesso em: 25 jun. 2022.

RUTKOWSKI, Jacqueline. Inclusive packaging recycling systems: Improving sustainable waste management for a circular economy. *Detritus*, v. 13, n. 1, p. 29-46, 2020.

SÃO PAULO. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Decisão de Diretoria nº 127/2021/P, de 15 dez. 2021. Estabelece procedimento para demonstração do cumprimento da logística reversa no âmbito do licenciamento ambiental. Disponível em: <https://www.cetesb.sp.gov.br/>. Acesso em: 09/01/2024.

SILVA, Flavia; SHIBAO, Fabio Ytoshi; KRUGLIANSKAS, Isak; BARBIERI, José Carlos; SINISGALLI, Paulo Antonio. Circular economy: analysis of the implementation of practices in the Brazilian network. *Revista de Gestão*, v. 26, n. 1, p. 39-60, 2019.

SLU-DF, Sistema de Limpeza Urbana do Distrito Federal Relatório do 1º trimestre de 2022. Disponível em: <https://www.slu.df.gov.br/wp-content/uploads/2022/05/Relatorio-1o-TRI-2022.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2022.

UNITED NATIONS. *Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development.* 2015a.

UNITED NATIONS. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. A/RES/70/1. New York: United Nations General Assembly, 21 Oct. 2015. Disponível em: <https://docs.un.org/a/res/70/1/>. Acesso em: 16/02/2025.

UNITED NATIONS. *Paris agreement.* 2015b.

VAN EYGEN, Emile; LANER, David; FELLNER, Johann; Integrating High-Resolution Material Flow Data into the Environmental Assessment of Waste Management System Scenarios: The Case of Plastic Packaging in Austria. *Environmental Science and Technology*, v. 52, n. 19, p. 10.934-10.945, 2018.

WICHAI-UTCHA, Natthapong; CHAVALPARIT, Ongwandee. 3Rs Policy and plastic waste management in Thailand. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, v. 21, n. 1, p. 10-22, 2019.

Economia circular nas cadeias de suprimentos alimentares – uma discussão inicial com base na literatura

Omar Ouro-Salim

Introdução

De acordo com os dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO, 2017), 1,3 bilhão de toneladas de alimentos produzidos para consumo humano são perdidos anualmente, principalmente nas Cadeias de Suprimentos Agroalimentares (CSAs). Essas perdas resultam em um gasto significativo de recursos econômicos, sociais e ambientais, conforme relatado pela Comissão Europeia em 2015.

A escassez de alimentos e a insegurança alimentar são problemas urgentes que precisam ser enfrentados globalmente. Nesse sentido, o reaproveitamento dos desperdícios alimentares como matérias-primas com valor agregado tem recebido uma atenção especial nos últimos anos, devido aos benefícios que proporciona às empresas e à sociedade como um todo. Além disso, nas CSAs, é crucial aumentar a vida útil dos produtos consumíveis como uma forma de reduzir o desperdício alimentar. Estima-se que existam aproximadamente 366 mil toneladas de desperdício alimentar por ano nos diferentes estágios de produção e varejo, o que significa que grandes quantidades de produtos alimentícios são perdidas diariamente ao longo das cadeias de suprimentos alimentares (Fancello *et al.*, 2017).

Diante dessa problemática, foi lançada uma ação voltada para combater o desperdício de alimentos durante a conferência humanitária mundial da União Europeia (UE) e da FAO em 2016. Essa iniciativa tem como objetivo principal analisar as origens dos desperdícios,

compartilhar conhecimentos e encontrar soluções eficazes. A Food Security Information Network (FSIN) (2019) destaca a importância dessa ação no combate ao desperdício de alimentos e no estabelecimento de uma segurança alimentar mais sustentável.

Sob essa perspectiva, os relatórios da FAO (2013) destacam que, nos países em desenvolvimento, a principal causa do desperdício alimentar é a ineficiência e a falta de infraestrutura na produção e distribuição, enquanto nos países desenvolvidos o desperdício é causado pela falta de interação e colaboração entre varejistas e consumidores (Parfitt *et al.*, 2010). Aproximadamente 40% do desperdício de alimentos é gerado pelos consumidores (European Commission, 2010) e estima-se que de 10% a 30% dos alimentos comprados sejam desperdiçados (Gjerres; Gaiani, 2013; Quested *et al.*, 2013).

No entanto, de acordo com os dados das Nações Unidas (United Nations, 2015), a fome e a desnutrição estão se tornando desafios cada vez mais urgentes para a sociedade. A distribuição de alimentos é desigual e há uma demanda crescente por eles devido à ameaça da produção agrícola pela degradação ambiental (Foley *et al.*, 2011; Godfray *et al.*, 2010).

Diante dessas tendências econômicas, sociais e ambientais, é preocupante observar que mais de 113 milhões de pessoas em 53 países enfrentam fome aguda e precisam de assistência alimentar urgente. Em 2018, as piores crises alimentares, em ordem de gravidade, ocorreram nos seguintes países: Iêmen, República Democrática do Congo, Afeganistão, Etiópia, República Árabe da Síria, Sudão, Sudão do Sul e norte da Nigéria. Esses oito países representam dois terços do total de pessoas que enfrentam insegurança alimentar, totalizando aproximadamente 72 milhões de pessoas (FSIN, 2019), evidenciando a necessidade de ações concretas para combater o desperdício de alimentos e garantir uma distribuição mais equitativa e sustentável dos recursos alimentares.

Por outro lado, o modelo linear tradicional de produzir, consumir e descartar atingiu seu limite, despertando o interesse pelo desenvolvimento de um novo modelo econômico sustentável, conhecido como economia circular (EC). Esse modelo surge como uma abordagem de desenvolvimento regenerativo e restaurativo, que busca manter produtos, resíduos e recursos naturais em seu máximo nível de utilidade e valor ao longo do tempo (Ellen MacArthur Foundation, 2013).

Assim, a EC representa uma oportunidade para abordar os problemas de desperdício de alimentos em nível global, especialmente em países de renda média-alta, onde o desperdício alimentar está associado a comportamentos incorretos de consumo que ocorrem no final da cadeia de suprimentos alimentares (Laisney *et al.*, 2013).

Diversas políticas alimentares sustentáveis foram desenvolvidas nas regulamentações e estratégias de desenvolvimento dos países desenvolvidos, visando combinar o crescimento econômico, social, ambiental com a melhoria na saúde. No entanto, os benefícios ambientais dessas políticas ainda não são amplamente visíveis, uma vez que as crises alimentares persistem e os agricultores continuam insatisfeitos (Matharu *et al.*, 2022).

A EC é um novo passo em direção ao desenvolvimento sustentável, enfatizando a gestão eficiente dos recursos naturais e a redução do desperdício. Ao repensar toda a cadeia

alimentar, desde a produção até o consumo, incluindo o transporte, processamento e gestão de resíduos, esse sistema vem se estabelecendo como uma abordagem global (Barret, 2017).

Além dos fatores mencionados, a aplicação da economia circular no combate ao desperdício de alimentos é recente (Ouro-Salim; Guarneri, 2022) e trata-se um assunto interdisciplinar e peculiar, voltada para a prevenção, redução e valorização do desperdício de alimentos (Sehnem *et al.*, 2020; Aschemann-Witzel *et al.*, 2019). Para o desenvolvimento do tema neste trabalho, optamos pela utilização dos termos “perdas” e “desperdício” de forma equivalente a “desperdício de alimentos”. No entanto, o fato de fixar uma definição não altera a variedade daquilo que os consumidores reconhecem espontaneamente como desperdício (Le Borgne, 2015).

Revisão da literatura

12.1 Desperdício alimentar

Food waste (FW) é um termo em inglês que se refere ao desperdício alimentar ou resíduo alimentar. Esse conceito abrange alimentos em boas condições e prontos para consumo, mas que não são utilizados adequadamente, pois são descartados antes ou depois da cadeia de suprimentos alimentares (Paralinska; Pagare, 2018).

De acordo com a FAO (2013), o desperdício alimentar representa uma parte das perdas de alimentos e se refere à eliminação de alimentos próprios para consumo humano. Salienta-se que a FAO distingue perda de desperdício. As perdas ocorrem principalmente em países em desenvolvimento, na fase inicial da cadeia de suprimentos alimentares, devido às limitações estruturais e financeiras nas técnicas de colheita, falta de infraestrutura, armazenamento e transporte. Por outro lado, o desperdício de alimentos nos países desenvolvidos consiste em perdas evitáveis que ocorrem no processamento, distribuição e consumo final. Essas perdas evitáveis estão relacionadas a normas excessivas, regulamentações e preocupações sanitárias ou estéticas por parte dos consumidores (Laisney *et al.*, 2013).

Alguns estudos fazem distinções entre desperdícios inevitáveis, potencialmente evitáveis e evitáveis (Waste and Resources Action Programme, 2009), considerando apenas os desperdícios evitáveis como desperdício, enquanto outros estudos não fazem essa distinção (Östergren *et al.*, 2014).

No entanto, surgem dificuldades devido ao uso do termo “perda” por certos atores (agricultores, empresários, produtores) e do termo “desperdício” por outros (consumidores). O termo “desperdício” possui uma conotação mais negativa do que o termo “perda” e implica, particularmente, uma certa responsabilidade. A palavra “desperdício” em si é problemática (Teigiserova *et al.*, 2020). Portanto, a questão do desperdício só pode ser abordada de maneira significativa e eficaz se os objetivos e definições forem claramente estabelecidos e coerentes entre si. As duas expressões (perda e desperdício) não

possuem um vocabulário equivalente e não podem ser usadas de forma intercambiável literalmente (Le Borgne, 2015).

A perda de alimentos ocorre quando há uma diminuição na quantidade ou qualidade dos alimentos ao longo da cadeia de suprimentos. O desperdício de alimentos, por sua vez, está geralmente relacionado a comportamentos de varejistas ou consumidores finais. Além disso, as perdas de alimentos estão ligadas à falta de investimentos em infraestrutura para melhorar a conservação dos alimentos (Parfitt *et al.*, 2010).

É importante ressaltar que o desperdício ou perda de alimentos se refere exclusivamente a produtos destinados ao consumo humano, excluindo alimentos destinados ao consumo animal. As perdas ou desperdícios de alimentos ocorrem ao longo da cadeia de suprimentos agroalimentar. Quando alimentos são desviados da cadeia alimentar humana e direcionados para o consumo animal, eles ainda são considerados perda ou desperdício de alimentos (Gustavsson *et al.*, 2011).

No entanto, o desperdício, ou “waste” em inglês, é definido como “a ação de classificar e descartar deliberada ou conscientemente um recurso alimentar, mesmo que ele esteja perfeitamente comestível”. Nos países desenvolvidos, por exemplo, o desperdício ocorre principalmente no nível da distribuição e no consumo doméstico e fora de casa (Laisney *et al.*, 2013).

Por outro lado, a “perda de alimentos” refere-se aos alimentos que são derramados, estragam ou sofrem uma redução anormal da qualidade, como hematomas ou murchas, ou que se perdem antes de chegar ao consumidor. A perda de alimentos ocorre principalmente nos estágios de produção, armazenamento, processamento e distribuição na cadeia de valor dos alimentos. É um resultado não intencional de processos agrícolas ou limitações técnicas em termos de armazenamento, infraestrutura, embalagem e/ou marketing (Trząskowska *et al.*, 2014; Wrzosek *et al.*, 2012).

Portanto, a perda de alimentos refere-se à diminuição da massa de alimentos comestíveis devido à má gestão, erros e irregularidades nos estágios de produção, distribuição e comercialização. Já o desperdício de alimentos refere-se a processos de gestão econômica irracional que ocorrem nos setores hospitalar e doméstico (Paralinska; Pagare, 2018).

O desperdício de alimentos tem um impacto significativo tanto em termos econômicos quanto sociais, com consequências consideráveis para o meio ambiente. Se o desperdício global de alimentos fosse um país, estaria logo atrás dos Estados Unidos e da China em termos de emissões de gases de efeito estufa. Em 2012, a União Europeia desperdiçou cerca de 88 milhões de toneladas de alimentos em várias etapas da cadeia de suprimentos alimentar. Além disso, os custos do desperdício de alimentos na União Europeia atingiram cerca de 143 bilhões de euros, o equivalente ao seu orçamento operacional anual (Schweitzer *et al.*, 2018).

O desperdício de alimentos está se tornando uma preocupação global, pois existem milhões de famílias com crianças passando fome. Nos países desenvolvidos, estudos mostram taxas de desperdício doméstico entre 14% e 25% das compras de alimentos em volume, com variações significativas dependendo dos produtos, sendo que vegetais, frutas frescas e alimentos industrializados são os mais desperdiçados. Nos Estados Unidos, estima-se que mais de

um terço (40%) dos alimentos produzidos não sejam consumidos, e as famílias consomem apenas 25% do que compram. Ao longo da cadeia alimentar, o desperdício de alimentos aumentou em 89 milhões de toneladas na Europa. As famílias e as indústrias são responsáveis pela maior parte desses desperdícios alimentares (42% e 39%, respectivamente), enquanto a restauração coletiva e comercial representa 14% dos resíduos alimentares, e a distribuição de alimentos e o comércio respondem por 5% dos resíduos alimentares (Laisney *et al.*, 2013).

Esses números destacam a necessidade de ações e políticas para reduzir o desperdício de alimentos em todo o mundo, pois os impactos econômicos, sociais e ambientais são significativos (Lugo *et al.*, 2023; FAO, 2018; FAO, 2019).

No entanto, o desperdício de alimentos está sendo cada vez mais reconhecido como um recurso que pode ser desviado dos aterros sanitários, pois possui um grande potencial a ser recuperado. Por meio de sistemas de gerenciamento como compostagem, logística reversa e digestão anaeróbica, o desperdício de alimentos pode ser convertido em energia, combustível e nutrientes naturais de alto valor. Ele é considerado um dos substratos mais promissores para uso como recurso renovável. Atualmente, diversas tecnologias inovadoras estão sendo aplicadas para a recuperação e transformação do desperdício de alimentos, com foco principalmente em bioenergia e recursos secundários, dentro de uma abordagem de economia circular (Silva; Capanema, 2019).

Entre os diversos problemas causados pelo desperdício de alimentos, o tratamento dos resíduos alimentares merece uma atenção particular, devido ao seu potencial de contaminação e degradação do meio ambiente quando não recebe um manejo adequado (Silva *et al.*, 2015; Lugo *et al.*, 2023).

No entanto, Imbert *et al.* (2019) ressaltam em seus estudos que há uma vontade dos formuladores de decisão em resolver os problemas do desperdício de alimentos, enquanto Cristobal *et al.* (2018) apontam em seus trabalhos como os formuladores de decisão podem elaborar um programa de prevenção do desperdício de alimentos que atendem às metas ambiciosas da Agenda 2030, já que seu objetivo 12.3 visa reduzir pela metade o desperdício de alimentos (UN General Assembly, 2015).

Porém, reduzir o desperdício de alimentos pode poupar recursos econômicos, reduzir custos, melhorar a segurança alimentar e minimizar impactos sociais e ambientais negativos, além de responder à crescente pressão que as empresas estão enfrentando para se tornarem mais sustentáveis (Thyberg; Tonjes, 2016; EMF, 2013).

A questão dos desperdícios alimentares é de grande importância nos esforços para combater a fome, aumentar a renda e melhorar a segurança alimentar nos países mais pobres do mundo. Os desperdícios alimentares têm um impacto na segurança alimentar das pessoas pobres, na qualidade e no desenvolvimento econômico, social e ambiental. O desperdício de alimentos é um sintoma de uma cultura de consumismo e produção linear, focada no crescimento errado (Aschemann-Witzel *et al.*, 2016).

O desperdício de alimentos requer esforços multidisciplinares de todas as partes interessadas das cadeias de suprimentos alimentares e novas contribuições teóricas e empíricas

para avançar na agenda de redução e prevenção do desperdício de alimentos em relação aos desafios e oportunidades na CSA, pois as práticas inadequadas de gerenciamento de desperdícios alimentares podem resultar em poluição do solo e do ar, causando danos respiratórios e outros efeitos colaterais à saúde humana. Além disso, despejar os resíduos diretamente em aterros é uma perda de recursos, especialmente para fontes não renováveis (Nurhusna Najwa, 2018; Bloise, 2020; Dora *et al.*, 2021).

A prevenção, valorização e gestão de resíduos alimentares pode poupar recursos econômicos para países, reduzir custos, melhorar a segurança alimentar, e minimizar impactos sociais e ambientais negativos (Richards; Hamilton, 2018), contribuindo para a criação de sistemas alimentares sustentáveis (De Menna *et al.*, 2018).

12.1.1 As causas de desperdícios alimentares

De acordo com Aschemann-Witzel *et al.* (2016), o marketing e o varejo de alimentos contribuem para o desperdício de alimentos através de decisões na rotulagem de datas, tamanhos de embalagens, elementos de design e estratégias de preços que incentivam a compra excessiva, bem como a comunicação que muda as prioridades do consumidor.

A quantidade crescente do desperdício de alimentos é uma consequência direta da produção excessiva, má gestão e comportamentos humanos. Por exemplo, no Reino Unido, a falta de dados robustos dos consumidores limita a capacidade de entender e lidar com o desperdício de alimentos e a adoção de estratégias de prevenção sustentável de longo prazo (Facchini *et al.*, 2018).

Conforme destacado por vários autores, a geração de resíduos alimentares em nível doméstico é uma questão altamente complexa e multifacetada, motivada por uma variedade de razões e tipos de comportamento. As famílias geralmente têm atitudes ambivalentes em relação à prevenção de desperdícios e enfrentam conflitos entre boas intenções para reduzir o desperdício de alimentos e preferências pessoais em relação à segurança, sabor e frescura dos alimentos. Os estudos sobre o desperdício de alimentos, revelam que pessoas acima de 65 anos tendem a gastar menos e as famílias com crianças tendem a desperdiçar mais alimentos. Ademais, provisão excessiva, armazenamento sistemático, informações erradas sobre o prazo de validade dos alimentos e etiquetas de datas, bem como aversão dos restos de alimentos são, entre outras, razões importantes para o descarte de alimentos superflu (Schanes *et al.*, 2018; Laisney *et al.*, 2013; FAO, 2013; De Moraes *et al.*, 2019; De Moraes *et al.*, 2020).

As causas do desperdício de alimentos nos países de baixa renda são principalmente relacionadas às limitações financeiras, gerenciais e técnicas na colheita, instalações de armazenamento, refrigeração em condições climáticas precárias, infraestruturas, sistemas de embalagem e marketing; enquanto em países de renda média/alta elas são relacionadas principalmente ao comportamento do consumidor, bem como à falta de coordenação entre diferentes atores da cadeia de suprimentos. Os alimentos são desperdiçados devido aos padrões de qualidade e rejeições de itens alimentares que não são esteticamente perfeitos. No nível do consumidor, as compras excessivas e datas de vencimento causam grandes

quantidades de desperdício, em combinação com a atitude descuidada dos consumidores (Gustavsson *et al.*, 2011; Creus, 2018).

No quadro 12.1, são enumeradas algumas causas de perdas e desperdício de alimentos, obtidas por meio da literatura existente, classificadas por elo da cadeia produtiva dos alimentos onde a causa tem seu impacto.

Quadro 12.1: Causas do desperdício e perdas de alimentos nas cadeias produtivas

Campo	Transporte	Atacado	Varejo	Consumidor
Manuseio inadequado	Carregamento incorreto	Comércio ineficaz	Comercialização à granel	Embalagens impróprias/ Ineficientes
Classificação não padronizada	Embalagens impróprias	Embalagens impróprias	Embalagens impróprias	Planejamento de compra
Uso de containers ou armazenamento inadequados	Veículos supercarregados	Deficiência gerencial e administrativa	Excesso de “toques” nos produtos	Rotulagem inadequada
Ataque de pragas, doenças e desastres naturais	Estradas deficientes, acidentes	Exigência por padrões estéticos e de qualidade	Exigência por padrões estéticos e de qualidade	Ofertas que geram uma compra excessiva
Contaminação	Contaminação	Contaminação	Contaminação	Conservação imprópria
Pessoal não habilitado nem treinado	Alta velocidade	Instalações de mercado impróprias	Deficiência gerencial e administrativa	Buffet livre nos restaurantes
Superprodução para atingir demanda	Não utilização da cadeia de frio ou estrago do equipamento	-	Acúmulo de produtos nas gôndolas	-
Colheita prematura	Longa distância	-	-	-

Fonte: Adaptado de Creus (2018).

Existem vários fatores que influenciam no desperdício e perdas de alimentos por desconhecimentos dos atores da cadeia de suprimentos alimentar na fase de plantio e colheita. Além da fase de plantio e colheita, o transporte foi registrado como principal causa dos danos mecânicos cuja intensidade depende dos produtos transportados e da distância a ser percorrida. Portanto, as embalagens impróprias resultam da falta de padronização das dimensões da embalagem, do tamanho e da confecção para a proteção dos produtos alimentícios (Aschemann-Witzel *et al.*, 2019).

Por outro lado, as causas do desperdício de alimentos vêm de alimentos com data de validade vencida, sobras de alimentos, má utilização de alimentos, falta de conscientização, mistura nos rótulos, condições inapropriadas de armazenamento; enquanto as perdas de alimentos vêm da falta de fertilização dos plantios, aplicação imprecisa de agroquímicos, manuseio pós-colheita incorreto, condições climáticas adversas, falta de tecnologia, transporte e logística impróprios, aparência dos alimentos e embalagens inoperantes na manutenção dos alimentos (Creus, 2018; Watanabe *et al.*, 2022; Deliberador *et al.*, 2021; Aschemann-Witzel; Zielke, 2017).

Os desperdícios alimentares ocorrem em várias etapas do processamento, desde a produção até o consumo. Essas perdas podem ser atribuídas a diferentes causas, que podem ser classificadas em seis grupos distintos. O primeiro grupo diz respeito a problemas relacionados a máquinas, como equipamentos de processamento defeituosos, falta de manutenção adequada, falhas operacionais, entre outros. O segundo grupo refere-se a métodos inadequados ou incorretos utilizados para realizar o trabalho ou procedimento, incluindo processos ineficientes ou aplicados de forma inadequada. O terceiro grupo envolve a mão de obra e engloba problemas relacionados às pessoas envolvidas no processo, como ações inadequadas ou falta de qualificação adequada. O quarto grupo está relacionado a problemas com os materiais utilizados no processo, como a qualidade da matéria-prima ou outros problemas associados aos insumos utilizados. O quinto grupo abrange fatores ambientais, como condições climáticas, fatores políticos e de mercado, que podem afetar o processo de maneira negativa. O sexto grupo diz respeito à medição e envolve avaliações feitas durante o processo, como medição imprecisa ou coleta de dados inadequada. Essas causas dos desperdícios alimentares foram identificadas por De Moraes *et al.* (2020).

De acordo com Dora *et al.* (2021), o desperdício de alimentos nas cadeias de suprimentos alimentares pode surgir de diversos fatores. Isso inclui superprodução, má previsão de demanda, ineficiência técnica, comportamento do consumidor e danos aos produtos alimentícios durante o transporte devido à falta de refrigeração adequada. Esses fatores contribuem para o desperdício de alimentos ao longo da cadeia de suprimentos.

Além disso, é importante ressaltar que o desperdício de alimentos também ocorre nas fases finais da cadeia, durante a distribuição, venda e consumo, como apontado pela FAO (2013). Essas perdas estão especificamente relacionadas ao comportamento do consumidor, conforme mencionado por Parfitt *et al.* (2010); Thyberg e Tonjes (2016) e Borrello *et al.* (2020).

12.2 Economia circular

De acordo com Ghisellini *et al.* (2016), a economia circular (EC) tem recebido crescente atenção mundial como alternativa ao modelo linear tradicional. Ao promover a adoção de padrões de produção de fechamento de ciclo dentro de um sistema econômico, a EC busca aumentar a eficiência no uso de recursos, com foco em áreas urbanas e resíduos industriais, a fim de alcançar um equilíbrio mais sustentável entre economia, meio ambiente e sociedade.

Nesse contexto, governos europeus desempenham papel importante na transição para a EC, já presente em políticas públicas internacionais. Para entender qual é o papel dos governos, órgãos governamentais e ONGs diante desse tema, é essencial conhecer os principais instrumentos de gestão pública que podem ser utilizados na promoção da EC (Lemos, 2018). Há um movimento global que caminha em direção ao modelo circular, e a colaboração com países desenvolvidos e suas estratégias pode servir de exemplo para o Brasil na construção de um sistema norteador e no cumprimento das metas da EC (Guarnieri *et al.*, 2023).

A crescente atenção às economia circular (EC) por governos, cientistas, políticos e empresários nos últimos anos, reflete sua capacidade de atender às econômica, social e ambiental. O conceito de EC, no entanto, varia em abordagens e prioridades entre os países desenvolvidos (Nicklaus; Rouquet, 2014).

Organizações internacionais e autores contemporâneos apresentam diferentes interpretações e abordagens para a EC. Inicialmente focada na gestão de resíduos, a EC expandiu suas bases estratégicas para abordagens sistêmicas, impulsionada pela Ellen MacArthur Foundation. Essa evolução culminou na formulação dos 6Rs (Reutilizar, Reciclar, Redesenhar, Remanufaturar, Reduzir, Recuperar), que sintetizam os princípios da EC (Liu *et al.*, 2018).

A EC pode representar oportunidades micro e macroeconômicas para o Brasil, pois, do ponto de vista da saúde pública, ela promove a redução de poluição e de gás de efeito estufa (GEE), mesmo que seja de longo prazo, são benéficas para a saúde da população. Ela é uma ferramenta que pode auxiliar as indústrias brasileiras a cumprirem as metas propostas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos com o objetivo de enfrentar os problemas relacionados ao manejo inadequado dos resíduos sólidos (Confederação Nacional da Indústria, 2019).

Todavia, os países europeus mais considerados eficientes em termos de reciclagem de resíduos são Alemanha e Holanda. A Alemanha foi um dos primeiros países que adotou uma lei baseada nos princípios da EC (Lei de 1994 sobre gestão de resíduos em um ciclo fechado). A Holanda integrou também esta abordagem de ciclo fechado de resíduos criando um plano nacional de gerenciamento de resíduos com foco no rumo para uma política de cadeia de materiais (Nicklaus; Rouquet, 2014).

No mundo, a EC tem ganhado cada vez mais destaque como uma abordagem sustentável para lidar com os desafios ambientais e econômicos. Ao longo dos anos, tem havido um aumento significativo na conscientização sobre a importância da economia circular. Vários países e organizações têm adotado medidas e políticas para promover a transição para esse modelo econômico mais sustentável. Isso inclui iniciativas para melhorar a reciclagem,

reutilização e remanufatura de produtos, bem como o estímulo à economia compartilhada e a utilização de energias renováveis (Nobre; Tavares, 2021).

A pesquisa e a publicação de estudos científicos sobre economia circular ocorrem em todo o mundo, com diferentes países desempenhando um papel significativo nesse campo. Países como Holanda, Alemanha, Reino Unido e Suécia são conhecidos por sua presença destacada na pesquisa e inovação relacionadas à economia circular. No entanto, de acordo com a base de dados *Scopus*, atualmente, a Itália desponta como o primeiro país desenvolvido em termos de produção de artigos sobre o assunto (Universidade Federal do Paraná – UFPR aberta, 2022).

É importante ressaltar que a determinação precisa do país que publica mais artigos sobre economia circular pode variar de acordo com diferentes bases de dados e critérios de contagem. Além disso, instituições como universidades, centros de pesquisa e organizações internacionais desempenham um papel relevante na produção e publicação de artigos sobre o tema (Kuzma; Sehnem, 2021).

Essa diversidade de contribuições e esforços de pesquisa reflete a importância global da economia circular e o interesse crescente em encontrar soluções inovadoras para os desafios relacionados à sustentabilidade e ao uso eficiente dos recursos. A colaboração internacional e a troca de conhecimentos entre países e instituições são fundamentais para impulsionar ainda mais o desenvolvimento da economia circular e encontrar respostas eficazes para os desafios globais (Kuzma; Sehnem, 2021; Guarnieri *et al.*, 2023).

Na seção a seguir, apresenta-se a transição das cadeias de suprimentos alimentares rumo à economia circular do desperdício alimentar.

12.2.1 Economia circular do desperdício alimentar

O gerenciamento do desperdício de alimentos no contexto da economia circular (EC) abrange diversos aspectos relacionados à recuperação e valorização desses resíduos. Para isso, é essencial adotar medidas para o tratamento, medição e controle dos desperdícios alimentares gerados. Além disso, é importante valorizar o desperdício de alimentos visando resultados sociais, econômicos e ambientais positivos (Unger; Razza, 2018).

Um dos métodos de valorização do desperdício de alimentos é por meio da compostagem, que permite o uso dos compostos resultantes para enriquecer solos afetados pela degradação ambiental. Isso contribui para o desenvolvimento da agricultura e a produção de alimentos saudáveis para a população, como mencionado por Unger e Razza (2018).

Borrello *et al.* (2017) destacam que o sistema regenerativo da economia circular possibilita que produtos alimentícios vencidos, retornados ao varejo, entrem no processo de produção de novos produtos de origem animal.

A EC busca implementar práticas de regeneração de materiais e introduziu o conceito de cascata. Esse processo ocorre por meio de redes de fábricas, em que os produtos orgânicos são utilizados como insumos para a produção de novos produtos, em vez de serem depositados em aterros. Assim, o desperdício de alimentos se torna substrato para abastecer

instalações de tratamento integradas que assegurem a obtenção de vários alimentos a partir da biomassa, no contexto de biorrefinarias, conforme mencionado por Clark *et al.* (2012).

O desperdício de alimentos também pode ser valorizado como alimento para animais, vegetais, peixes e seres humanos, além de ser utilizado para a produção de fertilizantes. Essa valorização pode ser estendida aos desperdícios coletados em hotéis e restaurantes para alimentação animal, como apontado por Cheng *et al.* (2015).

Martins *et al.* (2016), em seus estudos, avaliaram a possibilidade de reutilização dos resíduos vegetais como matérias-primas nas indústrias de ração animal. Em seus estudos, verificou-se que os subprodutos vegetais eram nutricionalmente e sanitariamente apropriados para o consumo animal.

Tampio *et al.* (2015) ressaltam que os desperdícios alimentares têm um papel de fertilizantes na agricultura. Sendo assim, a EC, por meio dos seus modelos, pode transformar os desperdícios alimentares em matérias-primas favorecendo a redução dos impactos ambientais e a geração de novos insumos (Borrello *et al.*, 2017).

Tikka (2019) revela em seu estudo que o auxílio alimentar caritativo se tornou uma solução aparentemente insubstituível em relação à insegurança alimentar. Ele aponta que as práticas de redistribuição dos excedentes de alimentos podem ser relevantes para as políticas públicas dos países que seguem os princípios da EC. Nesse sentido, a União Europeia (UE) centrou-se nas ações de prevenção e de doação de excedentes de alimentos como formas mais privilegiadas de combate ao desperdício alimentar (Tribunal de Contas Europeu, 2016).

Há poucos estudos de EC relativos aos problemas do desperdício de alimentos. Em 2017, apenas 20% das 50 maiores empresas de alimentos do mundo estabeleceram programas de redução do desperdício de alimentos. Portanto, a redução do desperdício de alimentos é benéfica para a sustentabilidade econômica das empresas, particularmente para as indústrias agroalimentares, pois, em cada dólar investido na redução do desperdício de alimentos, há uma sobra de 14 dólares em custos operacionais (Principato *et al.*, 2019).

Contudo, a EC abrange todas as atividades destinadas à redução, reutilização e reciclagem dos materiais ao longo da CSA (Murray *et al.*, 2015). Ela enfatiza a minimização do desperdício alimentar, transformando-o em um novo recurso que pode ser utilizado como novo insumo. Também, ela oferece várias oportunidades econômicas na valorização dos resíduos alimentares (Mohan *et al.*, 2016).

Para Ingrao *et al.* (2018), o gerenciamento de desperdícios alimentares deve seguir a hierarquia dos resíduos, a fim de minimizar a quantidade de desperdícios alimentares em aterros (Tribunal das Contas Europeu, 2016). Ademais, segundo a hierarquia dos resíduos da União Europeia, o desperdício de alimentos pode ser valorizado pelo *i*) uso industrial; *ii*) digestão anaeróbica, *iii*) compostagem; e *iv*) combustão na recuperação de energia, e o aterro pode representar a última opção (Topi; Bilinska, 2017).

No quadro 12.2, destacam-se alguns modelos circulares que contribuem para a mitigação do desperdício de alimentos nas CSAs.

Quadro 12.2: Modelos de negócios e iniciativas circulares

Agricultura	Pós-colheita	Processamento	Distribuição	Consumo
Resíduos de horticultura	Resíduos de transporte e armazenamento	Resíduos de fabricação de alimentos	Logística	Desperdício de alimentos
<ul style="list-style-type: none"> - Colheitas indesejadas - Perdas durante a colheita - Danos nas colheitas, desastres naturais 	<ul style="list-style-type: none"> -Derramamento, deterioração, contaminação 	<ul style="list-style-type: none"> - Vinícolas, cervejarias - Fábricas de conservas, processamento de alimentos - Fora das especificações (por exemplo, confeitoraria) - Matadouros, resíduos de abate 	<ul style="list-style-type: none"> Perdas durante a embalagem / transporte -Supermercados, atacadistas 	<ul style="list-style-type: none"> - Famílias - Varejistas - Restaurantes - Grandes instalações e serviços (por exemplo, aeroportos, hospitalais)
Resíduos de origem animal				
<ul style="list-style-type: none"> - Animais grandes, porcos, aves por produtos. - Pesca acessória; - Perdas na pastagem 				

Diferentes tratamentos dos resíduos alimentares				
Mecânico	Químico	Térmico	Biológico	
Conversões mecânicas	Conversões químicas	Conversões biológicas	Conversões biológicas	
<ul style="list-style-type: none"> - Desidratação - Filtragem (por exemplo, micro e ultrafiltrarão) - Centrifugação 	<ul style="list-style-type: none"> - Análise de composição - Extração de solvente padrão - Outra extração sem solvente 	<ul style="list-style-type: none"> - Gaseificação - Pirólise - Incineração - Liquefação hidrotérmica 	<ul style="list-style-type: none"> - Digestão anaeróbica - Fermentação - Compostagem - Vermicultura - Processamento de insetos 	
Novos recursos com valores agregados				
Colheita de insumos	Produtos industriais	Produtos de alto valor	Alimentação animal	Alimentação humana
Materiais de massa	Energia	Produtos do sistema alimentar	Comida para animais	Comida para humanos
<ul style="list-style-type: none"> - Composto - Fertilizante - Carbono 	<ul style="list-style-type: none"> - Gás - Diesel e etanol - Hidrogênio - Eletricidade <i>Materiais</i> - Fibras - Biocompósitos 	<ul style="list-style-type: none"> - Nutracêuticos - Amido e fibras - Outros aditivos (corantes) <i>Produtos não alimentares</i> - Agentes farmacológicos - Polímeros - Fibras 	<ul style="list-style-type: none"> - Resíduos reprocessados - Resíduos redirecionados 	<ul style="list-style-type: none"> - Comida fresca <i>Alimentos reprocessados</i> - Caldos - Alimentos fermentados

Fonte: Adaptado de Ramola *et al.* (2020).

A circularidade dos resíduos alimentares implica uma solução circular para todos os alimentos descartados ao longo da cadeia de suprimentos de alimentos. As porções de alimentos perdidos na etapa de consumo podem ser incorporadas a um circuito fechado por meio da reciclagem. A circularidade do desperdício alimentar pode ser promovida por meio de uma plataforma digital educacional, que desacelera os ciclos de desperdício ao incentivar os consumidores a reutilizar produtos, excedentes alimentares ou componentes descartados, como ressaltado por Konietzko *et al.* (2019).

O conceito de circularidade busca reduzir o peso total dos alimentos no fluxo geral de resíduos. As partes não comestíveis e inevitáveis do desperdício alimentar que não podem ser reutilizadas podem passar por processamento anaeróbico de resíduos alimentares. Quando o desperdício alimentar é processado anaerobicamente para obter recursos verdes, como composto, biogás ou energia elétrica verde, o ciclo de vida permanece circular e agrupa valor (EMF, 2013). No entanto, a reciclagem de resíduos alimentares em composto não é a forma ideal de tornar o fluxo de resíduos 100% circular, como mencionado por PLO (2019). A reciclagem é geralmente considerada um destino final para o desperdício alimentar quando outras alternativas são limitadas. Embora a reciclagem crie valor ambiental, ela pode não gerar valor financeiro, uma vez que se baseia em produtos que podem ser reintroduzidos na economia, levando em consideração seu valor econômico, como o preço de mercado (Chauhan *et al.*, 2021).

A circularidade do desperdício alimentar por meio da digestão anaeróbica/compostagem é uma estratégia para regenerar os ciclos do desperdício alimentar, conforme apontado por Konietzko *et al.* (2019). Essa abordagem baseia-se na parceria entre a digestão anaeróbica e a compostagem, tornando a reciclagem um conceito alcançável e não exigindo experiência específica (Chauhan *et al.*, 2021; Teigiserova *et al.*, 2020).

A EC pode redefinir as condições de enquadramento da gestão dos desperdícios alimentares, criando novas oportunidades de negócio. Os desperdícios alimentares podem ser reutilizados na produção de biomateriais (Mirabella *et al.*, 2014), bioenergia (Dahiya *et al.*, 2018), bem como em produtos de alto valor (Teigiserova *et al.*, 2019).

A digestão anaeróbica de desperdícios alimentares fornece fertilizantes e energias (metano/hidrocarboneto). O desperdício de alimentos é considerado como um recurso material secundário para a economia. Portanto, o excedente de alimentos deve ser evitado primeiro, seguido pela reutilização para consumo humano ou animal e deve ser priorizado sobre a reciclagem. Ademais, as partes não comestíveis devem ser reutilizadas na produção de energia, sem descarte (Teigiserova *et al.*, 2019; Teigiserova *et al.*, 2020).

A gestão de desperdícios alimentares em uma economia circular requer uma abordagem abrangente. É fundamental compreender a quantidade de desperdício alimentar gerado e estabelecer medidas para evitá-lo desde o início. Caso ocorram desperdícios, é importante valorizá-los visando alcançar resultados positivos nos aspectos social, econômico e ambiental. É essencial estabelecer a conexão entre bio-resíduos, compostagem e qualidade do solo, uma vez que isso pode contribuir para a segurança alimentar e para uma bioeconomia mais ampla. Nesse sentido, é necessário que as partes interessadas adotem uma

série de medidas para avançar em direção a uma sociedade baseada na economia circular, conforme destacado por Unger e Razza (2018).

Existe um alto potencial positivo na aplicação de resíduos agroalimentares e subprodutos (como melaço, grãos destilados e farelos de grãos) para a produção de insetos e proteínas de células únicas como substitutos alimentares. Essa abordagem pode resultar em fontes alternativas de proteína mais sustentáveis, capazes de competir com a produção industrial de frango. Assim, o desperdício alimentar não evitável deve ser valorizado por meio da co-digestão. Além disso, reutilizar o desperdício de alimentos como insumo na produção de substitutos alimentares é uma tecnologia promissora para o futuro, ajudando a reduzir a pressão ambiental causada pela produção de alimentos, conforme apontados por Unger e Razza (2018) e Borrello *et al.* (2016).

Outro aspecto crucial para o sucesso do modelo de economia circular é a implementação de uma coleta seletiva adequada de bio-resíduos pelos consumidores. Isso é um requisito fundamental para garantir a obtenção de composto de alta qualidade e reduzir os custos de gestão de bio-resíduos. Essa meta pode ser alcançada por meio de campanhas informativas e educacionais realizadas em nível local ou nacional por autoridades municipais, Organizações Não Governamentais (ONGs) e programas escolares, entre outros. Na Europa, os tratamentos biológicos estão bem estabelecidos, com cerca de 3.500 estações de tratamento em toda a região, conforme enfatizados por Razza *et al.* (2018) e Mourad (2016).

A economia circular aborda a gestão dos recursos que restauram a saúde do ecossistema, considera a biodiversidade e os ciclos de nutrientes, valoriza a cadeia local de abastecimento de alimentos e promove a diversificação de renda por meio de biorefinarias. Além disso, contribui para a substituição de sistemas de produção baseados em combustíveis fósseis, intensivos em emissões, por produtos químicos, ingredientes e produtos de base biológica, conforme destacado pela EEA (2020).

As indústrias e empresas têm, em parte, um papel importante a desempenhar na mitigação do desperdício de alimentos, pois em toda a cadeia de abastecimento agroalimentar, existem oportunidades de redução, reutilização e reciclagem dos desperdícios (EMF, 2013). Os estudiosos têm um papel ativo no alcance dos resultados relevantes na conceitualização da EC nos setores alimentares em relação à redução dos desperdícios alimentares. Ademais, os formuladores de decisão devem concentrar seus esforços na implementação das técnicas de retenção de *loops* mais desejáveis e mais curtas, como remanufatura, recondicionamento e reaproveitamento (Reike *et al.*, 2018).

Por fim, a EC constitui uma mudança de paradigma que tenta substituir o conceito de fim de vida dos produtos. Portanto, seu progresso é limitado no que diz respeito à sua análise empírica. As práticas de EC nas empresas europeias, apesar de serem graduais, se deparam com certas barreiras comuns, como processos administrativos, regulamentações e falta de recursos humanos para iniciar seu funcionamento, enquanto as empresas que não implementaram medidas de EC consideram as barreiras de financiamento, investimento e custo-benefício as mais significativas (Garcés-Ayerbe *et al.*, 2019).

12.3 Considerações finais

A economia circular do desperdício alimentar representa uma abordagem transformadora e promissora para lidar com os desafios socioeconômicos e ambientais associados à perda de alimentos. Ao adotar práticas de prevenção, valorização e reciclagem, é possível reduzir significativamente o desperdício de alimentos, maximizar a eficiência dos recursos e criar novas oportunidades de negócios sustentáveis.

Através da aplicação de modelos circulares, como a recuperação de alimentos, a produção de compostos e a utilização de resíduos como insumos valiosos, é possível fechar o ciclo de vida dos alimentos, reduzindo a dependência de recursos naturais finitos e minimizando os impactos negativos no meio ambiente. Além disso, a economia circular do desperdício alimentar pode impulsionar a segurança alimentar, a criação de empregos e o desenvolvimento de comunidades resilientes.

Para alcançar o pleno potencial da economia circular do desperdício alimentar, é necessário o envolvimento e a colaboração de todos os *stakeholders*, incluindo produtores, processadores, varejistas, consumidores, governos e instituições de pesquisa. A educação, a conscientização e a implementação de políticas adequadas são fundamentais para promover a mudança de mentalidade e facilitar a transição para uma economia circular mais sustentável.

Ao abraçar a economia circular do desperdício alimentar, pode-se criar um futuro no qual o desperdício seja minimizado, os recursos sejam utilizados de forma mais eficiente e a qualidade de vida seja melhorada para as gerações presentes e futuras. É hora de agir de forma decisiva e coletiva para transformar o desperdício alimentar em oportunidades e construir um mundo mais próspero, equitativo e sustentável.

Referências

ASCHEMANN-WITZEL, Jessica; ZIELKE, Stephan. Can't buy me green? A review of consumer perceptions of and behavior toward the price of organic food. *Journal of Consumer Affairs*, v. 51, n. 1, p. 211-251, 2017.

ASCHEMANN-WITZEL, Jessica; DE HOOGE, Ilona; NORMANN, Anne. Consumer-related food waste: Role of food marketing and retailers and potential for action *Journal of International Food & Agribusiness Marketing*, v.28, n. 3, p. 271-285, 2016.

ASCHEMANN-WITZEL, Jessica; GIMÉNEZ, Ana; ARES, Gastón. Household food waste in an emerging country and the reasons why: Consumer's own accounts and how it differs for target groups. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 145, p. 332-338, 2019.

BARRET, Anaïs. *Les apports de l'économie circulaire dans la consommation de produits alimentaires en vrac*. Mémoire publié, Toulouse, France, 2017.

BORRELLO, Massimiliano; CARACCIOLI, Francesco; LOMBARDI, Alessia; PASCUCCI, Stefano; CEMBALO, Luigi. Consumers' perspective on circular economy strategy for reducing food waste. *Sustainability*, v. 9, n. 1, 141, 2017.

BORRELLO, Massimiliano; LOMBARDI, Alessia; PASCUCCI, Stefano; CEMBALO, Luigi. The seven challenges for transitioning into a bio-based circular economy in the agri-food sector. *Recent patents on food, nutrition & agriculture*, v. 8, n. 1, 39-47, 2016.

BORRELLO, Massimiliano; PASCUCCI, Stefano; CARACCIOLI, Francesco;

BLOISE, Camila. Collaboration in a circular economy: learning from the farmers to reduce food waste. *Journal of Enterprise Information Management*, v. 33, n. 4, p. 769-789, 2020.

LOMBARDI, Alessia; CEMBALO, Luigi. Consumers are willing to participate in circular business models: A practice theory perspective to food provisioning. *Journal of Cleaner Production*, v. 259, p. 121.013, 2020.

CHAUHAN, Chetna; DHIR, Amandeep; AKRAM, Manzoor Ul; SALO, Jari. Food loss and waste in food supply chains. A systematic literature review and framework development approach. *Journal of Cleaner Production*, v. 295, p. 126.438, 2021.

CHENG, Zhang; MO, Wing Ying; MAN, Yu Bon; LAM, Cheung; CHOI, Wai. Ming; NIE, Xiang Ping *et al.* Environmental mercury concentrations in cultured low-trophic-level fish using food waste-based diets. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 22, n. 1, p. 495-507, 2015.

CLARK, James H; LUQUE, Rafael; MATHARU, Avtar S. Green chemistry, biofuels, and biorefinery. *Annual review of chemical and biomolecular engineering*, v. 3, p. 183-207, 2012.

CREUS, Cánovas Alba. *Prevenção do desperdício alimentar sob a avaliação de ciclo de vida: ferramenta e aplicação em casos práticos*. Tese (Doutorado) – UFRJ/COPPE/ Programa de Engenharia de Produção, 2018. Disponível em: <http://www.producao.ufrj.br/index.php/en/theses-and-dissertations/doutorado/2018/678—600/file>. Acesso em: 24 fev. 2020.

DAHIYA, Shikha; KUMA, A. Naresh; SRAVAN, J. Shanthi; CHATTERJEE, Sulagna; SARKAR, Omprakash; MOHAN, S. Venkata. Food waste biorefinery: Sustainable strategy for circular bioeconomy. *Bioresource technolog*, v. 248, p. 2-12, 2018.

DE CONTAS EUROPEU, Tribunal. Luta contra o desperdício alimentar: uma oportunidade para a UE melhorar a eficiência dos recursos na cadeia de abastecimento alimentar. *Relatório Especial*, n. 34, 2016. Disponível em: https://www.eca.europa.eu/Lists/ecadocuments/SR16_34/SR_FOOD_WASTE_PT.pdf. Acesso em: 11 mar 2020.

DE MELO SILVA, Faria Alves; DE SOUZA, Ivone Vanessa; ZANON, Jair Artur; NUNES, Geraldo Marcelo; DA SILVA, Ribeiro Bernardo; FERRARI, S. Juçara seedling production with agroindustry wastes and composted sewage sludge. *Revista Brasileira de Engenharia de Biossistemas*, v. 9, n. 2, p. 109-121, 2015.

Economia circular: conceitos, dimensões e abordagens

- DE MENNA, Fabio; DIETERSHAGEN, Jana; LOUBIERE, Marion; VITTUARI, Matteo. Life cycle costing of food waste: A review of methodological approaches. *Waste Management*, v. 73, p. 1-13, 2018.
- DE MORAES, Camila Colombo; COSTA, Flávio Henrique; SILVA, Andrea Lago; DELAI, Ivete; PEREIRA, Carla Roberta. Does resilience influence food waste causes? A systematic literature review. *Gestão & Produção*, v. 26 n. 3, 2019.
- DE MORAES, Camila Colombo; COSTA, Flávio Henrique; PEREIRA, Carla Roberta; DA SILVA, Andrea Lago; DELAI, Ivete. Retail food waste: mapping causes and reduction practices. *Journal of Cleaner Production*, v. 256, p. 120.124, 2020.
- DELIBERADOR, Lucas Rodrigues; CÉSAR, Aldara da Silva; BATALHA, Mário Otávio. How to fight food waste in university restaurants?. *Gestão & Produção*, v. 28, n. 2, 2021.
- DORA, Manoj; BISWAS, Shreyas; CHOUDHARY, Sonal; NAYAK, Rakesh; IRANI, Zahir. A system-wide interdisciplinary conceptual framework for food loss and waste mitigation strategies in the supply chain. *Industrial Marketing Management*, v. 93, p. 492-508, 2021.
- EEA. Bio-waste in Europe: *Turning Challenges into Opportunities*. European Environment Agency, 2020. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/publications/bio-waste-in-europe>. Acesso em: 12 jun. 2022.
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (EMF). *Towards the circular economy, economic and business rationale for an accelerated transition*. Cowes, UK: Ellen MacArthur Foundation, 2013.
- EUROPEIA, Comissão. *Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões – Uma Agenda Digital para a Europa*. Bruxelas: Comissão Europeia, 2010.
- FACCHINI, Elisa; IACOVIDOU, Eleni; GRONOW, Jan; VOULVOULIS, N. Food flows in the United Kingdom: The potential of surplus food redistribution to reduce waste. *Journal of the Air & Waste Management Association*, v. 68, n. 9, p. 887-899, 2018.
- FANCELLO, Gianfranco; MOLA, Francesco; FRIGAU, Luca; SERRA, Patrizia; MANCINI, Simona; FADDA, Paolo. A new management scheme to support reverse logistics processes in the agrifood distribution sector. *Transportation research procedia*, v. 25, p. 695-715, 2017.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. *The future of food and agriculture: Trends and challenges*. Rome, 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf>. Acesso em: 30 out. 2019.
- FAO. *The State of Food Insecurity in the World*. Rome, 2018.
- FAO. *Cadre d'action de la FAO pour l'agenda alimentaire urbain*. Rome, 2019.
- FAO. *La Situation Mondiale de l'Alimentation et de l'Agriculture*. Rome, 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i3301f/i3301f.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2020.

FOLEY, John Alfa; RAMANKUTTY, Nicodeme; BRAUMAN, Kalif. A.; CASSIDY, Elik Sand; GERBER, Junior; JOHNSTON, Matt *et al.* Solutions for a cultivated planet. *Nature*, v. 478, n. 7.369, p. 337-342, 2011.

FSIN, Food Security Information Network. *Global report on food crises: joint analysis for better decisions*, 2019. Disponível em: http://www.fsinplatform.org/sites/default/files/resources/files/GRFC_2019-Full_Report.pdf. Acesso em: 25 fev. 2020.

GARCÉS-AYERBE, Concepción; RIVERA-TORRES, Pilar; SUÁREZ-PERALES, Inés; LEYVA-DE LA HIZ, Dante I. Is it possible to change from a linear to a circular economy? An overview of opportunities and barriers for european small and medium-sized enterprise companies. *International journal of environmental research and public health*, v. 16, n. 5, p. 851, 2019.

GHISELLINI, Patrizia; CIALANI, Catia; ULGIATI, Sergio. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner production*, v. 114, p. 11-32, 2016.

GJERRES, Mickey; GAIANI, Silvia. Household food waste in Nordic countries: Estimations and ethical implications. *Etik i praksis. Nordic Journal of Applied Ethics*, v. 7, n. 1, p. 6-23., 2013.

GODFRAY, Charles J.; BEDDINGTON, John R.; CRUTE, Ian R.; HADDAD, Lawrence; LAWRENCE, David; MUIR, James F. *et al.* Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, v. 327, n. 5.967, p. 812-818, 2010.

GUARNIERI, Patricia; BIANCHINI, Augusto; ROSSI, Jessica; SILVA, Lúcio Câmara; TROJAN, Flavio; VIEIRA, Barbrara Oliveira; LIZOT, Mauro. Transitioning towards a circular economy under a multicriteria and the new institutional theory perspective: A comparison between Italy and Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 2023.

GUSTAVSSON, Anders; SVENSSON, Mikael; JACOBI, Frank; ALLGULANDER, Christer; ALONSO, Jordi; BEGHI, Ettore *et al.* Cost of disorders of the brain in Europe 2010. *European neuropsychopharmacology*, v. 21, n. 10, p. 718-779, 2011.

IMBERT, Enrica; LADU, Luana; TANI, Almona; MORONE, Piergiuseppe. The transition towards a bio-based economy: A comparative study based on social network analysis. *Journal of Environmental Management*, 230, 255-265, 2019.

INGRAO, Carlo; MESSINEO, Antonio; BELTRAMO, Riccardo; YIGITCANLAR, Tan; IOPPOLO, Giuseppe. How can life cycle thinking support sustainability of buildings? Investigating life cycle assessment applications for energy efficiency and environmental performance. *Journal of Cleaner Production*, 201, 556-569, 2018.

KONIETZKO, Jan; BOCKEN, Nancy; HULTINK, Erik Jan. Online Platforms and the Circular Economy. In: BOCKEN, Nancy; RITALA, Pan; ALBAREDA, Laura; VERBURG, R. (eds.) *Innovation for Sustainability: Palgrave Studies in Sustainable Business In Association with Future Earth*, p. 435-450, 2019.

Economia circular: conceitos, dimensões e abordagens

KUZMA, Edson Luis; SEHNEM, Simone. Circular Economy Mainstream: an Analysis of Master Thesis and Dissertations. *Revista Organizações em Contexto*, v. 17, n. 34, p. 427-460, 2021.

LAISNEY, C.; SOYEUX, A.; REDLINGSHÖFER, B. Les gaspillages et les pertes de la fourche à la fourchette: production, distribution, consommation. *Document de travail du centre d'études et prospective*, n. 7, 2013.

LE BORGNE, Guillaume. *Sensibilité du consommateur au gaspillage alimentaire: conceptualisation, antécédents, et conséquences*. Tese (Doutorado) – Université Montpellier, França, 2015.

LEMOS, Paulo. *Economia circular como fator de resiliência e competitividade na região de Lisboa e Vale do Tejo*. Lisboa, CCDR LVT. Portugal, 2018.

LIU, Zhe; ADAMS, Michelle; WALKER, Tony R. Are exports of recyclables from developed to developing countries waste pollution transfer or part of the global circular economy? *Resources, Conservation and Recycling*, v. 136, p. 22-23, 2018.

LUGO, Sinndy; DAYANA, Rico; KIMITA, Koji; NISHINO, Nariaki. Characteristics of decision process towards Circular Food Economy: A review. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 2023.

MARTINS, Margarida Liz; RODRIGUES, Sara SP.; CUNHA, Luís M.; ROCHA, Ada. Strategies to reduce plate waste in primary schools-experimental evaluation *Public health nutrition*, v. 19, n. 8, 1.517-1.525, 2016.

MATHARU, Manita; GUPTA, Neha; SWARNAKAR, Vikas. Efforts are made but food wastage is still going on: a study of motivation factors for food waste reduction among household consumers, *Asia-Pacific Journal of Business Administration*, v. 14, n. 2, p. 244-264, 2022.

MIRABELLA, Nadia; CASTELLANI, Valentina; SALA, Serenella. LCA for assessing environmental benefit of eco-design strategies and forest wood short supply chain: a furniture case study. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, v. 19, n. 8, p. 1.536-1.550, 2014.

MOHAN, Venkata S; NIKHIL, G.N; CHIRANJEEVI, P.; REDDY, C. Nagendranatha; ROHIT, M. V.; KUMAR, A. Naresh; SARKAR, Omprakash. Waste biorefinery models towards sustainable circular bioeconomy: critical review and future perspectives. *Biore-source technology*, v. 215, p. 2-12, 2016.

MOURAD, Marie. Recycling, recovering and preventing “food waste”: Competing solutions for food systems sustainability in the United States and France. *Journal of Cleaner Production*, v. 126, p. 461-477, 2016.

MURRAY, Alan; SKENE, Keith; HAYNES, Kathryn. The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *Journal of Business Ethics*, p. 1-12, 2015.

NICKLAUS, Doris; ROUQUET, Richard. *Comparaison internationale des politiques publiques en matière d'économie circulaire*. Paris: France, Etudes et Documents (CGDD), 2014.

- NOBRE, Gustavo Cattelan; TAVARES, Elaine. The quest for a circular economy final definition: A scientific perspective. *Journal of Cleaner Production*, v. 314, p. 127.973, 2021.
- NURHUSNA NAJWA, Hussin. *Quantifying waste reduction and revenue saved based from converting food waste to liquid compost*. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental) – University of Malaya, 2018.
- ÖSTERGREN, Karin; GUSTAVSSON, Jenny; BOS-BROUWERS, Hilke; TIMMERMANS, Toine; HANSEN, Ole-Jørgen; MØLLER, Hanne et al. Definitional framework for food waste. *FUSIONSproject*, p. 1-134, 2014. Disponível em: <https://www.eu-fusions.org/phocadownload/Publications/FUSIONS%20Definitional%20Framework%20for%20Food%20Waste%202014.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2019.
- OURO-SALIM, Omar; GUARNIERI, Patricia. Circular economy of waste in agrifood supply chain: a review. *Thunderbird International Business Review*, p. 1-16, 2022.
- PARFITT, Julian; BARTHEL, Mark; MACNAUGHTON, Sarah. Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050. *Philosophical transactions of the royal society B: biological sciences*, v. 365, n. 1.554, p. 3.065-3.081, 2010.
- PARLINSKA, Maria; PAGARE, Abhishek. Food losses and food waste versus circular economy. *Problems of World Agriculture*, v. 18, n. 2, p. 228-237, 2018.
- PRINCIPATO, Ludovica; RUINI, Luca; GUIDI, Matteo; SECONDI, Luca. Adopting the circular economy approach on food loss and waste: the case of Italian pasta production. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 144, p. 82-89, 2019.
- QUESTED, T. E.; MARSH, E.; STUNELL, D.; PARRY, A. D. Spaghetti soup: the complex world of food waste behaviours. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 79, p. 43-51, 2013.
- RAMOLA, Alkim; GILBERT, John Milk; RICCI-JÜRGENSEN, Marta. Global assessment of municipal organic waste production and recycling. *ISWA*, v. 1, p. 1-32, 2020.
- RAZZA, Francesco; D'AVINO, Lorenzo; L'ABATE, Giovanni; LAZZERI, Luca. The role of compost in bio-waste management and circular economy. *Designing sustainable technologies, products and policies: from science to innovation*, p. 133-143, 2018.
- REIKE, Denise; VERMEULEN, Walter JV; WITJES, Sjors. The circular economy: new or refurbished as CE 3.0?: exploring controversies in the conceptualization of the circular economy through a focus on history and resource value retention options. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 135, p. 246-264, 2018.
- RICHARDS, Timothy J.; HAMILTON, Stephen F. Food waste in the sharing economy. *Food Policy*, v. 75, p. 109-123, 2018.
- ROOD, Trudy; KISHNA, Maikel. Planbureau voor de leefomgeving: circulaire economie in kaart. *Planbureau voor de Leefomgeving*, 2019. Disponível em: <https://www.pbl.nl/publicaties/circulaire-economie-in-kaart>. Acesso em: 27 fev. 2019.

Economia circular: conceitos, dimensões e abordagens

SCHANES, Karin; DOBERNIG, Karin; GÖZET, Burcu. Food waste matters: a systematic review of household food waste practices and their policy implications. *Journal of Cleaner Production*, v. 182, p. 978-991, 2018.

SCHWEITZER, Michael D.; CALZADILLA, Andrew S.; SALAMO, Oriana; SHARIFI, Arash; KUMAR, Naresh; HOLT, Gregory *et al.* Lung health in era of climate change and dust storms. *Environmental research*, v. 163, p. 36-42, 2018.

SEHNEM, Simone; PEREIRA, Susana; CARLA, Farias; GODOI, Deborah; PEREIRA, Luis Henrique; Junior, Silvio. Santos. Food waste management: an analysis from the circular economy perspective. *Environmental Quality Management*, v. 31, n. 1, p. 59-72, 2020.

SILVA, Vanessa Pinto Machado e; CAPANEMA, Luciana Xavier de Lemos. Políticas públicas na gestão de resíduos sólidos : experiências comparadas e desafios para o Brasil *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, v. 25, n. 50 , p. [153]-200, 2019. Acesso em: 23 de abr. 2020.

TAMPIO, Elina; ERVASTI, Satu; RINTALA, Jukka. Characteristics and agronomic usability of digestates from laboratory digesters treating food waste and autoclaved food waste. *Journal of Cleaner Production*, v. 94, p. 86-92, 2015.

TEIGISEROVA, Dominika Alexa; HAMELIN, Lorie; THOMSEN, Marianne. Review of high-value food waste and food residues biorefineries with focus on unavoidable wastes from processing. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 149, p. 413-426, 2019.

TEIGISEROVA, Dominika A.; HAMELIN, Lorie; THOMSEN, Marianne. Towards transparent valorization of food surplus, waste and loss: Clarifying definitions, food waste hierarchy, and role in the circular economy. *Science of the Total Environment*, v. 706, p. 136.033, 2020.

THYBERG, Krista Lit; TONJES, David John. Drivers of food waste and their implications for sustainable policy development. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 106, p. 110-123, 2016.

TIKKA, Ville. Charitable food aid in Finland: from a social issue to an environmental solution. *Agriculture and human values*, v. 36, n. 2, p. 341-352, 2019.

TOPI, Corrado; BILINSKA, Magdalena. The economic case for the circular economy: from food waste to resource. *Food waste reduction and valorisation: Sustainability assessment and policy analysis*, p. 25-41, 2017.

TRZĄSKOWSKA, Monika; KOŁOŻYN-KRAJEWSKA, Danuta; WÓJCIAK, Karolina; DOLATOWSKI, Zbigniew. Microbiological quality of raw-fermented sausages with *Lactobacillus casei* LOCK 0900 probiotic strain. *Food Control*, v. 35, n. 1, p. 184-191, 2014.

UFPR aberta. *Introdução à economia circular*, 2022. Disponível em: <https://ufpraberta.ufpr.br/course/view.php?id=812>. Acesso em: 18 abr. 2023.

UN General Assembly. *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development.* A/RES/70/1, 2015. Disponível em: http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E. Acesso em: 18 abr. 2023.

UNGER, Nicole; RAZZA, Francesco. Food waste management (sector) in a circular economy. *Designing Sustainable Technologies, Products and Policies: From Science to Innovation*, p. 127-132, 2018.

WATANABE, Eluiza; DO NASCIMENTO, Caroline; DE FREITAS, Michele; VIANA, Mayra. Monteiro. Food waste: an exploratory investigation of causes, practices and consequences perceived by Brazilian supermarkets and restaurants. *British Food Journal*, v. 124, n. 3, p. 1022-1045, 2022.

WRAP. *Household food and drink waste in the UK.* Report published by WRAP. Banbury, UK: WRAP, 2009.

WRZOSEK, Małgorzata; KOŁOZYN-KRAJEWSKA, Danuta; KRAJEWSKI, Karol. Nie-racjonalne wykorzystanie zywności – perspektywa globalna i odpowiedzialności społecznej (Irrational use of food – global perspective and social responsibility). Prace Studentów i Młodych Pracowników Nauki. Teoria i praktyka zarządzania przedsiębiorstwem. *Wybrane zagadnienia*, v. 4, p. 59-72, 2012.

ECONOMIA CIRCULAR

conceitos, dimensões e abordagens

Neste livro conceitua-se o termo de Economia Circular, bem como apresenta suas principais abordagens, dimensões e algumas aplicações. O primeiro capítulo apresenta o conceito e escopo da economia circular e desafios para a sua transição no Brasil. O segundo capítulo busca compreender os elementos que contribuem para tornar a Economia Circular contestável e desafiadora para as organizações. O terceiro capítulo aborda a gestão de resíduos em setores intensivos em recursos. O capítulo 4 detalha a participação brasileira na estruturação das normas do comitê técnico da ISO sobre economia circular (ISO TC 323). O capítulo 5 aborda os conceitos, dimensões teóricas, discussões atuais e limitações do comportamento sustentável e Economia circular. O capítulo 6 valida proposições teóricas acerca do ensino de boas práticas de sustentabilidade e de economia circular. O capítulo 7 aborda a mineração urbana como importante ferramenta para a economia circular. O capítulo 8, explica como as organizações podem atingir a sustentabilidade a partir dos principais conceitos e desdobramentos da Ecologia Industrial e Simbiose Industrial. O capítulo 9 suscita a reflexão sobre as estratégias de circularidade dos recursos nos centros urbanos, seus desafios e oportunidades. O capítulo 10 analisa a produção de alimentos e a gestão ambiental em uma agroindústria no estado de Goiás sob a perspectiva da Economia Circular. O capítulo 11 apresenta e discute os principais desafios relacionados à inclusão dos catadores de materiais recicláveis no acordo setorial de embalagens no Brasil. Por fim, o capítulo 12 discute a economia circular nas cadeias de suprimentos agroalimentares.