

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ELISA RENATA MACHADO DE OLIVEIRA

**DIRETRIZES DE ECONOMIA CIRCULAR NA FASE DE FIM DE VIDA DE
PRODUTOS**

**CURITIBA
2023**

ELISA RENATA MACHADO DE OLIVEIRA

**DIRETRIZES DE ECONOMIA CIRCULAR NA FASE DE FIM DE VIDA DE
PRODUTOS**

Artigo apresentado como requisito parcial à conclusão do curso de Especialização MBA em Gestão Ambiental, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof. Ma. Silvana Bárbara Gonçalves da Silva

**CURITIBA
2023**

Diretrizes de Economia Circular na Fase de Fim de Vida de Produtos

Elisa Renata Machado de Oliveira

RESUMO

O conceito de Economia Circular é baseado na restauração e regeneração em uma abordagem sistêmica, que ganha espaço perante o consumo descontrolado dentro do modelo de produção atual. A economia linear possibilita o esgotamento de matérias-primas, a qual supera a capacidade de regeneração dos recursos naturais, gera toneladas de resíduos diários e significativos custos com a gestão desses resíduos. A proposta alternativa de circularidade, abordada neste estudo, é a mudança para enfrentar as consequências desse modelo que causa prejuízos para gerações futuras, valorizando o ciclo de vida do produto. Com base nisso, este estudo tem o objetivo de apresentar práticas e estratégias aplicadas em modelos de Economia Circular, por meio de revisão bibliográfica e documental, com informações encontradas em artigos científicos e dados públicos. Esta pesquisa pontua práticas empregadas de circularidade no fim do ciclo de vida do produto em diferentes setores industriais e aponta lacunas existentes entre a estratégia e as diretrizes do conceito.

Palavras-chave: Economia Circular. Resíduos Sólidos. Ciclo de Vida do Produto.

ABSTRACT

The Circular Economy concept is based on restoration and regeneration in a systemic approach, which gains strength in the face of uncontrolled consumption within the current production model. The linear economy enables the exhaustion of raw materials, which exceeds the regeneration capacity of natural resources, generates tons of daily waste and significantly waste management costs. The alternative proposal of circularity, addressed in this study, is the change to face the consequences of this model that causes disadvantage to future generations, adding value to the product's life cycle. Based on this, this study aims to present practices and strategies applied in Circular Economy models, through a literature and documentary review, with

information found in scientific articles and public data. This research highlights practices employed in circularity at the end of the product's life cycle in different industrial sectors and points out existing gaps between the strategy and the concepts' guidelines.

Keywords: Circular Economy. Solid Waste. Product Lifecycle.

1 INTRODUÇÃO

O modelo atual de economia se tornou um tema muito popular para discutir nos últimos anos, juntamente aos problemas ambientais. Apesar desse modelo ter ajudado a sociedade construir modelos de negócios eficazes (NIKANOROVA; STANKEVIČIENĖ, 2020), não contribui para um futuro sustentável. Dessa forma, a preocupação com o meio ambiente se torna iminente ao contexto de uma economia que funciona de forma linear.

Pensando nisso, a sociedade segue a cultura do consumo exacerbado, trazido da Revolução Industrial, na qual as matérias-primas transformadas em produtos manufaturados eram consumidas e, depois, descartadas como lixo. Nessa economia insustentável não há nenhum reaproveitamento e reutilização (GONÇALVES; BARROSO, 2019). Esse tipo de modelo econômico foi denominado de “Economia Linear”, no qual não é levado em consideração que os recursos materiais e energéticos são finitos, mesmo assim incentiva o uso intensivo desses recursos. Essa perspectiva de economia causa degradação ambiental, por ocasião da destinação incorreta de resíduos gerados pelo consumo excessivo de produtos (GONÇALVES; BARROSO, 2019).

Com o aumento no consumo, além do alto uso dos recursos naturais, há a questão do descarte dos resíduos. Em decorrência do consumo e a pouca reciclagem ou reutilização, dentro do modelo de economia linear o futuro da humanidade está prejudicado, caso ele não seja substituído por outro tipo de produção mais sustentável.

Pensando que a preocupação com o meio ambiente é legítima (COSENZA; ANDRADE; ASSUNÇÃO, 2020), uma nova forma de produção econômica denominada Economia Circular (EC) foi proposta. Apesar dos conceitos de Sustentabilidade e Economia Circular serem comparados pela proximidade nos interesses, suas motivações e objetivos são considerados de natureza diferentes (VASCONCELLOS; FERREIRA; GOMES; ROSSI; OMETTO, 2021). A Economia Circular se baseia em um novo modelo econômico com pensamento sistêmico, que aborda a crescente demanda relacionada a recursos, desafios para as empresas e economias, podendo gerar crescimento, criar empregos e reduzir os impactos ambientais (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2015).

No modelo tradicional linear há perdas energéticas e, segundo a *Ellen Macarthur Foundation* (2013) está levando à escassez, volatilidade e níveis de preços inacessíveis para a base manufatureira da economia, aumentando a possibilidade de esgotamento do capital natural.

Ao descartar um produto em aterro, tem toda sua energia residual perdida, ao contrário do que ocorre quando há reutilização, processo que permite a economia significativa de energia (GONÇALVES; BARROSO, 2019). Diante disso, para que a Economia Circular não seja confundida apenas com a reutilização, reciclagem ou destinação correta dos resíduos, destacam-se os princípios mais complexos desse modelo econômico, como a preservação dos recursos naturais e circulação e otimização dos recursos buscando altos níveis de utilidades básicas (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2015).

Por essa ótica, a base teórica aplicada a este artigo dá ênfase à Economia Circular com foco na gestão de resíduos sólidos, sempre ressaltando a complexidade do modelo econômico circular. Para que a Economia Circular não seja minimizada ou limitada às estratégias de reciclagem ou destinação de resíduos (MORSELETTO, 2020), esse modelo vai além dessas soluções; envolve aspectos como ciclos fechados ou retenção de valor em níveis mais altos (por exemplo, longa vida, remanufatura, entre outros.).

Portanto, o objetivo dessa pesquisa é o de apresentar práticas e estratégias aplicadas no fim do ciclo de vida do produto em modelos de Economia Circular.

O método utilizado, além da revisão bibliográfica e pesquisa documental, se baseia em uma abordagem descritiva e exploratória, por meio de dados públicos sobre os resíduos sólidos no Brasil. A pesquisa é estruturada em: Introdução, Revisão de Literatura, Metodologia, Resultados e Discussões e Considerações finais. Dessa forma, este trabalho se justifica por destacar lacunas visíveis quando o reuso agride o material, transformando em produtos inferiores ou onde há perda de energia do material, existentes em estratégias de EC aplicadas em modelos econômicos que buscam ciclos fechados. As práticas desse modelo são inerentes ao aumento da eficiência do uso de recursos. Assim, a discussão acadêmica para um tema inerente à preocupação ambiental, pontuando que a economia com produção circular, dentro de suas diretrizes, efetivaria o uso racional e eficiente dos recursos naturais, com crescimento econômico hábil ao desenvolvimento sustentável, destacando a relação socioambiental e econômica.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Ao falar sobre Economia Circular é necessário lembrar que o conceito é inerente à restauração e regeneração em uma abordagem sistêmica (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017), perante o consumo dentro do modelo de produção atual em uma economia linear que degrada o meio ambiente e aumenta a produção de resíduos (GONÇALVES; BARROSO, 2019). Dessa forma, a EC é uma proposta de sistema que apoia o reuso, a reparação, a remanufatura e a reciclagem de mercadorias (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2021).

A fase de fim de vida é a remoção do produto do mercado. É nesse momento que pode ocorrer a reutilização, reciclagem, logística reversa, entre outras (SANTOS *et al.*, 2022). Por isso, a Gestão do Ciclo de Vida entra como componente importante em uma Economia Circular.

2.1 DESCARTE DE RESÍDUOS NO BRASIL

Para que se entenda melhor sobre a definição de resíduos sólidos, segundo a Lei Federal 12.305/2010, resíduos sólidos é:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder, nos estados sólidos ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010, Art. 3º, Inciso XVI).

“Durante o ano de 2022, tendo alcançado um total de aproximadamente 81,8 milhões de toneladas, o que corresponde a 224 mil toneladas diárias. O brasileiro produziu, em média, 1,043 kg de resíduos por dia.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS, 2022, p. 16). Segundo a ABRELPE (2021), no ano de 2020 foi produzido 225.965 toneladas diárias no país, isso se deve à utilização de serviços de *delivery* em comparação ao período de maior isolamento social, devido à pandemia da Covid-19 e por conta da variação no poder de compra de parte da população nesse período (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS, 2022).

O Quadro 1 abaixo demonstra em números, a quantidade de materiais recicláveis produzidos no Brasil de acordo com o Panorama dos Resíduos Sólidos 2021, divulgado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2021).

Quadro 1 - A Quantidade de Materiais Recicláveis Produzidos no Brasil

Material	Quantidade (t/ano)	Quantidade (t/dia)
Plásticos	13.856.173,80	37.962,12
Papel e Papelão	8.577.631,40	23.500,36
Vidro	2.226.885,08	6.101,06
Metais	1.896.976,18	5.197,20
Embalagens Multicamadas	1.154.681,15	3.163,51

Fonte: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2021)

O relatório do Fundo Mundial para a Natureza (WWF, 2019) apontou que o Brasil ficou em 4º lugar entre os países que mais produziram resíduos no ano de 2019, perdendo apenas para os Estados Unidos, China e Índia, ressaltando que a China e a Índia têm mais de um bilhão de habitantes. Assim, pode-se observar a irresponsabilidade ambiental do Brasil diante do descarte de resíduos.

A utilização desordenada e muitas vezes exagerada acaba por gerar a produção de resíduos sólidos, líquidos e gasosos em proporções que perturbam a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas na terra (PONTES *et al.*, 2018). Com isso, segundo a ABRELPE (2022), a permanência das unidades de destinação inadequada de resíduos (lixões e aterros controlados) também acarreta consideráveis impactos no aquecimento global, entre outros problemas ambientais.

Mesmo porque quando os resíduos têm destinação “adequada” há emissões de CO₂eq pelos materiais recicláveis, como demonstrado no Quadro 2 que segue:

Quadro 2 – Potencial de redução das emissões de CO₂eq decorrentes dos materiais recicláveis recuperados em 2019

Material	Volume coletado		Emissões	
	Toneladas	%	tCO ₂ eq	%
PEAD	15.445	3,9	16.710	9,6
PEBD	23.613	5,9	33.253	19,1
PET	23.452	5,9	29.049	16,7
PP + PS	11.831	2,9	8.761	5,0
Plástico	74.341	18,6	87.773	50,4
Alumínio	3.217	0,8	27.022	15,5
Aço	27.914	7,0	35.451	20,3
Metal	31.131	7,8	62.473	35,8
Papel	190.822	47,6	22.827	13,1
Vidro	104.204	26,0	1.235	0,7
Total	400.498	100%	174.308	100%

Fonte: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2021)

De uma forma geral, segundo Pontes *et al.* (2018), cada habitante é responsável por quase 1 quilo de lixo por dia. Desse total, aproximadamente 76% é descartado a céu aberto; 10% em aterros sanitários; menos de 2% do lixo vai para usinas de compostagem e incineração; 13% vão para aterros controlados (PONTES *et al.*, 2018).

Outra via é a logística reversa, regulamentada na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelecida pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, na qual os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes são os agentes responsáveis pela devolução de contêineres de pesticidas e seus resíduos, pilhas e baterias elétricas, pneus, óleos lubrificantes usados e resíduos de embalagens, além de resíduos resultantes da eliminação de dispositivos eletrônicos. Ou seja, outros resíduos teriam destinação correta ou seriam reutilizados.

A gestão de resíduos, além de ser um serviço de utilidade pública essencial, ganha [...] um papel de protagonista na economia circular, como orientador do processo de design e manufatura, com vistas ao pleno retorno e aproveitamento dos produtos pós uso, como provedor de matéria-prima secundária, e como fornecedor de energia e combustíveis, tudo isso com importante contribuição para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS, 2021, p. 49)

Dessa forma, a Economia Circular entra como um campo que visa não o descarte de matérias, mas a reutilização e reintegração de qualquer tipo de resíduo ao sistema de funcionalismo, visto que o manejo irregular dos resíduos sólidos urbanos gera vários impactos negativos ao meio ambiente, à economia do sistema de

reciclagem e à qualidade de vida dos habitantes (GALDINO; DE CARVALHO, 2019). Essas saídas e acúmulo de grandes volumes de resíduos sólidos *per capita* no sistema urbano-industrial são uma espécie de efeito colateral do crescimento econômico linear (VEIGA, 2019).

As práticas de Economia Circular aplicadas na prevenção de resíduos consideram a diminuição da produção e valorização no ciclo de vida do produto, adequando o material e colocando novamente na cadeia de utilização. Isso faz com que seja postergado o fim da vida ou zera os resíduos. Ou seja, é necessário estratégias viáveis de negócio no sentido de logística reversa, reciclagem do material, reutilização, entre outras.

2.2 ECONOMIA CIRCULAR

Com o intuito de modificar os modelos clássicos de produção e consumo atuais, a Economia Circular (EC) surgiu como proposta alternativa à instabilidade gerada no mercado. As principais escolas de pensamento relacionadas à Economia Circular surgiram na década de 1970, mas ganharam destaque na década de 1990 (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2015).

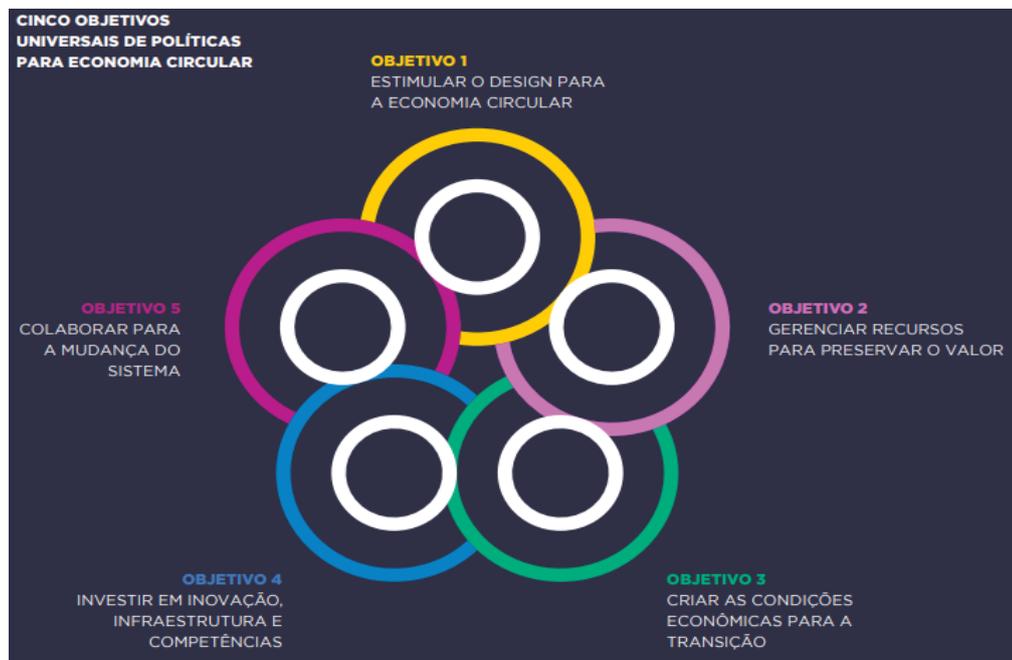
O conceito de Economia Circular é definido por Morsetto (2020) como “um modelo econômico voltado para o uso eficiente de recursos por meio da minimização de resíduos, retenção de valor a longo prazo, redução de recursos primários e ciclos fechados de produtos”. Já por Geissdoerfer *et al.* (2017, p. 759) é definida como um “sistema regenerativo no qual a entrada de recursos e o desperdício, a emissão e o vazamento de energia são minimizados pela desaceleração, fechamento e estreitamento do fluxo de material e energia”.

A definição de Economia Circular segundo a organização que aborda esse conceito de maneira mais ampla, a *Ellen MacArthur Foundation* (2015) “a economia que é restauradora e regenerativa visa manter produtos, componentes e materiais em sua mais alta utilidade e valor em todos os momentos”. Ou seja, o modelo de EC busca dissociar o desenvolvimento econômico global do consumo finito de recursos. (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION 2015).

A Economia Circular é restaurativa e regenerativa por princípio (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017), oferece uma nova abordagem baseada na reutilização, redução e reciclagem de materiais (MORSELETTO, 2020).

De modo que a EC é um processo no qual o ciclo de vida de produto é caracterizado por ser fechado, com o objetivo de manter os insumos e produtos em sua maior utilidade em todos os momentos (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017), ou seja, nesse processo o material é preservado. Dessa forma, deve-se reforçar que a Economia Circular não é limitada à reciclagem, na qual o material perde valor. A EC envolve aspectos como ciclos fechados ou retenção de valor em níveis mais altos (MORSELETTO, 2020). Por meio do sistema de ciclos fechados, se desenvolve opções mais valiosas de uso subsequente nos processos de reuso, remanufatura e reparo (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2021), como é separado por objetivos na Figura 1 abaixo:

Figura 1 – Cinco objetivos universais de políticas para a economia circular



Fonte: Ellen MacArthur Foundation (2021)

Esse tipo de política auxilia o sistema na transição da economia linear para a Economia Circular, a qual busca demonstrar como utilizar os recursos naturais, de modo a serem infinitos (SOUZA; RUVIARO; PADUA; VANZELLA; ROSA, 2021), pensando em uma economia que possa se sustentar, em questão de recursos, para as gerações futuras com soluções para renovação econômica, inovação e transformação industrial (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2021). Esses objetivos estão diretamente associados aos princípios da *Ellen MacArthur Foundation* (2015) os quais são:

Princípio 1: Preservar e aprimorar o capital natural, controlando estoques finitos e equilibrando os fluxos de recursos renováveis. [...] Princípio 2: Otimizar o rendimento de recursos, fazendo circular produtos, componentes e materiais em uso no mais alto nível de utilidade o tempo todo, tanto no ciclo técnico quanto no biológico. [...] Princípio 3: Estimular a efetividade do sistema, revelando e excluindo as externalidades negativas desde o princípio. (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2015, p.03-07)

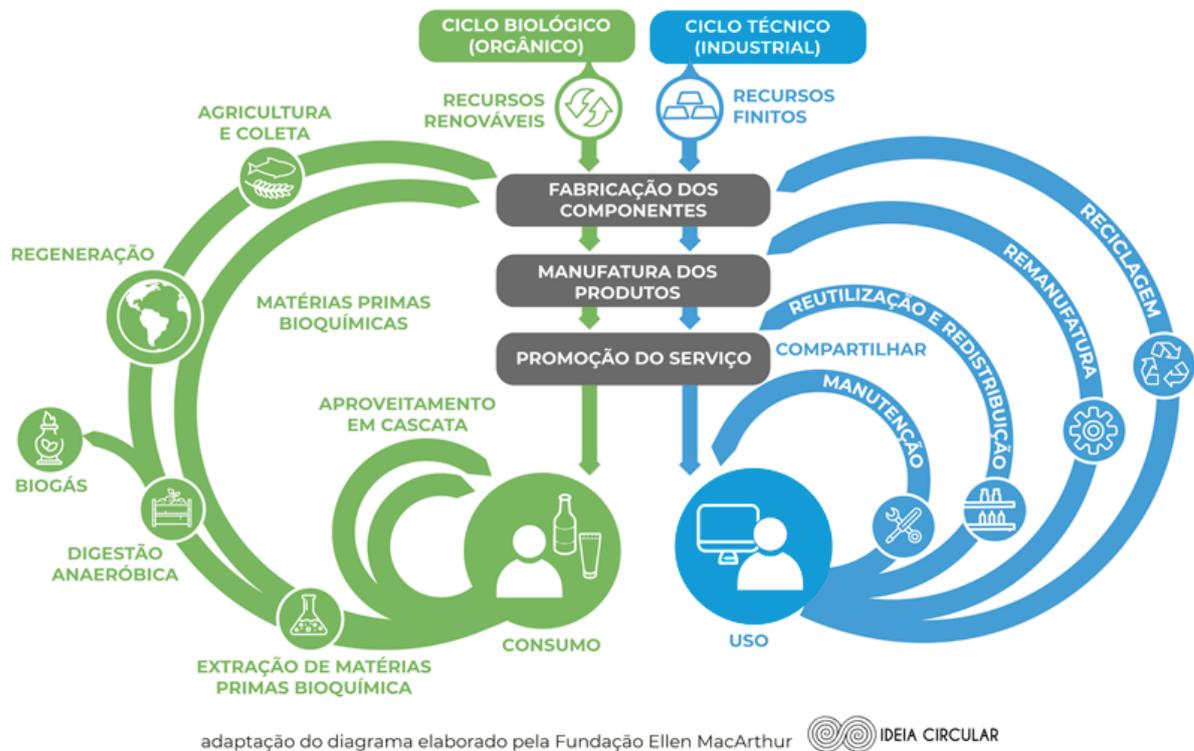
Ao relacionar os princípios básicos da Economia Circular com a definição do conceito de *Ellen MacArthur Foundation* (2015), se faz maior a possibilidade de entendimento dos objetivos colocados na Figura 1. Esses objetivos devem estar relacionados em sua execução, uma vez que cumpridos de forma isolada não levará à transição, apenas fará com que haja elementos da Economia Circular dentro de outro cenário da economia linear (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2021), em que a durabilidade dos produtos é bastante baixa e os produtos são subutilizados, o que leva ao aumento da produção de resíduos e degradação do meio ambiente (GONÇALVES; BARROSO, 2019). Dessa forma, há alinhamento entre todos os agentes envolvidos no processo de transição para uma EC, no qual o design é pensado para uso subsequente, reciclagem ou compostagem e seleção de materiais, a fim de adaptar práticas de acordo com uma cadeia de valor do produto (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2021).

Considerando as diretrizes da EC, sem que o conceito seja confundido com sustentabilidade e minimizado às práticas de reciclagem, as estratégias já aplicadas em empresas de diversos ramos empresariais ainda são escassas e pouco disseminadas. Para que haja uma transição da economia linear para uma produção com pensamento sistêmico, todas as metas apontadas pela *Ellen Macarthur Foundation* devem ser executadas com o objetivo de chegar a um ciclo fechado.

2.2.1 Princípios da Economia Circular

Tendo em vista os princípios de EC citados no subitem anterior, a *Ellen Macarthur Foundation*, em 2019, expressou isso em um diagrama sistêmico (Figura 2), fruto de uma “abordagem sistêmica para o desenvolvimento econômico projetada para beneficiar os negócios, a sociedade e o meio ambiente. Em contraste com a economia linear 'pegar-fazer-descartar'” (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, p.36, 2019).

Figura 2 – Diagrama do Sistema de Economia Circular



Fonte: Ellen MacArthur Foundation (2019) Adaptado por: ideiacircular.com

O primeiro princípio, colocado pela *Ellen Macarthur Foundation* é o de preservar e aprimorar o capital natural. Isso seria possível com o controle de estoques finitos e o equilíbrio dos fluxos de recursos renováveis. Com base nisso, o Diagrama (Figura 2) é dividido em dois ciclos: Ciclo Biológico (orgânico), no qual os recursos são renováveis, portanto a regeneração é mais rápida e viável, e Ciclo Técnico (industrial), que envolve a reciclagem e reutilização. Parte disso possibilita o segundo princípio, que seria otimizar o rendimento de recursos, com a circulação dos produtos, componentes e materiais em uso no mais alto nível de utilidade o tempo todo, em ambos os ciclos.

As práticas empresariais de EC devem seguir as estratégias apontadas no diagrama (Figura 2), para que o terceiro princípio seja alcançado, por meio do estímulo da efetividade do sistema, sem que a abordagem seja minimizada ou confundida.

2.2 GESTÃO DO CICLO DE VIDA

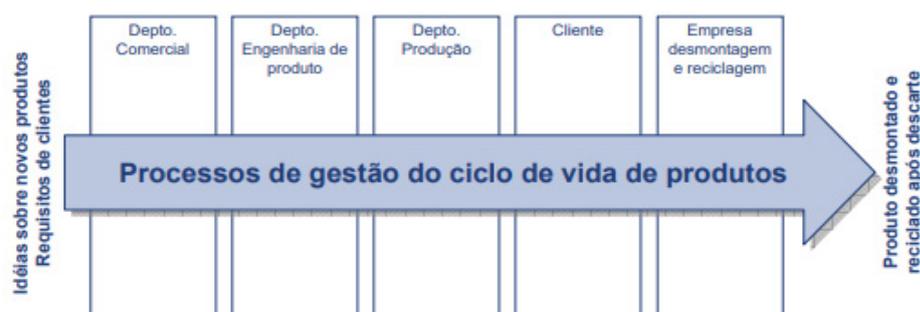
Segundo Santos *et al.* (2022), o ciclo de vida de um produto compreende todas as fases pelas quais o produto tende a passar, desde a primeira ideia de criação até o momento em que é retirado da cadeia de valor. As fases desse processo são divididas em três períodos, caracterizados abaixo:

Início da vida (BOL), meio da vida (MOL) e fim da vida (EOL). A primeira fase do ciclo de vida do produto é muitas vezes considerada a parte mais crítica do processo. No período BOL, as principais fases são o projeto e a produção. A segunda etapa é onde a importância do uso do PLM realmente entra em jogo. Designers e desenvolvedores precisam ser capazes de colaborar. Sem acesso a informações precisas sobre o produto, más decisões podem ser tomadas. Esta fase final é muitas vezes esquecida no ciclo. A vida útil de um produto simplesmente não termina quando ele é vendido. Eventualmente, o produto se tornará obsoleto ou inutilizável (SANTOS *et al.*, p.04, 2022).

A Gestão do Ciclo de Vida do Produto, sendo o termo em inglês *Product Lifecycle Management (PLM)* são práticas de gestão dos produtos de uma empresa ao longo de todo o seu ciclo de vida, considerando as fases descritas acima, para tornar o processo melhor e mais eficaz (SANTOS *et al.*, 2022).

Com esse modelo de gestão sendo empregado em uma empresa, as informações do produto passariam por diversos departamentos, movimentando grande parte da equipe da empresa, como Zancul (2009) expressa na Figura 3:

Figura 3 – Processo de negócio aplicado à gestão do ciclo de vida do produto



Adaptado: Eduardo de Senzi Zancul (2009)

O ciclo de vida do produto que diz respeito às fases em que um produto passa, desde seu desenvolvimento, passando pela utilização e pelo descarte final, para esse estudo, a parte determinante é a da fase de fim de vida, na qual é ocorre a remoção do produto, reciclagem e descarte. Essa última fase é determinante para os princípios de uma Economia Circular, visto que os ciclos de vida dos produtos estão se tornando cada vez mais curtos (SANTOS *et al.*, 2022). Com base nisso, uma Gestão do Ciclo

de Vida do Produto realizada de forma eficiente, facilita a transição para uma EC. Ou seja, as estratégias de gestão aplicadas pelas empresas têm total relevância para mudanças no sistema de produção.

3 METODOLOGIA

Esse estudo é uma revisão bibliográfica, que segundo Gil (2010), é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos. Neste caso, aborda assuntos sobre Economia Circular (diretrizes, práticas e transição), descarte de resíduos no Brasil, gestão de ciclo de vida. Assim como será utilizado documentos públicos como os Panoramas da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE -, dos anos de 2021 e 2022. Os trabalhos (relatórios) da *Ellen MacArthur Foundation*, também utilizados por esse artigo, aborda mais amplamente o tema a qual este estudo é dedicado. E há a realização de uma pesquisa documental, que trata de materiais que não recebem ainda um tratamento analítico, como os dados da ABRELPE, ou que ainda podem ser reelaborados de acordo com os objetos da pesquisa.

Ao início das buscas por informações, os conteúdos sobre Economia Circular foram priorizados para que fosse definido o objetivo do estudo. Após a definição do objetivo, a problemática foi determinada visando destacar que os conteúdos relacionados, as estratégias empresariais e até mesmo o conceito de EC eram confundidos e reduzidos às práticas inferiores à compreensão da abordagem. Os conteúdos de descarte resíduos no Brasil e Gestão do Ciclo de Vida do Produto, correlacionados à temática principal do trabalho, foram buscados posteriormente, atendendo às necessidades de entendimento do trabalho.

Pode-se classificar esse estudo como exploratório, tipo de pesquisa que tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito, como descreve Gil *et al.* (2010). Juntamente ao levantamento de dados em trabalhos anteriores e documentos públicos para discutir sobre a relevância da proposta de Economia Circular. Valendo-se também da forma descritiva de pesquisa, que visa descobrir a existência de associações entre variáveis e pretendem determinar a natureza dessa relação (GIL *et al.*, 2010), como observado no Quadro 3, como sendo descritivo resultante da pesquisa exploratória sobre as práticas de EC aplicadas.

As palavras-chaves utilizadas para procurar tais informações para chegar aos resultados foram expressões como: “Economia Circular”, “circularidade”, “gestão do ciclo de vida”, “práticas de Economia Circular”, entre outras, em sites acadêmicos como SciELO, Periódicos CAPES (bases de dados *Scopus* e *Web of Science*) e Google Acadêmico.

O Quadro 3 abaixo demonstra a sequência em que o estudo foi realizado e as etapas seguidas para que cada objetivo específico fosse alcançado.

Quadro 3 – Estrutura Metodológica

Etapa	Objetivos Específicos	Metodologia	Resultados Esperados
Etapa 1	Obter embasamento teórico	Levantamento Bibliográfico e pesquisa documental	Referencial Teórico
Etapa 2	Identificar práticas de EC na fase de fim de vida de produtos	Busca por Práticas de Economia Circular aplicadas no fim de vida do produto em artigos científicos de sites de buscas	Práticas e estratégias aplicadas
Etapa 3	Apresentar as práticas e estratégias encontradas	Criação de um quadro em categorias	Breve explicação das práticas encontradas
Etapa 4	Analisar as práticas e estratégias encontradas	Comentários feitos a partir da pesquisa	Análise das estratégias

Fonte: Autoria própria (2023)

4 Resultados e Discussões

Ao buscar práticas de Economia Circular aplicadas em diferentes ramos, foi encontrado uma diversidade de estratégias que já são exercidas. Considerando que esse estudo abrange a fase do fim de vida de produtos, dentro das estratégias encontradas, abaixo estão listadas as práticas classificadas em quatro categorias: Reutilização, Reciclagem, Logística Reversa e Projeto. Essas categorias são aplicadas no fim da vida do produto para que o ciclo técnico ou biológico seja fechado, no caso desta pesquisa, apenas em ciclos técnicos nas práticas de EC.

Aqui contém um conjunto de 22 estratégias de EC existentes em 18 empresas/marcas de diferentes ramos, organizados e classificados no Quadro 4.

Quadro 4 – Práticas de Economia Circular Aplicadas

Categoria	Referência	Ramo	Prática
Reutilização	ALBERTONI, Geórgia Infantozzi (2021)	Moda/ Têxtil	Os tecidos que sobram do corte dos novos jeans da empresa são reaproveitados, evitando lixo têxtil e o desperdício.
Reutilização	IDEIA CIRCULAR (2021)	Embalagens	Embalagens reutilizáveis para alimentos e produtos de higiene e limpeza. Com máquinas de venda a granel, a empresa possibilita o reuso contínuo de recipientes.
Reutilização	IDEIA CIRCULAR (2021)	Embalagens	As embalagens são completamente higienizadas e utilizadas para novas entregas.
Reutilização	ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (2021)	Eletrônicos	A empresa recondiciona os resíduos eletrônicos localmente, fornecendo produtos recondicionados
Reciclagem	ALBERTONI, Geórgia Infantozzi (2021)	Moda/ Têxtil	Retornam peças ao processo para desfibrilamento e no desenvolvimento de novas peças
Reciclagem	IDEIA CIRCULAR (2021)	Moda/ Acessórios	Utilização de câmaras de pneu, que têm resistência e aparência semelhante ao couro, que dão vida às mochilas, bolsas e carteiras. Já os tecidos de guarda-chuvas são recuperados e transformados em forros dessas peças ou em jaquetas impermeáveis.
Reciclagem	MORIYAMA, Bruna Michele <i>et al.</i> (2019)	Eletrônicos	Criou um robô, chamado Daisy, que tem capacidade de separar cada peça do produto, desmontando e recuperando celulares fora de uso, com intuito de reutilizar alguns materiais internos importantes.
Reciclagem	ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (2021)	Eletrônicos	Empresa de eletrônicos recicla os resíduos eletrônicos localmente, coletando componentes para serem reutilizados na fabricação de novos produtos.
Reciclagem	ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (2021)	Iluminação	Reciclagem de lâmpadas que podem tratar/descartar com segurança 1.500 fluorescentes tubulares usadas por dia.
Logística Reversa	IDEIA CIRCULAR (2021)	Transporte/ Esporte	Uma empresa criou um sistema de reciclagem dos pneus das suas bicicletas, sendo que o cliente pode enviar o material usado por correio e receber um novo em troca.
Logística Reversa	IDEIA CIRCULAR (2021)	Embalagens	Um sistema de logística circular para <i>delivery</i> de comida, serviço para embalagens circulares

Logística Reversa	ALBERTONI, Geórgia Infantozzi (2021)	Moda/ Têxtil	Foram incluídos em algumas lojas físicas coletores, tanto para roupas quanto para embalagens e frascos de perfumaria.
Logística Reversa	IDEIA CIRCULAR (2021)	Moda/ Acessórios	Coleta de câmaras de pneu e tecidos de guarda-chuvas
Logística Reversa	MORIYAMA, Bruna Michele <i>et al.</i> (2019)	Eletrônicos	O fabricante rastreia produtos em seu ciclo fechado de vida, assegurando o descarte do produto e a reinserção das matérias-primas em ciclo fechado.
Logística Reversa	MORIYAMA, Bruna Michele <i>et al.</i> (2019)	Eletrônicos	O consumidor devolve o seu aparelho em troca de desconto na aquisição de um novo ou pode enviar produtos entrando em contato com a empresa.
Projeto	NASCIMENTO, Daniel Luiz Mattos <i>et al.</i> (2019)	Metalúrgica	Ciclo de vida do produto; coleta seletiva de lixo; triagem de resíduos; tratamento de esgoto; impressão do produto; se necessário, montagem do produto; e venda de produtos. Por fim, os materiais passam por um processo de aquecimento, e o molde evapora sem deixar nenhum resíduo.
Projeto	KALITA, Naba Kumar <i>et al.</i> (2022)	Embalagem/ Plástico	Um fim gerenciado de vida para os materiais. Os poliésteres biodegradáveis devolvem carbono e nutrientes ao solo durante compostagem ou outros processos de biodegradação gerenciados.
Projeto	KALMYKOVA, Yuliya <i>et al.</i> (2018)	Governança	Gerenciamento de resíduos em relação à redução do aterro, maior preparação para a utilização e reciclagem, bem como a melhoria dos esquemas de responsabilidade ampliada do produtor.
Projeto	KALMYKOVA, Yuliya <i>et al.</i> (2018)	Governança	Reponsabilidade ampliada do produtor de produtos selecionados, tais como eletrônicos, baterias e embalagens.
Projeto	KALMYKOVA, Yuliya <i>et al.</i> (2018)	Governança	Institucionalização de centros de compartilhamento, reutilização e reparo de produtos.
Projeto	VOULGARIDIS, Konstantinos <i>et al.</i> (2022)	Tecnologia Digital	Plataforma digital com base em economia circular que permite a troca segura de dados entre os atores de cadeias circulares, enquanto fornece dados em tempo real para reciclagem de peças de produtos e materiais e gestão de resíduos

Projeto	VOULGARIDIS, Konstantinos <i>et al.</i> (2022)	Tecnologia Digital	Sistema adaptado para a tomada de decisões na fase de fim de vida útil, onde o sistema seleciona os materiais que podem ser reutilizados, remanufaturados ou reciclados.
Projeto	IDEIA CIRCULAR (2021)	Moda/ Calçados	Ao serem coletados e retornarem para a fábrica, os tênis são lavados por máquinas industriais, seu material é derretido e usado para formar novos componentes, transformando os materiais em insumos para novos calçados inúmeras vezes, sem perda de qualidade.
Projeto	ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (2021)	Governança	Responsabilizar importadores, exportadores, fabricantes, montadores, distribuidores e varejistas cujos produtos se tornam resíduos eletrônicos, por meio da qual um programa de devolução ou recompra pode ser implementado para cobrir os custos da gestão ambiental dos produtos ao longo de seu ciclo de vida.
Projeto	CHOJNACKA, Katarzyna <i>et al.</i> (2021)	Biológica/ Diversas	Uso de resíduos de couro para fabricação de outros produtos como: colágeno para cosméticos; fibra de couro misturando couro com fibras sintéticas e naturais para tecidos; resíduos como matéria-prima para produção de energia, por seu alto HHV; e composto preparado a partir de lodo de curtume aplicado como fertilizante.

Fonte: Autoria própria (2023)

Ao observar o Quadro 4 é possível perceber que o ciclo técnico tem um número maior de práticas ao que se refere a fase de fim de vida do produto, dentro da pesquisa realizada, visto que a necessidade de estratégias nesse ciclo tem uma necessidade maior de ser fechado, atendendo os recursos e materiais que são utilizados.

Diversos artigos encontrados sobre estratégias para a transição para uma Economia Circular são voltados à fase do início da vida do produto, como design e fabricação, sendo assim, fora do campo de estudo desta pesquisa. Dessa maneira, pôde-se perceber que as práticas que atendem ao ciclo biológico também estão compreendidas nessa fase do ciclo de vida do produto, diante deste estudo. Nesse contexto, Nascimento *et al.* (2019) destacam que a fabricação (fase de início de vida) circular traz a ideia de restauração e circularidade para substituir o conceito tradicional

de fim de vida, afirmação que traz a importância de um ciclo de vida fechado seguindo todas as metas para a transição para uma produção consciente.

Em seu artigo Morseletto (2020) fala sobre metas a serem seguidas dentro das diretrizes de EC, que seriam: Recusar (R0), Repensar (R1), Reduzir (R2), Reutilizar (R3), Reparo (R4), Recondicionamento (R5), Remanufatura (R6), Reaproveitamento (R7), Reciclagem (R8) e Recuperação (R9). O autor trata a Reciclagem como a meta menos atraente, porém mais utilizada, principalmente em estratégias de governança. As metas R3-R9 são aplicadas nas estratégias que estão no Quadro 4, essas metas tratam da fase de final de vida do produto com o objetivo de reter os produtos acabados e suas partes na economia por mais tempo, mantendo ou melhorando seu valor artigo (MORSELETTO, 2020). Segundo Morseletto (2020), a Reciclagem e Recuperação não necessariamente promovem uma EC porque as atividades de recuperação e reciclagem destroem a integridade dos produtos e não ajudam os produtos a permanecerem na economia, o que ele trata como *upcycling*, quando os materiais são convertidos em produtos de maior qualidade e igual/aumentada funcionalidade e *downcycling*, sendo o contrário e mais aplicado.

No momento em que alguns autores tratam apenas do princípio de Reduzir a matéria-prima utilizada como estratégia de circularidade, compreende ao que a *Ellen MacArthur Foundation* (2021) fala sobre a importância dos objetivos da EC estar relacionados em sua execução, ou seja, ao reduzir dentro do cenário da economia linear de forma isolada não levará à transição. Assim como outras diversas técnicas sustentáveis tratadas como práticas de EC. Por outro lado, os autores do artigo “Caminhos para a Circularidade dos Resíduos Alimentares em Áreas Urbanas”, OLIVEIRA *et al.* (2021), tiveram uma preocupação com as diretrizes da EC para tratar dos processos citados no artigo.

Como descrito por Morseletto (p.10, 2020), práticas como as apresentadas no Quadro 4 “podem facilitar a transição para um EC de várias maneiras, por exemplo, reduzindo o desperdício, fechando ciclos de produção, usando recursos de forma mais eficiente ou maximizando a retenção do valor econômico de materiais e produto”, porém ponderando os reais impactos disso para a transição, sem que os princípios de EC sejam metas realizadas separadamente em ramos isolados, tornando a lacuna entre sustentabilidade e Economia Circular ainda maior.

As estratégias de governança são as práticas que mais se aproximam da sociedade, principalmente das camadas mais pobres, devido aos seus intuítos,

geralmente, não preocupados com lucros. A governança voltada para gestão do ciclo de vida de produtos pode levar a EC a um patamar mais amplo e próximo de questões sociais.

As classes menos favorecidas estão preocupadas com sua qualidade de vida agora, da forma como conseguem, ainda que até isso seja difícil. É mais coerente que as práticas para que haja transição de uma economia devastadora, para uma economia que de alternativa para os problemas vivenciados atualmente, sejam projetadas, em grande escala, por órgãos públicos.

Apesar de haver empresas engajadas em métodos de circularidade, os produtos gerados por esses tipos de produção são muito distantes da população, em razão de limitações como alto custo ou pouca divulgação. É como se as técnicas comerciais voltadas para um futuro mais saudável para a sociedade, tivessem uma forma exclusão social por seu preço final e meio de acesso ou informação. O que é um desafio, juntamente a necessidade de mudanças de hábitos e costumes, falta de tempo ou conhecimento sobre o assunto (GALDINO; DE CARVALHO, 2019).

Por outro lado, as estratégias para o ramo de eletrônicos podem ser vistas como de extrema relevância. A geração de lixo eletrônico também está aumentando, impulsionada pelo comércio internacional, pelo consumo doméstico e durabilidade baixa (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2021). As classes responsáveis pelo maior consumo de eletrônicos tem acesso suficiente para usufruir dos projetos criados neste setor, principalmente de logística reversa como na prática descrita no Quadro 4 por MORIYAMA, *et al.* (2019), na qual o aparelho é devolvido em troca de desconto na aquisição de um novo.

Tanto os métodos como de governança, quanto os de eletrônicos, citados acima, podem ser somente técnicas de sustentabilidade, se não forem executados dentro de metas a serem alcançadas para fechar ciclos de vida de produtos.

5 Considerações Finais

A questão é que independente do que se faça com os resíduos, a produção de lixo no país é exorbitante, o que pode trazer consequências irreparáveis para o meio ambiente e para a população, apontando diversos tipos de poluição e problemas de saúde.

Ao discutir sobre uma proposta alternativa, do modelo de economia linear para uma transição para uma economia que se preocupa com as gerações futuras, é

importante reconhecer que para a transição e adaptação necessita de um longo período. As estratégias podem ser de curto prazo, a mudança é um processo. Também considerando que os produtos fabricados em produções circulares têm um custo maior devido à alta complexidade no ciclo o que caracteriza um dos desafios para a implementação de modelos de negócios circulares, ainda que essa implementação da EC no nível micro é pouco explorada e compensatória para o empreendedorismo.

Quando a circularidade é confundida com sustentabilidade todo esse processo e concretização pode ser minimizado, diminuído diante da sua profundidade socioambiental. As lacunas encontradas por este estudo dizem respeito às diferenças entre os conceitos de Sustentabilidade e Economia Circular, pontuando práticas efetivas de aplicabilidade de um ciclo fechado de produção, que pretende chegar à zero os resíduos e impactos ambientais causados por esses resíduos e pelo uso de recursos naturais como matéria-prima.

O objetivo de apontar a lacuna existente entre as práticas de Economia Circular e suas diretrizes foram alcançadas ao destacar no Quadro 4 as estratégias que seguem suas diretrizes. Assim, não há previsão para trabalhos relacionados. As 22 estratégias de EC relatadas aqui, confirmam a possibilidade de transição para uma economia de ciclos fechados, apesar de suas limitações.

REFERÊNCIAS

- ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2021, 2021**. Disponível em: < <https://abrelpe.org.br/panorama/> Acesso em: 20 ago. 2022.
- ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2022, 2022**. Disponível em: < <https://abrelpe.org.br/panorama/> Acesso em: 27 dez. 2022.
- ALBERTONI, Geórgia Infantozzi. Economia circular para a produção sustentável na cadeia de jeanswear. **VII - Congresso Brasileiro sobre Gestão do Ciclo de Vida**, p. 210-215. PORTO ALEGRE, RS, 2021. Disponível em: < https://www.ufrgs.br/qcv2020/wp-content/uploads/2021/09/ANAIS-GCV-2021_V2-vers%C3%A3o-preliminar-sem-ISBN.pdf Acesso em: 01 dez. 2022
- BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 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. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm Acesso em: 27 dez. 2022.
- CHOJNACKA, Katarzyna *et al.* Progress in sustainable technologies of leather wastes valorization as solutions for the circular economy. **Journal of Cleaner Production**, v. 313, p. 127902, 2021.
- COSENZA, José Paulo; DE ANDRADE, Eurídice Mamede; DE 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. Disponível em: < <https://doi.org/10.5585/geas.v9i1.16147> Acesso em: 20 set. 2022.
- GALDINO, Silvana de Jesus; DE CARVALHO, Maila Mirian Ferreira. Percepção ambiental quanto ao gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares: estudo de caso da cidade de Mamborê, Paraná. **InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, p. e9476-e9476, 2019.
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Circular economy in Africa: Electronics and e-waste**. 2021. Disponível em: < <https://emf.thirdlight.com/link/z1fp0exz31i0-gpg8bm/@/preview/1> Acesso em: 12 jan 2023
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, **Objetivos universais de políticas para economia circular**. 2021. Disponível em: < <https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Objetivos-universais-de-poli%CC%81ticas-para-economia-circular.pdf> Acesso em: 01 dez. 2022
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, **Rumo à Economia Circular: o racional de negócio para acelerar a transição**. 2015. Disponível em: < https://www.ellenmacarthurfoundation.org/as-sets/downloads/Rumo-a%CC%80-economia-circular_Upda-ted_08-12-15.pdf Acesso em: 18 jul 2022.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Uma Economia Circular no Brasil: Uma abordagem exploratória inicial**. 2017. Disponível em: <
https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/languages/Uma-Economia-Circular-no-Brasil_Uma-Exploracao-Inicial.pdf Acesso em: 03 out. 2022

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **The circular economy opportunity for urban and industrial innovation in China**. 2019. Disponível em: <
<https://ellenmacarthurfoundation.org/urban-and-industrial-innovation-in-china> Acesso em: 12 jan. 2023

FONSECA, Luis Miguel *et al.* Assessment of circular economy within Portuguese organizations. **Sustainability**, v. 10, n. 7, p. 2521, 2018.

GEISSDOERFER, Martin *et al.* The Circular Economy—A new sustainability paradigm?. **Journal of cleaner production**, v. 143, p. 757-768, 2017.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2010.

GONÇALVES, Taynara Martins; BARROSO, Ana Flavia da Fonseca. A economia circular como alternativa à economia linear. **Anais do XI SIMPROD**, 2019.

IDEIA CIRCULAR. **28 estudos de caso: design e inovação para a economia circular no Brasil e no mundo**. São Paulo, 2021. Disponível em: <
<https://www.ideiacircular.com/estudos-de-caso-economia-circular/> Acesso em: 16 jan 2023

KALITA, Naba Kumar; HAKKARAINEN, Minna. Integrating biodegradable polyesters in a circular economy. **Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry**, p. 100751, 2022.

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

MORSELETTO, Piero. Targets for a circular economy. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 153, p. 104553, 2020. Disponível em: <
<http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104553> Acesso em: 03 out 2023

MORIYAMA, Bruna Michele; VIANNA, Fernanda Cristina. Experiências brasileiras em economia circular: o setor de lixo eletrônico. *In: IX Simpósio de Iniciação Científica, Didática e de Ações Sociais da FEI*, 9., 2019, São Bernardo dos Campos. **Anais [...]**. São Paulo: FEI, 2019.

NASCIMENTO, Daniel Luiz Mattos; ALENCASTRO, Viviam; QUELHAS, Osvaldo Luiz Gonçalves ; CAIADO, Rodrigo Goyannes Gusmão; GARZA- REYES, Jose Arturo; ROCHA-LONA, Luis; TORTORELLA, Guilherme. Exploring Industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing context: A business model proposal. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v.

30, n. 3, p. 607-627, 2018. Disponível em: < <https://doi.org/10.1108/JMTM-03-2018-0071> Acesso em: 16 jan 2023

OLIVEIRA, Adna Caroline Vale; SILVA, Aline de Souza; MOREIRA, Ícaro Thiago Andrade. Economia Circular: Conceitos e Contribuições na Gestão de Resíduos Urbanos. **RDE-Revista de Desenvolvimento Econômico**, v. 3, n. 44, 2020. Disponível em: < <https://revistas.unifacs.br/index.php/rde/article/viewFile/6386/4005> . Acesso em: 19 jul. 2022.

OLIVEIRA, Carla Tognato de; DANTAS, Thales Eduardo Tavares; SOARES, Sebastião Roberto. Caminhos para a circularidade dos resíduos alimentares em áreas urbanas. **VII - Congresso Brasileiro sobre Gestão do Ciclo de Vida**, p. 222-227. PORTO ALEGRE, RS, 2021. Disponível em: < https://www.ufrgs.br/qcv2020/wp-content/uploads/2021/09/ANAIS-GCV-2021_V2-vers%C3%A3o-preliminar-sem-ISBN.pdf Acesso em: 01 dez. 2022

PONTES, Marco Antonio Baquedano *et al.* Resíduos Sólidos Secos Recicláveis em Condomínios Verticais de Santos-SP. **Anais do Encontro Nacional de Pós-graduação**, v. 2, n. 1, p. 71-75, 2018. Disponível em: < <https://periodicos.unisanta.br/index.php/ENPG/article/view/1552> Acesso em: 24 ago. 2022.

SOUZA, Daiane Pereira de; RUVIARO, Clandio Favarini; PIETRAMALE, Rita Therezinha Rolim; PADUA, Ariana Benites; VANZELLA, Matheus; ROSA, Carolina Obregão. Economia circular na agricultura, como ocorre na prática? Uma revisão sistemática. **VII - Congresso Brasileiro sobre Gestão do Ciclo de Vida**, p. 228-233. PORTO ALEGRE, RS, 2021. Disponível em: < https://www.ufrgs.br/qcv2020/wp-content/uploads/2021/09/ANAIS-GCV-2021_V2-vers%C3%A3o-preliminar-sem-ISBN.pdf Acesso em: 01 dez. 2022

VEIGA, Rosângela Mendanha da. Do lixão à economia circular: um salto possível? 2019. 418 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.te.2019.2170> Acesso em: 01 dez. 2022

VOULGARIDIS, Konstantinos; LAGKAS, Thomas; ANGELOPOULOS, Constantinos Marios; NIKOLETSEAS, Sotiris. IoT and digital circular economy: Principles, applications, and challenges. **Computer Networks**. Vol. 219, 2022.

WWF, **Solucionar a Poluição Plástica: Transparencia E Responsabilização**. 2019 Disponível em: < https://jornalismosocioambiental.files.wordpress.com/2019/03/plastic_report_02-2019.pdf

ZANCUL, Eduardo de Senzi. **Gestão do ciclo de vida de produtos**: seleção de sistemas PLM com base em modelos de referência. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.