

REVISÃO TEÓRICA SOBRE MODELOS DE ECONOMIA CIRCULAR

RAÍSSA HELENA PAIVA APOLINARIO

MARIA TEREZA SARAIVA DE SOUZA

FUNDAÇÃO EDUCACIONAL INACIANA (FEI) PADRE SABOIA DE MEDEIROS

Resumo

O modelo de economia circular é baseado em sistemas dinâmicos e adaptáveis, que modelam a relação com o capital natural, o equilíbrio de fluxos, de modo a mitigar as externalidades decorrente do sistema. O objetivo deste ensaio teórico é analisar os modelos de economia circular por meio de uma revisão teórica da literatura, como forma de identificar diferentes modelos, permitindo examinar possíveis debates futuros sobre o tema. Portanto, entender o modelo de economia circular e quais os principais aspectos que devem ser considerados em um diagrama de economia circular que abarque a flexibilidade e equilíbrio dos fluxos, além da taxa de regeneração e sua relação com o meio ambiente, é essencial para o sucesso de estratégias de economia circular. Ao final, apresentam-se algumas sugestões de debates futuros, como a discussão de modelos de economia circular desenvolvidos e aplicados em diferentes áreas e segmentos, considerar as complexidades e integrações de modelos que são aplicados nos diferentes níveis da economia circular e identificar principais desafios e formas de superação.

Palavras Chave

Economia Circular, Modelos de Economia Circular, Revisão Teórica da Literatura

Agradecimento a órgão de fomento

O presente estudo teve suporte da “Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES)”.

REVISÃO TEÓRICA SOBRE MODELOS DE ECONOMIA CIRCULAR

RESUMO

O modelo de economia circular é baseado em sistemas dinâmicos e adaptáveis, que modelam a relação com o capital natural, o equilíbrio de fluxos, de modo a mitigar as externalidades decorrente do sistema. O objetivo deste ensaio teórico é analisar os modelos de economia circular por meio de uma revisão teórica da literatura, como forma de identificar diferentes modelos, permitindo examinar possíveis debates futuros sobre o tema. Portanto, entender o modelo de economia circular e quais os principais aspectos que devem ser considerados em um diagrama de economia circular que abarque a flexibilidade e equilíbrio dos fluxos, além da taxa de regeneração e sua relação com o meio ambiente, é essencial para o sucesso de estratégias de economia circular. Ao final, apresentam-se algumas sugestões de debates futuros, como a discussão de modelos de economia circular desenvolvidos e aplicados em diferentes áreas e segmentos, considerar as complexidades e integrações de modelos que são aplicados nos diferentes níveis da economia circular e identificar principais desafios e formas de superação.

Palavras-chave: Economia Circular, Modelos de Economia Circular, Revisão Teórica da Literatura

1 INTRODUÇÃO

O aumento populacional mundial e conseqüentemente o crescimento da demanda por produtos resultou em um maior desenvolvimento da indústria manufatureira e em um grande impacto ambiental, sendo necessário, administrar as operações diárias a fim de controlar as emissões e os recursos limitados (PARIDA et al., 2019). Os processos de manufatura têm quantidades significativas de perda na extração dos recursos naturais, mostrando-se insustentável a longo prazo (AID et al., 2017). O modelo de economia predominante, o modelo linear, causa impactos ao meio ambiente, devido ao consumo descomedido de recursos naturais, poluição e o aumento da produção de resíduos. No modelo linear “[...] entende-se que há uma oferta ilimitada de recursos naturais e que o ambiente tem uma capacidade ilimitada de absorver resíduos e poluição” (COOPER, 1999, p. 10, tradução nossa). A economia linear é um sistema unidirecional, desde a extração de capital natural, geração e descarte inadequado de resíduos na cadeia de valor e pós-consumo, na transformação de recursos naturais em produtos manufaturados (MURRAY; SKENE; HAYNES, 2017).

Os efeitos desfavoráveis provenientes do modelo linear ameaçam a estabilidade dos ecossistemas naturais globais, pois são escassas as práticas de mercado que consideram os bens públicos, como a qualidade do ar, água e florestas (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016). Desta forma, o saldo do consumo de capital natural do planeta não está fechando, ou seja, gasta-se mais recursos naturais em processos manufatureiros do que o ecossistema natural é capaz de repor (EMF, 2012). Logo, ocasiona-se efeitos negativos e cumulativos para o ecossistema, tais quais, esgotamento do capital natural, degradação à biosfera e alterações climáticas (DE JESUS; MENDONÇA, 2018). Como uma alternativa para este cenário, o modelo de Economia Circular minimiza os impactos ambientais, reduz a extração de recursos utilizados na manufatura, de modo a diminuir o desperdício do processo e da vida útil do produto (MURRAY; SKENE; HAYNES, 2017).

O conceito de economia circular e suas práticas apresentam-se como uma alternativa a este modelo de “*take, make and dispose*” (KORHONEN et al., 2018). A economia circular é uma solução que concilia o crescimento econômico com a proteção e conscientização ambiental (LIEDER; RASHID, 2016), desassociando o paradigma do crescimento econômico com o esgotamento de recursos (DE JESUS et al., 2019; SUÁREZ-EIROA et al., 2019). Logo o momento de alteração entre modelos é impulsionado: pelo desgaste do modelo linear, devido a

fatores como o aumento da conscientização e mobilização do consumidor em relação aos impactos dos produtos, principalmente em redes sociais; pelo avanço tecnológico em diversas áreas, principalmente na área de cadeia de suprimentos; pela volatilidade dos preços e disponibilidade de recursos; pelo atingimento do limite da eficiência nos processos de fabricação; e pelo risco das cadeias globais (EMF, 2012; EMF 2013).

A economia circular é vista como um conceito guarda-chuva a fim de compreender a gestão de resíduos e recursos, sendo definido quando se utiliza um conjunto de conceitos já existentes, não relacionados anteriormente, conectando partes destes conceitos e resultando em um novo conceito (BLOMSMA; BRENNAN, 2017). A principal motivação da economia circular é a compreensão de que o aproveitamento dos recursos pode ser otimizado e os resíduos e emissões no sistema reduzidos através da circularidade (GEISSDOERFER et al., 2017). É uma estratégia focada na interconexão das cadeias de recursos e energia para adquirir um conjunto de medidas-chave que aplicados à um circuito fechado de produção (MA et al., 2015) realiza a projeção do produto desde a fabricação até o descarte pós-consumo. É uma forma de promover o debate de novos modelos de negócios inovadores, não apenas na academia, mas também, na literatura de negócios e na criação de políticas públicas (MORAGA et al., 2019; MURRAY; SKENE; HAYNES, 2017).

A economia circular está em evidência em agendas políticas, por meio de pacotes de incentivo governamental ou por regulamentação, principalmente na União Europeia (EU) - *EU Circular Economy Package* (2015) (VELENTURF et al., 2019), na China com a lei *Circular Economy Promotion Law* (2009) – objeto de metas de políticas oficiais (DE JESUS; MENDONÇA, 2018; GENG et al., 2012) e na Holanda (KORHONEN; HONKASALO; SEPPÄLÄ, 2018), entre outros. A Fundação *Ellen MacArthur* é precursora na conceitualização (LEWANDOWSKI, 2016), estruturação (SUÁREZ-EIROA et al., 2019) e disseminação do conceito e do modelo de economia circular para os diversos agentes, entre eles os formuladores de políticas, organizações privadas e pesquisadores da academia (GEISSDOERFER et al., 2017). Há um consenso na literatura de autores que corroboram a Fundação *Ellen MacArthur* como base para as definições e os princípios da economia circular (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016; KALMYKOVA; SADAGOPAN; ROSADO, 2018; KIRCHHERR; REIKE; HEKKERT, 2017; KORHONEN et al., 2018; MILLAR; MCLAUGHLIN; BÖRGER, 2019; MURRAY; SKENE; HAYNES, 2017) como um ator essencial no tema (DE JESUS; MENDONÇA, 2018; GEISSDOERFER et al., 2017; KORHONEN; HONKASALO; SEPPÄLÄ, 2018; LEWANDOWSKI, 2016; MORAGA et al., 2019; STEWART; NIERO, 2018).

A Fundação *Ellen MacArthur* (EMF, 2012 e 2013) atribui a origem do conceito geral de economia circular fundamentado e desenvolvido por meio de um conjunto de escolas de pensamento: *Design Regenerativo*, *Performance Economy*, *Cradle to Cradle*, *Ecologia industrial*, *Biomimética* (EMF, 2012), *Economia Azul e Permaculture* (EMF, 2013). O conceito é influenciado por diferentes escolas de pensamentos, o que requer uma visão de todo o sistema (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016). Nesta mesma linha, outros autores afirmam que o conceito de economia circular possui influência de diversas escolas de pensamento além das apresentadas no relatório da fundação *Ellen MacArthur*, sendo elas: 3Rs (BASSI; DIAS, 2019; GENG et al., 2012; GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016; MURRAY; SKENE; HAYNES, 2017; PARIDA et al., 2019; RANTA et al., 2018; SUÁREZ-EIROA et al., 2019; TURA et al., 2019), 4Rs (HU et al., 2011; KIRCHHERR; REIKE; HEKKERT, 2017), *Cradle to Cradle* (BASSI; DIAS, 2019; KORHONEN; HONKASALO; SEPPÄLÄ, 2018; MATHEWS; TAN, 2011; MILLAR; MCLAUGHLIN; BÖRGER, 2019; SUÁREZ-EIROA et al., 2019), ecologia industrial (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016; KALMYKOVA; SADAGOPAN; ROSADO, 2018; KORHONEN et al., 2018; MILLAR; MCLAUGHLIN; BÖRGER, 2019; MURRAY; SKENE; HAYNES, 2017; RANTA et al., 2018; REIKE;

VERMEULEN; WITJES, 2018; VELEVA; BODKIN, 2018), ecoeficiência (KORHONEN; HONKASALO; SEPPÄLÄ, 2018; MA et al., 2015; MILLAR; MCLAUGHLIN; BÖRGER, 2019), economia ambiental (MILLAR; MCLAUGHLIN; BÖRGER, 2019), simbiose industrial (KORHONEN et al., 2018; KORHONEN; HONKASALO; SEPPÄLÄ, 2018; MATHEWS; TAN, 2011; MURRAY; SKENE; HAYNES, 2017; RANTA et al., 2018), economia compartilhada (KORHONEN et al., 2018; RANTA et al., 2018), economia do desempenho (KALMYKOVA; SADAGOPAN; ROSADO, 2018), Produção Mais Limpa (DE JESUS et al., 2019; KORHONEN; HONKASALO; SEPPÄLÄ, 2018; REIKE; VERMEULEN; WITJES, 2018; SUÁREZ-EIROA et al., 2019), desperdício zero (SUÁREZ-EIROA et al., 2019), entre outras.

A fragmentação do campo de economia circular, devido a fundamentação em diferentes escolas de pensamento, limita a compreensão dos fatores determinantes e das barreiras para a difusão de um modelo de economia circular (RANTA et al., 2018). A transição para um modelo de economia circular apresenta-se como desafiante, pois é necessário estudos sobre a implementação de novos modelos de negócios e a forma que afetam os diferentes setores econômicos. O conceito de economia circular está intimamente ligado a setores específicos, como gestão de resíduos e recursos (GENTE; PATTANARO, 2019). Os estudos referentes aos modelos de negócios circulares não são tratados com tanta frequência na literatura sobre o tema. Assim, identifica-se como lacuna de pesquisa a falta de replicabilidade dos modelos de negócios circulares para as organizações (LEWANDOWSKI, 2016). Desta forma, o objetivo deste ensaio teórico é analisar os modelos de economia circular por meio de uma revisão teórica da literatura, permitindo examinar possíveis debates futuros sobre o tema.

2 FUNDAMENTAÇÃO E DISCUSSÃO

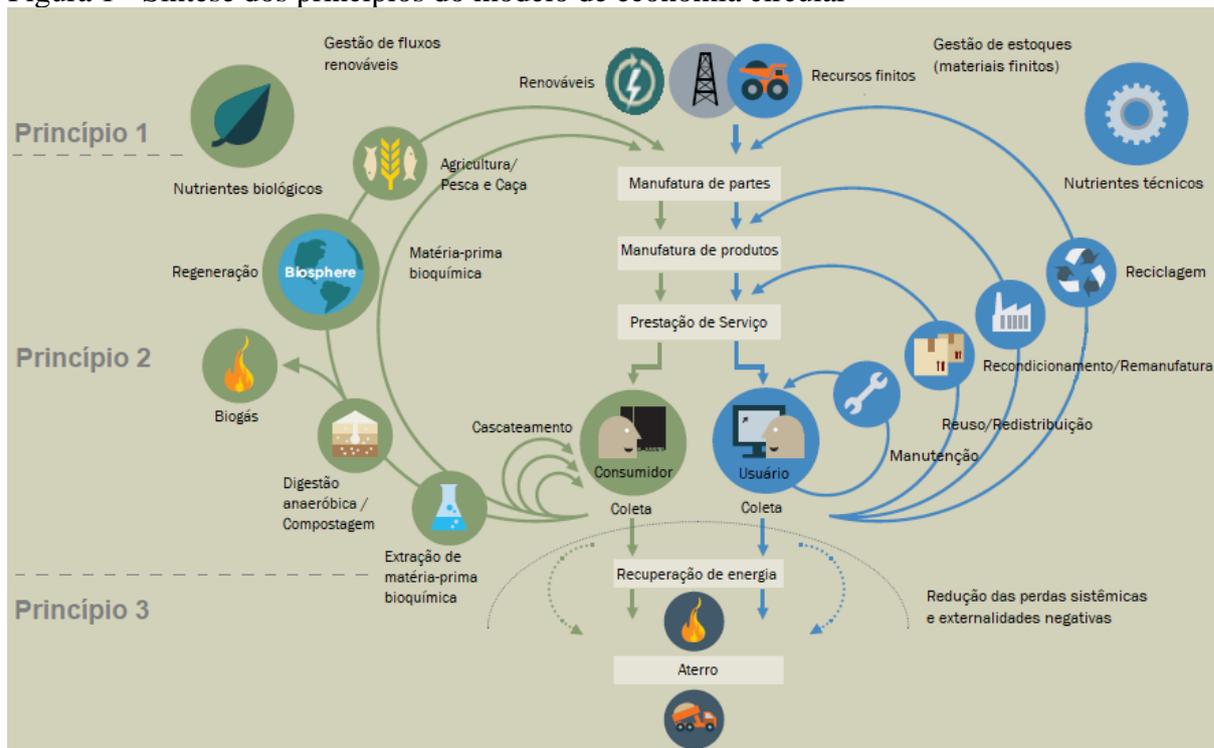
Esta seção discorre sobre a definição e estrutura de modelos da economia circular, fundamentações teóricas sobre o tema, como forma de construir uma compreensão do assunto e identificar possíveis discussões futuras.

2.1 Modelo Original da Fundação *Ellen MacArthur*

Economia circular é um modelo de sistema industrial regenerativo por design, desde a concepção do produto à substituição do conceito de 'fim de vida' de um produto por meio da restauração e reutilização (EMF, 2012). A economia circular oferece um modelo econômico regulado pelas leis da natureza, ou seja, o consumo do sistema deve estar dentro da capacidade de reposição do ecossistema, por meio do reaproveitamento de fluxos de materiais e energias (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016). Um dos objetivos da economia circular é reparar os danos causados à biosfera além de manter uma abordagem preventiva, isto é, com a redução da poluição, o fechamento de ciclos e a reflexão da forma de design, são pontos que justificam o motivo da economia circular ser descrita como regenerativa e restaurativa (MURRAY; SKENE; HAYNES, 2017).

As características principais que descrevem a economia circular são: i) a necessidade de planejar os resíduos, desde seu ponto inicial até o pós-consumo, eliminando os resíduos e otimizando os ciclos de remanufatura e reutilização; ii) a diversidade para trazer resiliência ao processo, uma vez que a versatilidade, adaptabilidade e modularidade auxiliam no melhor equilíbrio das escalas de negócio; iii) a utilização de energias renováveis para abastecimento dos ciclos, para agregar mais resiliência ao sistema por meio da diminuição do uso de recursos não renováveis e preservação do capital natural; iv) o pensamento sistêmico, considerando todas as partes interessadas que estão fortemente relacionadas; e v) a transparência na divulgação das externalidades negativas para refletir o custo total no preço do produto (EMF, 2012; EMF, 2015).

Figura 1 - Síntese dos princípios do modelo de economia circular



Fonte: Adaptado de EMF, 2012 e EMF, 2015

O primeiro princípio visa a preservação e desenvolvimento do capital natural, por meio da gestão de estoques finitos e de fluxo de recursos renováveis, incentivando a regeneração do sistema através dos fluxos de nutrientes dentro do sistema. Deve-se selecionar os recursos que melhor atendem ao projeto, assim como o processo e tecnologia mais eficaz, sendo possível criar a recirculação de materiais posteriormente pelo sistema (EMF, 2015). O segundo princípio visa otimizar o rendimento dos ciclos da economia circular, tanto o biológico como o técnico, pois a contribuição para a economia advém da circularidade dos materiais e recursos. O ideal é preservar a energia e valor dos materiais na utilização dos ciclos mais próximos, estendendo a vida útil do produto maximizando o número de ciclos e o tempo gasto em cada um (EMF, 2015). O terceiro princípio visa o gerenciamento das externalidades negativas do sistema, promovendo a eficácia do sistema, englobando a redução de danos a ecossistemas, a sociedade, mitigando a poluição, melhorando o uso da terra, a poluição do ar, da água e da gestão de resíduos (EMF, 2015).

Os princípios reguladores da economia circular auxiliam na manutenção dos ciclos do sistema, além de evitar perdas desnecessárias (EMF, 2014), alinhando-se as características principais da economia circular e auxiliando na manutenção da circularidade de outros objetivos do modelo de negócio circular. É importante salientar que os princípios atuam como norteadores de ação (EMF, 2015), para implementação e transição do modelo linear para o modelo circular.

2.1.1 Princípio 1: Gestão de fluxos renováveis e materiais finitos

As taxas de extração dos fluxos do sistema devem estar dentro do limite regenerativo do ecossistema, para fluxos renováveis, já para os recursos limitados, o consumo deve ser reduzido e de preferência sua taxa de exploração deve ser menor que a taxa da criação de recursos renováveis substitutos. Os recursos não renováveis necessitam de capital humano em sua transformação para reincorporar o sistema econômico (SUÁREZ-EIROA et al., 2019),

sendo estes um dos fatos que reforça a importância de redução e se possível extinção do uso de recursos não-renováveis no sistema.

É na fase do *design* que os resíduos são evitados, pois é o design que estabelece 80% dos impactos ambientais durante o ciclo de vida do produto (VELENTURF et al., 2019), sendo necessário priorizar aspectos de forma a considerar os materiais, a forma de utilização, o processo, quais energias utilizadas e como será feito após o uso deste produto. A escolha de um material que possa ter seus nutrientes naturais novamente assimilado ao ecossistema, ou em último caso que seja facilmente reciclado, é essencial, pois auxiliará na construção de produtos duradouros para mitigar o uso de novos recursos para produção, evitando impactos negativos ao ecossistema e seu colapso devido a retirada excessiva de capital natural (MURRAY; SKENE; HAYNES, 2017).

A economia circular é vista como uma forma de mitigar a geração de resíduos e desacoplar o crescimento econômico do uso de recursos naturais, por meio do fechamento dos ciclos, o *design* consciente dos produtos visando a extensão da sua vida útil e preservação do capital natural para a maximização do ecossistema (MORAGA et al., 2019). Em complemento, a economia circular apresenta-se como uma alternativa para a recuperação de materiais visando o retorno ao sistemas de produção por meio do *design* - planejar os resíduos futuros dos produtos e a poluição dos processos (TAM; SOULLIERE; SAWYER-BEAULIEU, 2019).

Assim, a economia circular cria um equilíbrio para otimizar o nível de ciclos fechados necessários para o sistema, de forma a gerar a mínima extração de recursos virgens, mitigando o desperdício e otimizando a utilização de fontes de energias renováveis. A utilização de combustíveis fósseis, por exemplo, interrompe a capacidade de fechamento de ciclos, gerando a necessidade de alto volume de extração de recursos naturais não renováveis para geração de energia (MILLAR; MCLAUGHLIN; BÖRGER, 2019). A dinâmica do uso da terra e do clima é delicada, a redução na biodiversidade causada pela mudança do uso do solo, por meio de desmatamentos e retirada excessiva de nutrientes, resulta em impactos sobre o fluxo de água e no ciclo de elementos bioquímicos importantes para a biosfera (EMF, 2017a), dado isso, é importante ressaltar a importância do gerenciamento de recursos naturais – matérias-primas e energias - a fim de manter o equilíbrio do ecossistema.

Desta forma, o gerenciamento de energia e água do sistema é realizado por meio do fechamento do fluxo de recursos renováveis de tal forma a eliminar as perdas no transporte de energia, reaproveitar e reciclar a energia (GITELMAN et al., 2019). A gestão de recursos renováveis energéticos deve-se a ameaça da garantia de segurança energética, ou seja, falha no fornecimento ininterrupto de recursos energéticos - tradicionalmente combustíveis fósseis - a um preço acessível, fez com que as indústrias investissem em avanços tecnológicos e equipamentos de produção de forma a aumentar o abastecimento de energia, que atendessem as demandas de produtividade e que reduzissem o impacto negativo ao meio ambiente (PROSKURYAKOVA; ERMOLENKO, 2019).

2.1.2 Princípio 2: Ciclos biológicos e técnicos

O realinhamento das práticas atuais em dois ciclos, biológicos e técnicos, é importante para a economia circular, pois são estes ciclos que permitem reaproveitar os materiais e retroalimentar todo o sistema, a fim de evitar uso de novos recursos e de equalizar as demandas do ecossistema natural. É por meio deste conjunto de fluxos de materiais e energia que a economia circular reduz o consumo de insumos virgens como *inputs* para o sistema e diminui principalmente a saída de resíduos e emissões do sistema, por meio da projeção dos resíduos pós-consumo dos produtos e processos (KORHONEN et al., 2018).

A circularidade do sistema é mantida por meio de dois fluxos principais, biológico e técnico, o primeiro ciclo possui os nutrientes que podem ser retornados ao ecossistema, o segundo ciclo reaproveita os nutrientes técnicos pela reutilização (EMF, 2012). A criação de

valor se dá por meio da aplicação do conjunto de fluxos, concentrando-se na busca por conservar o valor para os mesmos fluxos de materiais ou para o próximo fluxo (EMF, 2013), de forma a valorizar ciclos curtos e locais. A questão do fluxo deve ser central para os ciclos, pois as soluções locais e de fácil adaptação possuem menor impacto ambiental do que soluções globais e complexas (MURRAY; SKENE; HAYNES, 2017).

O fluxo de materiais biológicos, ou biogeoquímico, foi afetado pelas atividades da economia linear, um dos principais objetivos da economia circular é restaurar o equilíbrio deste fluxo (MURRAY; SKENE; HAYNES, 2017), de forma a retornar os nutrientes para o ecossistema e assim evitar o uso excessivo de novos recursos, equilibrando a extração com conservação. O ciclo de nutrientes biológico possui um fluxo de materiais renováveis, que podem ser devolvidos ao ecossistema natural sem causar efeitos negativos, sendo regenerados pelo sistema (EMF, 2015). O extravio de valor do ciclo biológico ocorre quando se perde a oportunidade para maximizar o período de uso dos nutrientes em cascata e quando ocorre a contaminação dos nutrientes impossibilitando seu retorno à biosfera (EMF, 2014).

O fechamento do ciclo de nutrientes biológicos é a aplicação de resíduos que seriam descartados havendo a perda de seu valor em insumos para a agricultura regenerativa, de forma a restaurar e fortalecer o capital natural por meio da devolução destes materiais ao ecossistema (EMF, 2017b). A retirada excessiva de biomassa e o não retorno destes nutrientes ao solo, gera a necessidade de cada vez mais fertilizantes sintéticos, sendo que esta perda de capital natural amplifica as externalidades negativas ao biociclo atual (EMF, 2017a).

O biociclo é a conversão de recursos biológicos renováveis, utilizados como cascata de nutrientes no sistema, em valor agregado para a biosfera, por meio de produtos de base biológica, bioenergia e insumo para outros processos produtivos (EMF, 2017a). Como modelo ilustrativo do ciclo biológico, a indústria florestal nacional da Finlândia produz emissões de CO₂, porém estas emissões são compensadas pelas florestas que agem como um sumidouro de carbono, em que as cinzas da combustão advinda de biomassa para esta indústria é utilizada como fertilizantes para as florestas que neutralizam este CO₂ criado (KORHONEN; HONKASALO; SEPPÄLÄ, 2018).

No ciclo técnico, o gerenciamento de materiais finitos, que não podem ser retornados como nutrientes à biosfera (EMF, 2015), propicia a mentalidade para a ampliação da duração dos ciclos. Os princípios dos 3Rs podem ser integrados pelos três princípios da economia circular desenvolvidos no relatório da Fundação *Ellen MacArthur* (2012), esta relação entre estes dois conceitos aparece com frequência na literatura, apesar da Fundação não citar esta escola de pensamento como base da economia circular (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016).

O planejamento dos ciclos é essencial para o equilíbrio do modelo de economia circular, pois auxilia na manutenção do ciclo e evita extravios, que ocorrem quando há perda de materiais, mão de obra e energia, sem preservar seu valor por meio da renovação do material nos ciclos de remanufatura, reutilização, reciclagem, entre outros (EMF, 2014). A etapa de reciclagem possui diversos problemas e falhas, como por exemplo, a identificação do tipo de material utilizado no produto, a separação destes materiais, evitar a contaminação cruzada advinda desta mistura de materiais, transporte e distribuição para o mercado - logística e logística reversa, sendo pontos importantes para serem avaliados durante os *trade-offs* - consideração entre a complexidade e a funcionalidade do produto - no *design* do produto e processo (TAM; SOULLIERE; SAWYER-BEAULIEU, 2019).

2.1.3 Princípio 3: Gerenciamento das externalidades

O terceiro princípio do modelo de economia circular trata das externalidades geradas pelo sistema. A externalidade é um efeito significativo resultante de uma atividade cuja consequências impactam agentes não produtores destas atividades, podem ser negativas ou

positivas, sendo a primeira quando ocorre prejuízos aos agentes externos e positiva quando resulta em benefícios (KANDA et al., 2019).

Assim, seu principal objetivo é a geração da eficácia do sistema, identificando e projetando as possíveis externalidades negativas advindas do sistema, além de exaltar as oportunidades que criam as externalidades positivas, de forma a divulgar e transparecer as externalidades através da precificação de produtos e serviços (EMF, 2015). Uma vez que as externalidades serão transmitidas para o preço final do produto, resultado da transparência advinda deste princípio, ocorrerá a maior valorização de iniciativas de impacto ambiental positivo. Logo, os custos de produção serão equalizados e, conseqüentemente, aumentará a aceitação do modelo de economia circular.

Portanto, a economia circular oferece maior valor ao sistema total, através do cascadeamento, mantendo o material por mais tempo dentro do sistema, logo, reaproveitando o seu valor ao invés de perder valor com técnicas como reciclagem (KORHONEN et al., 2018), incineração ou descarte em aterros. Os ciclos internos demandam menor energia e recursos, sendo bem mais econômicos que os ciclos externos. Dessa forma é importante maximizar o tempo que o recurso percorre dentro dos ciclos internos (KORHONEN; HONKASALO; SEPPÄLÄ, 2018). Quanto maior o tempo que um produto se mantiver em um ciclo ou estado, maior será o potencial de economia em relação as ações aplicadas no material e menor será as externalidades associadas a ele, como emissões de gases de efeito estufa, gasto de água, toxicidade, entre outros (EMF, 2012). Por este motivo, é necessário entender que a reciclagem, a disposição em aterros e a incineração são as últimas opções do sistema de ciclos, sendo recomendado que estas medidas sejam evitadas.

Deste modo, uma forma de internalizar as externalidades geradas pelos processos manufatureiros, é a utilização de combinações de políticas para a transição de modelos de economia, por meio de instrumentos de comando e controle e incentivo de mercado, como forma de estimular e conscientizar a respeito do melhor modelo de utilização e conservação do capital natural (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016).

Quadro 1 – Síntese dos princípios do modelo de economia circular

Categoria	Subcategoria	Definição	Autores
Princípio 1	Design	Planejar o produto escolhendo os materiais mais adequados e os processos mais eficazes, de modo a manter pelo maior tempo possível o valor e a utilidade do produto para o sistema. A principal fase do planejamento dos resíduos futuros.	EMF, 2015; GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016; KIRCHHERR; REIKE; HEKKERT, 2017; JESUS et al., 2019; SUÁREZ-EIROA et al., 2019; VELENTURF et al., 2019; TAM; SOULLIERE; SAWYER-BEAULIEU, 2019; REIKE; VERMEULEN; WITJES, 2018; MORAGA et al., 2019
	Equilíbrio e conservação do capital natural	Estimular a regeneração do sistema por meio dos fluxos de nutrientes retornáveis ao sistema, sendo necessário o equilíbrio entre as taxas de extração do capital natural e a taxa de regeneração. Além da utilização de recursos renováveis – energias e materiais.	EMF, 2015; GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016; MURRAY; SKENE; HAYNES, 2017; MILLAR; MCLAUGHLIN; BÖRGER, 2018; KORHONEN et al., 2018; SUÁREZ-EIROA et al., 2019; JESUS et al., 2019; TAM; SOULLIERE; SAWYER-BEAULIEU, 2019; MORAGA et al., 2019
	Gestão de materiais finitos	Planejar e equilibrar o fluxo de materiais finitos, de forma a utilização apenas quando necessário, sendo importante a sua comunicação com o ciclo técnico e o reaproveitamento dos materiais ao longo do sistema.	EMF, 2015; GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016; MURRAY; SKENE; HAYNES, 2017; MILLAR; MCLAUGHLIN; BÖRGER, 2018

Princípio 2 Ciclo Biológico	Reincorporação dos nutrientes na biosfera	Promover a reintegração dos resíduos de nutrientes biológicos ao ecossistema, de uma maneira segura, a fim de reaproveitá-los como matéria-prima regenerada.	EMF, 2014; EMF, 2015; MURRAY; SKENE; HAYNES, 2017; KORHONEN et al., 2018
	Cascadeamento biológico	Projeção dos produtos com a finalidade de serem consumidos ou metabolizados pelo sistema de todas as formas, a fim de gerar novos valores de recursos, aproveitando a oportunidade de extrair valor adicional de produtos que seriam descartados.	EMF, 2014; EMF, 2013; EMF, 2015
Princípio 2 Ciclo Técnico	Maximização do valor do produto	Projetar o número de ciclos consecutivos do material, prolongando a sua vida útil e otimizando sua reutilização no sistema, de forma a maximizar o seu valor no sistema.	EMF, 2012; EMF, 2015; KORHONEN et al., 2018
	Cascadeamento Hierárquico	O uso de ciclos internos seguindo uma ordem de priorização de processos, do ciclo mais apertado sempre que possível, ou seja, mais próximo ao processo original, pois resulta na preservação de mais energia incorporada e mantém o valor do produto. Desta forma prefere-se o uso da manutenção ao invés da reciclagem, pois a utilização de energia neste novo processo é mínima, o produto retorna ao fluxo principal sem perder qualidade e valor, propriedades que se alteram no processo de reciclagem.	EMF, 2013; EMF, 2015; MURRAY; SKENE; HAYNES, 2017; REIKE; VERMEULEN; WITJES, 2018; SEHNEM et al., 2019; MORAGA et al., 2019
Princípio 3	Gerenciamento das externalidades positivas	Identificar e projetar as oportunidades de benefício decorrentes do processo à terceiros que não estejam envolvidos na atividade, por meio da promoção da eficácia do sistema de produção.	EMF, 2015; KANDA et al., 2019
	Gerenciamento das externalidades negativas	Identificar e projetar os prejuízos decorrentes do processo à terceiros que não estejam envolvidos na atividade, por meio da promoção da eficácia do sistema de produção de forma a mitigar estas externalidades negativas.	EMF, 2012; EMF, 2015; GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016; KANDA et al., 2019

Fonte: Autora

O modelo de economia circular é baseado em sistemas vivos, dinâmicos e adaptáveis, que modelam a reação de desperdício e recursos, oferecendo assim uma descrição de como o sistema deve funcionar, na forma de um guia para a criação de valor (EMF, 2013), por meio do gerenciamento de recursos renováveis e finitos, a divisão do sistema em dois ciclos - técnico e biológico, para assim administrar e mitigar as externalidades decorrente do sistema.

2.2 Níveis de implantação de Modelos Circulares

O principal objetivo dos ciclos na economia circular é o equilíbrio de fluxos de recursos e valores, sendo um dos principais desafios na implementação do modelo. Os estudos sobre economia circular na literatura apresentam duas vertentes, sendo elas: i) um sistema de implementação em níveis diferentes, como regional, local, nacional e global; e ii) a implementação na perspectiva de setores, produtos e materiais (KALMYKOVA; SADAGOPAN; ROSADO, 2018). Para que ocorra uma mudança sistemática completa, é necessário que a pesquisa sobre a economia circular seja tratada em todos os níveis de estudo, do individual ao global (KORHONEN et al., 2018).

Portanto, estes três níveis de aplicação – micro, meso e macro (SUÁREZ-EIROA et al., 2019), explicam a forma de mudança sistêmica que a economia circular pode proporcionar

(KIRCHHERR; REIKE; HEKKERT, 2017). Deste modo, para entender os fatores que impactam a implementação da economia circular, como modelo de negócio, se faz necessário compreender os diferentes níveis de aplicação e quais suas principais atividades (STEWART; NIERO, 2018), de forma a compreender como influenciam durante a execução do modelo de economia circular. O Quadro 2 apresenta a definição de cada nível e seus principais autores.

Quadro 2 - Definição dos níveis de implantação do modelo de Economia Circular

Nível	Definição	Autores
Micro	É implementado em nível organizacional, por meio do incentivo de projetos ecológicos e práticas internas. Baseado em princípios dos 3R's, <i>ecodesign</i> , minimização de resíduos e produção mais limpa. Com foco, principalmente, nos dois primeiros.	GENG; DOBERSTEIN, 2008; MATHEWS; TAN, 2011; YONG, 2007; GENG et al., 2012; KIRCHHERR; REIKE; HEKKERT, 2017; MURRAY; SKENE; HAYNES, 2017; MORAGA et al., 2018; ORMAZABAL et al., 2018; SUÁREZ-EIROA et al., 2019; KALMYKOVA; SADAGOPAN; ROSADO, 2018
Meso	Aplicado ao nível de <i>clusters</i> industriais, ou seja, criação de rede eco-industrial entre os componentes do cluster, por meio da construção de infraestruturas compartilhadas, para fluxo de recursos - energia, gás e água, ocasionando benefícios ambientais mútuos para todos os agentes envolvidos no sistema de rede.	MATHEWS; TAN, 2011; YONG, 2007; GENG et al., 2012; KIRCHHERR; REIKE; HEKKERT, 2017; MURRAY; SKENE; HAYNES, 2017; MORAGA et al., 2018; ORMAZABAL et al., 2018; SUÁREZ-EIROA et al., 2019; KALMYKOVA; SADAGOPAN; ROSADO, 2018
Macro	Aplicado ao nível regional, nacional e global, promovendo as eco-cidades. Por meio de incentivos econômico e administrativo voltados a criação de uma sociedade orientada para a conservação, com incentivo a práticas de agricultura ecológica, fomento de campanhas orientadas para o consumo ambientalmente consciente e criação de comunidades verdes.	MATHEWS; TAN, 2011; GENG; DOBERSTEIN, 2008; YONG, 2007; GENG et al., 2012; KIRCHHERR; REIKE; HEKKERT, 2017; MURRAY; SKENE; HAYNES, 2017; MORAGA et al., 2018; ORMAZABAL et al., 2018; SUÁREZ-EIROA et al., 2019; KALMYKOVA; SADAGOPAN; ROSADO, 2018

Fonte: Autora

A economia circular ocasiona mudanças fundamentais em diversos níveis (KIRCHHERR; REIKE; HEKKERT, 2017), sendo que cada um destes níveis abarca uma escala principal, como por exemplo: i) no nível micro, o enfoque é um conjunto de atividades de nível corporativo, sendo a produção mais limpa sua principal atividade significativa reconhecida na literatura (GENG; DOBERSTEIN, 2008); ii) no nível meso, o aspecto é considerar a cadeia de valor do produto, considerando todos os agentes econômicos envolvidos (MATHEWS; TAN, 2011; ORMAZABAL et al., 2018), tendo como principal atividade a simbiose industrial (MORAGA et al., 2019) para compartilhar recursos entre os membros dos clusters (MATHEWS; TAN, 2011); e iii) no nível macro, com perspectiva regional e global, tem em vista as eco-cidades (MURRAY; SKENE; HAYNES, 2017), com a cultura do reaproveitamento e reciclagem, agricultura e consumo ecológico (YONG, 2007).

A aplicação em níveis do modelo de economia circular, abrangem duas principais áreas, produção e consumo que objetivam a circulação dos materiais e recursos pelo sistema (YONG, 2007). As regulamentações e incentivos institucionais podem influenciar e promover a aplicação do modelo de economia circular pelos três níveis considerando a abordagem das duas principais áreas, considerando a estratégia escolhida (GENG et al., 2012). Deste modo, verifica-se que tantos os princípios da economia circular como os níveis de aplicação dos modelos acrescentam complexidade e novos desafios para a integração de recursos e planejamento de modelos de economia circular.

2.3 Modelos de Economia Circular

Há modelos que complementam o modelo de economia circular da fundação *Ellen MacArthur*, que se originam dos objetivos da economia circular. Um desses modelos apresenta sete princípios operacionais e é dividido em três categorias: i) operacional-alvo, representa os objetivos da economia circular; ii) operacional fundamental, representa a essência da economia circular, sendo cruciais para a execução do modelo; e iii) operacionais transversal, auxilia para a melhor execução do modelo (SUÁREZ-EIROA et al., 2019).

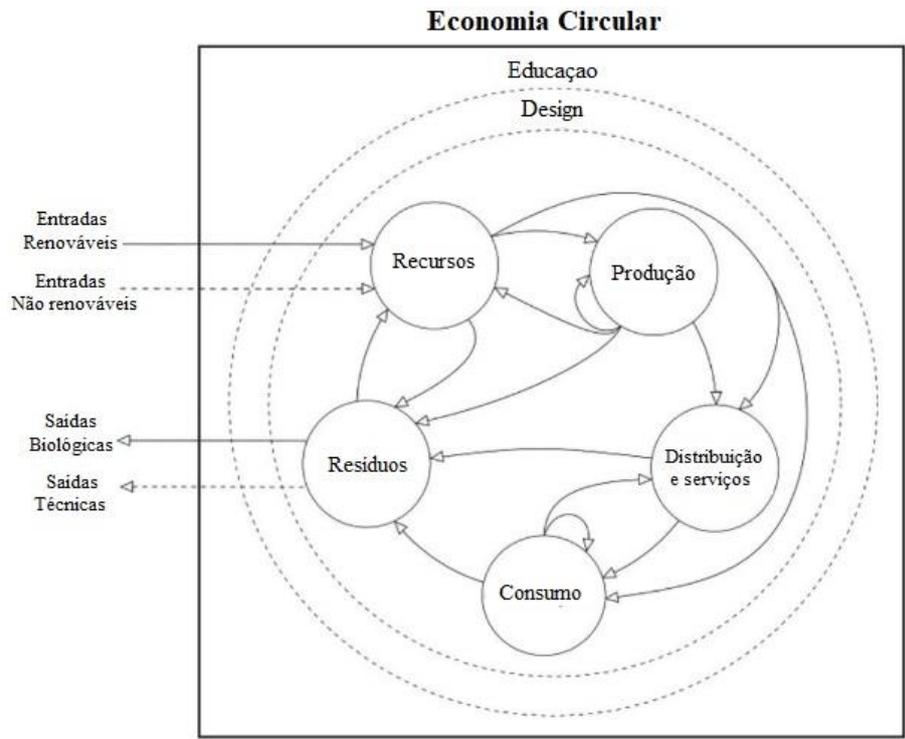
Sendo a categoria operacional-alvo dividida em dois princípios: regulação das taxas de entradas e taxas de saídas do modelo de economia circular, de forma a gerir os recursos renováveis para atender as taxas de regeneração do ecossistema e os não renováveis para a mitigação e eliminação do uso deste materiais considerando as taxas de absorção do ecossistema (SUÁREZ-EIROA et al., 2019). Esta adaptação de taxas propostas pela categoria operacional-alvo combina-se com os princípios da economia circular proposto pela EMF (2012) de preservar o desenvolvimento do capital natural do ecossistema e na projeção de resíduos pós-consumo, que auxiliam tanto na retirada de insumos como na disposição de materiais pós-consumo.

A categoria operacional fundamental foi dividida em três princípios, que demonstram a natureza do modelo de economia circular, sendo eles: i) o fechamento do sistema que significa a conexão da fase de gestão dos resíduos pós-consumo à fase de aquisição de insumos; ii) preservação do valor do recurso no sistema, por meio do cascadeamento do recurso em diversos estágios da manufatura, tentando manter no ciclo mais próximo ou aprimorar a durabilidade do produto pelo usuário; iii) redução da quantidade de recursos que circulam no sistema, por meio da mudança da sociedade e extensão da responsabilidade compartilhada entre os *stakeholders*, ou seja, produzir e consumir produtos mais sustentáveis (SUÁREZ-EIROA et al., 2019).

Por fim, a categoria operacional-transversal dividiu-se em dois princípios importantes que ajudam a promover o sucesso do modelo, sendo eles: i) design, que está presente em diversas fases do modelo de economia circular, desde a projeção de produtos sustentável, como insumo do modelo, de forma que utilize materiais não tóxicos e que possua modularidade para ser facilmente recuperável em outros ciclos de processos, impactando em uma melhor forma de destinação pós-consumo; e ii) a educação como forma de mobilizar a mudança do paradigma na base estrutural social e econômica (SUÁREZ-EIROA et al., 2019).

A grande contribuição dos autores é a compreensão de princípios operacionais transversais que englobam e auxiliam no sucesso do modelo de economia circular como um todo, conforme observado na Figura 2, além de simplificar e operacionalizar o modelo de economia circular para auxiliar na implementação em diversa escalas, pois o modelo da fundação *Ellen MacArthur* é macro, apresentando uma complexidade para a aplicação em outros níveis.

Figura 2 - Modelo de economia circular aplicando os princípios operacionais e princípios básicos

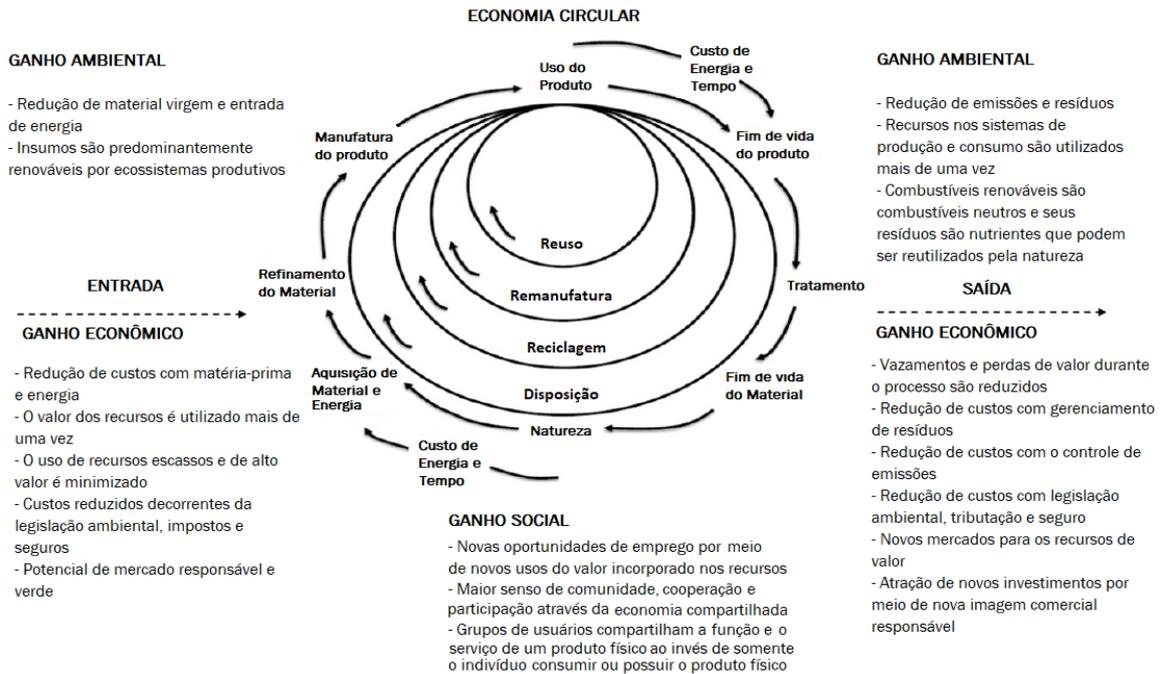


Fonte: Suárez-eiroa et al., 2019; p. 959

Para alguns autores o significado da economia circular está fundamentado nas três dimensões do desenvolvimento sustentável, sendo elas, i) objetivo ambiental, que visa a redução de insumos, matéria-prima e energia, na produção e consumo, e com a aplicação dos ciclos cascadeados, mitigar a emissão de poluentes e resíduos; ii) objetivo econômico reduzir os custos com energia, matéria-prima, gestão de resíduos, controle de emissões, riscos ambientais (tributações e legislações) como inovar em novos mercados para a empresa; e iii) objetivo social, por meio da economia compartilhada, aumento dos empregos e utilização de cooperativas e comunidade de usuários como oposição ao indivíduo consumidor (KORHONEN; HONKASALO; SEPPÄLÄ, 2018).

Desta forma, entende-se como uma implementação bem-sucedida o momento quando a economia circular contribui para os três pilares do desenvolvimento sustentável, utilizando a flexibilidade dos ciclos da biosfera nos ciclos econômicos, considerando as taxas de regeneração do sistema. O fluxo começa a obter valor econômico quando o resíduo desperdiçado é compreendido como valor, ou seja, como um novo recurso (KORHONEN; HONKASALO; SEPPÄLÄ, 2018), isto é, entender o ganho de eficiência quando este material é incluído novamente no processo original ou em um novo processo.

Figura 3 - O potencial ganha-ganha da economia circular baseado nas três dimensões do desenvolvimento sustentável

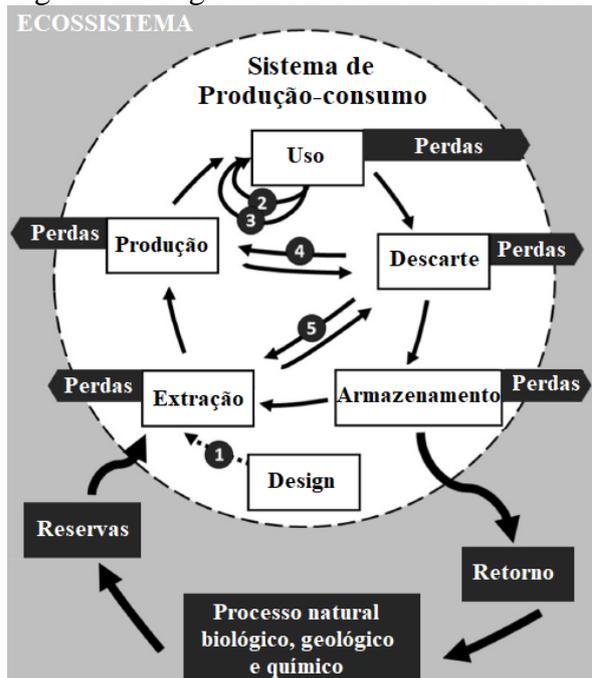


Fonte: Autora

Nota: Elaborado com base em Korhonen; Honkasalo; Seppälä, 2018

De uma forma complementar ao diagrama existente da EMF, apresenta-se um novo diagrama com uma proposta com base em materiais integrados, orgânicos e inorgânicos, que fluem no ecossistema biofísico e o sistema de produção consumo, de uma forma a revisitar a relação com o meio ambiente e os limites da teoria. Os materiais industriais que não puderem ser reaproveitados em outros ciclos, devem ser devolvidos ao ecossistema, na forma de componentes para os processos naturais geológicos, químicos e biológicos, de forma a integrar os componentes envolvidos no sistema (VELENTURF et al., 2019), conforme pode-se observar na Figura 4.

Figura 4 - Diagrama do fluxo de recursos integrado com o modelo de economia circular



Por fim, esta perspectiva integrada de ecossistema propicia espaços para o desenvolvimento e implementação de tecnologias e modelos de negócio que se mostrem eficazes para a economia circular, por meio de baixos insumos energéticos, maior eficiência e novos sistemas de recuperação dos componentes integrados com as cadeias de suprimentos circulares (VELENTURF et al., 2019).

É importante ressaltar que principal foco da economia circular é todo o sistema e não somente componentes, a fim de maximizar o funcionamento do ecossistema e o bem-estar da sociedade (MURRAY; SKENE; HAYNES, 2017). A economia circular é uma mudança sistêmica aplicada ao longo de toda a cadeia de valor do produto, incluindo o processo, resultando em uma melhor interação da economia e o meio ambiente, melhorando o modelo econômico atual (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016; KIRCHHERR; REIKE; HEKKERT, 2017). Entende-se a mudança sistêmica como um comprometimento do produtor ao consumidor, esta difusão de responsabilidades abrangem a rede de produção inteira (MURRAY; SKENE; HAYNES, 2017), criando diversas redes de cooperação envolvendo todo o sistema.

3 CONCLUSÃO

O objetivo deste ensaio acadêmico foi analisar os modelos de economia circular por meio de uma revisão teórica da literatura, como forma de identificar diferentes aspectos destes modelos de economia circular e suas similaridades. Reuniu-se esses diagramas em uma perspectiva sistemática, como forma de permitir explorar possíveis debates futuros sobre o tema.

Muito embora há autores que já desenvolvem frameworks de modelos de economia circular, o debate sobre o tema mostra-se frutífero, principalmente, ao considerar que a economia circular é um sistema dinâmico e adaptável que responde a desperdícios de recursos e equilíbrio de fluxos. Esta estabilidade de fluxos de valores dentro deste sistema integrado é um dos principais desafios de modelos de economia circular. Para que ocorra uma mudança sistemática completa impulsionada pela economia circular é necessário se atentar aos níveis de aplicação e contornar os desafios de integração do ecossistema.

Desta forma, entender a proposição de diversos modelos de economia circular pode auxiliar na escolha e na implementação do modelo mais adequado a cada setor e nível de aplicação. Além de compreender quais os princípios operacionais que englobam o ecossistema da economia circular, pois há autores que consideram a educação e design parte do modelo, como há autores que apontam que o modelo só é bem-sucedido se atender aos três pilares da sustentabilidade. Assim, conhecer quais os principais aspectos devem ser considerados em um diagrama de economia circular que abarque a flexibilidade e equilíbrio dos fluxos, a taxa de regeneração e sua relação com o meio ambiente, é essencial para o sucesso de estratégias de economia circular.

Por se tratar de um trabalho teórico, apresentam-se como sugestões de debates futuros a expansão de pesquisas sobre o tema, principalmente ampliar a discussão de modelos de economia circular desenvolvidos e aplicados em diferentes áreas e segmentos, pois pode trazer diferentes complexidades e desafios. Além de considerar as complexidades e integrações de modelos que são aplicados nos diferentes níveis da economia circular – micro, meso e macro – que também apresentam desafios e estratégias de viabilizações diferentes. E por fim, ao percorrer os aspectos essenciais para um modelo de economia circular, identificar principais desafios e formas de superação, além de maximizar as oportunidades de aplicação do sistema circular.

REFERÊNCIAS

- AID, G. et al. Expanding roles for the Swedish waste management sector in inter-organizational resource management. **Resources, Conservation and Recycling**, [s. l.], v. 124, n. March 2016, p. 85–97, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.04.007>>. Acesso em: 01 aug. 2019.
- BASSI, F.; DIAS, J. G. The use of circular economy practices in SMEs across the EU. **Resources, Conservation and Recycling**, [s. l.], v. 146, n. March, p. 523–533, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.019>>. Acesso em: 09 out. 2019.
- BLOMSMA, F.; BRENNAN, G. The Emergence of Circular Economy: A New Framing Around Prolonging Resource Productivity. **Journal of Industrial Ecology**, [s. l.], v. 21, n. 3, p. 603–614, 2017.
- COOPER. Creating an economic infrastructure for sustainable product design. **The journal of sustainable product design**, [s. l.], n. 8, 1999.
- DE JESUS, A. et al. Eco-innovation pathways to a circular economy: Envisioning priorities through a Delphi approach. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 228, p. 1494–1513, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.049>>. Acesso em: 09 out. 2019.
- DE JESUS, A.; MENDONÇA, S. Lost in Transition? Drivers and Barriers in the Eco-innovation Road to the Circular Economy. **Ecological Economics**, [s. l.], v. 145, n. September 2017, p. 75–89, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.08.001>>. Acesso em: 02 aug. 2019.
- EMF - ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards the circular economy: economic and business rationale for an accelerated transition**. Isle of Wight: EMF, 2012. v. 1.
- _____. **Towards the circular economy: opportunities for the consumer goods sector**. Isle of Wight: EMF, 2013. v. 3.
- _____. **Towards the circular economy: accelerating the scale-up across global supply chains**. Isle of Wight: EMF, 2014. v. 1.
- _____. **Towards the circular economy: business rationale for an accelerated transition**. Isle of Wight: EMF, 2015. v. 1.
- _____. **Urban biocycles**. Isle of Wight: EMF, 2017a.
- _____. **Uma economia circular no Brasil: uma abordagem exploratória inicial**. Isle of Wight: EMF, 2017b.
- GEISSDOERFER, M. et al. The Circular Economy – A new sustainability paradigm? **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 143, p. 757–768, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>>. Acesso em: 04 set. 2019.
- GENG, Y. et al. Towards a national circular economy indicator system in China: An evaluation and critical analysis. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 23, n. 1, p. 216–224, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.07.005>>. Acesso em: 29 out. 2019.
- _____; DOBERSTEIN, Brent. Developing the circular economy in China: Challenges and opportunities for achieving 'leapfrog development'. **The International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, v. 15, n. 3, p. 231–239, 2008.
- GENTE, V.; PATTANARO, G. The place of eco-innovation in the current sustainability debate. **Waste Management**, [s. l.], v. 88, n. November 2017, p. 96–101, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.03.026>>. Acesso em: 10 set. 2019.
- GHISELLINI, P.; CIALANI, C.; ULGIATI, S. A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 114, p. 11–32, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>>. Acesso em: 09 out. 2019.
- GITELMAN, L. et al. Rational behavior of an enterprise in the energy market in a circular

economy. **Resources**, [s. l.], v. 8, n. 2, 2019.

HU, J. et al. Ecological utilization of leather tannery waste with circular economy model. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 19, n. 2–3, p. 221–228, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.09.018>>. Acesso em: 29 out. 2019.

KALMYKOVA, Y.; SADAGOPAN, M.; ROSADO, L. Circular economy - From review of theories and practices to development of implementation tools. **Resources, Conservation and Recycling**, [s. l.], v. 135, n. November 2017, p. 190–201, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.034>>. Acesso em: 02 aug. 2019.

KANDA, W. et al. A technological innovation systems approach to analyse the roles of intermediaries in eco-innovation. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 227, p. 1136–1148, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.230>>. Acesso em: 10 set. 2019.

KIRCHHERR, J.; REIKE, D.; HEKKERT, M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. **Resources, Conservation and Recycling**, [s. l.], v. 127, n. April, p. 221–232, 2017.

KORHONEN, J. et al. Circular economy as an essentially contested concept. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 175, p. 544–552, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.111>>. Acesso em: 24 jul. 2019.

KORHONEN, J.; HONKASALO, A.; SEPPÄLÄ, J. Circular Economy: The Concept and its Limitations. **Ecological Economics**, [s. l.], v. 143, p. 37–46, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>>. Acesso em: 05 aug. 2019.

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

LIEDER, M.; RASHID, A. Towards circular economy implementation: A comprehensive review in context of manufacturing industry. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 115, p. 36–51, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.042>>. Acesso em: 29 out. 2019.

MA, S. et al. A case study of a phosphorus chemical firm’s application of resource efficiency and eco-efficiency in industrial metabolism under circular economy. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 87, n. 1, p. 839–849, 2015.

MATHEWS, J. A.; TAN, H. Progress toward a circular economy in China: The drivers (and inhibitors) of eco-industrial initiative. **Journal of Industrial Ecology**, [s. l.], v. 15, n. 3, p. 435–457, 2011.

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

MORAGA, G. et al. Circular economy indicators: What do they measure? **Resources, Conservation and Recycling**, [s. l.], v. 146, n. November 2018, p. 452–461, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.045>>. Acesso em: 08 jun. 2019.

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

ORMAZABAL, M. et al. Circular Economy in Spanish SMEs: Challenges and opportunities. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 185, p. 157–167, 2018.

PARIDA, V. et al. Orchestrating industrial ecosystem in circular economy: A two-stage transformation model for large manufacturing companies. **Journal of Business Research**, [s. l.], v. 101, n. January, p. 715–725, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.01.006>>. Acesso em: 24 set. 2019.

PROSKURYAKOVA, L. N.; ERMOLENKO, G. V. The future of Russia’s renewable energy sector: Trends, scenarios and policies. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 143, p. 1670–1686, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.05.096>>. Acesso em: 03 dez.

2019.

RANTA, V. et al. Exploring institutional drivers and barriers of the circular economy: A cross-regional comparison of China, the US, and Europe. **Resources, Conservation and Recycling**, [s. l.], v. 135, n. September 2017, p. 70–82, 2018. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.017>>. Acesso em: 04 set. 2019.

REIKE, D.; VERMEULEN, W. J. V.; WITJES, S. 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**, [s. l.], v. 135, n. February, p. 246–264, 2018. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.027>>. Acesso em: 22 jul. 2019.

SEHNEM, S. et al. Improving sustainable supply chains performance through operational excellence: circular economy approach. **Resources, Conservation and Recycling**, [s. l.], v. 183–149, n. June, p. 236–248, 2019. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.05.021>>. Acesso em: 10 set. 2019.

STEWART, R.; NIERO, M. Circular economy in corporate sustainability strategies: A review of corporate sustainability reports in the fast-moving consumer goods sector. **Business Strategy and the Environment**, [s. l.], v. 27, n. 7, p. 1005–1022, 2018.

SUÁREZ-EIROA, B. et al. Operational principles of circular economy for sustainable development: Linking theory and practice. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 214, p. 952–961, 2019.

TAM, E.; SOULLIERE, K.; SAWYER-BEAULIEU, S. Managing complex products to support the circular economy. **Resources, Conservation and Recycling**, [s. l.], v. 145, n. February, p. 124–125, 2019. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.12.030>>. Acesso em: 09 out. 2019.

TURA, N. et al. Unlocking circular business: A framework of barriers and drivers. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 212, p. 90–98, 2019. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.202>>. Acesso em: 29 out. 2019.

VELENTURF, A. P. M. et al. Circular economy and the matter of integrated resources. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 689, p. 963–969, 2019. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.449>>. Acesso em: 28 out. 2019.

VELEVA, V.; BODKIN, G. Corporate-entrepreneur collaborations to advance a circular economy. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 188, p. 20–37, 2018. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.196>>. Acesso em: 09 out. 2019.

YONG, R. The circular economy in China. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, [s. l.], v. 9, n. 2, p. 121–129, 2007.