

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS  
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE  
PRODUÇÃO E SISTEMAS  
NÍVEL DOUTORADO**

**MARCIA MARIA COSTA BACOVIS**

**PROPOSIÇÃO DE UM CONJUNTO DE DIRETRIZES PARA ORIENTAR A  
TRANSIÇÃO DO MODELO LINEAR DE PRODUÇÃO PARA O MODELO  
CIRCULAR EM EMPRESAS DE MANUFATURA NO BRASIL.**

São Leopoldo

2021

MARCIA MARIA COSTA BACOVIS

**PROPOSIÇÃO DE UM CONJUNTO DE DIRETRIZES PARA ORIENTAR A  
TRANSIÇÃO DO MODELO LINEAR DE PRODUÇÃO PARA O MODELO  
CIRCULAR, EM EMPRESAS DE MANUFATURA NO BRASIL.**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em Engenharia de Produção, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Miriam Borchardt

São Leopoldo

2021

B129p

Bacovis, Marcia Maria Costa.

Proposição de um conjunto de diretrizes para orientar a transição do modelo linear de produção para o modelo circular em empresas de manufatura no Brasil / por Marcia Maria Costa Bacovis. – 2021.

153 f. : il. ; 30 cm.

Tese (doutorado) — Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, São Leopoldo, RS, 2021.

“Orientadora: Dra. Miriam Borchardt”.

1. Economia circular. 2. Modelo de negócios circular. 3. Design circular. I. Título.

CDU: 658.51(81)

MARCIA MARIA COSTA BACOVIS

**PROPOSIÇÃO DE UM CONJUNTO DE DIRETRIZES PARA ORIENTAR A  
TRANSIÇÃO DO MODELO LINEAR DE PRODUÇÃO PARA O MODELO  
CIRCULAR, EM EMPRESAS DE MANUFATURA NO BRASIL.**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em Engenharia de Produção, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

Aprovado em 29 de setembro de 2021

**BANCA EXAMINADORA**

---

Miriam Borchardt (orientadora) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)

---

Giancarlo Medeiros Pereira - Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)

---

Luiz Alberto Oliveira Rocha - Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)

---

Daniel Battaglia – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio  
Grande do Sul (IFRS)

---

Daniel Nascimento e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do  
Amazonas (IFAM)

Dedico este trabalho ao meu pai Aldeir Costa (*in memoriam*) por ter sido meu grande incentivador nos estudos. Também dedico aos meus netos Olga e Vicente Bacovis.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço inicialmente à Deus, criador de todas as coisas, em quem deposito todos os meus anseios, alegrias, sonhos, esperança e fé. Ele sempre colocou em mim o desejo de estudar e aprender, conhecer o mundo e crescer academicamente e profissionalmente, acreditando no meu potencial. Deus me deu forças para, ao ser aprovada no processo seletivo para o doutorado, mudar para outro estado (sair de Manaus para São Leopoldo-RS), ficando longe da minha família, morar sozinha e vencer desafios longe dos meus filhos e do meu esposo. Foram muitos dias e semanas de solidão (principalmente fim de semana). Foi necessário resiliência, fé e superação dos medos e desafios.

Agradeço ao meu esposo Augusto Bacovis que não me impediu de seguir com este sonho e sempre me apoiou, desde da minha graduação; sempre me incentivou a continuar estudando; Ao iniciar esta jornada em outro estado, mesmo sabendo que ficaríamos meses separados, até que ele conseguisse me acompanhar e ir morar no Rio Grande do Sul, ele sempre me motivou a prosseguir.

Agradeço aos meus filhos Yuri, Andrey e Rafael pelo incentivo; mas, principalmente ao Rafael pois em nenhum momento se queixou por eu ter lhe deixado sozinho, no último ano do ensino médio, tendo que se preparar para o vestibular e o ENEM e não ter os cuidados da “mamãezinha” para levar ao colégio, cuidar da alimentação, etc. Agradeço, também à minha mãe Maria Costa pelo apoio, incondicional, ao cuidar do Rafael e da minha casa enquanto eu estava ausente. Obrigada mamãe!

Gostaria de agradecer aos colegas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus Distrito Industrial (CMDI) pela agilidade no trâmite da minha licença para esta qualificação no curso de doutorado; em especial ao prof. José Carlos Nunes de Mello, diretor do Campus CMDI em 2017; aos professores José Pinheiro e Ana Cláudia da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-graduação e ao saudoso amigo Reitor prof. Antônio Venâncio Castelo Branco, por acreditar em mim e tão prontamente autorizar o meu afastamento para o doutorado.

Agradeço os ensinamentos, conselhos e orientações dos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de produção e Sistemas que contribuíram muito no aperfeiçoamento da minha formação profissional; ao professor Dr. Miguel Afonso Sellitto pelas primeiras orientações, como coordenador e parceiro na escrita dos primeiros artigos.

Também faço um agradecimento especial à minha orientadora, Dra. Miriam Borchardt. Muito obrigada pela paciência nas orientações, pelo incentivo e motivação para sempre avançar e concluir a tese. Também agradeço aos funcionários da secretaria do PPG, em especial à Tana Cássia.

Meu muito obrigado aos gestores das empresas que aceitaram participar da pesquisa. Não foi fácil conseguir autorização para realização da pesquisa acadêmica nas empresas, e participação dos colaboradores nas entrevistas. A dificuldade aumentou com as regras de distanciamento impostas pela pandemia do Covid 19 a partir de março de 2020. Tudo ficou mais difícil; até as empresas que já haviam concordado em participar, não puderam mais me receber; muitos gestores não atendiam mais as chamadas telefônicas e ignoravam os e-mails. Foram dias de angústia por não conseguir realizar/concluir as pesquisas de campo. Pensei até em desistir. Mas, Deus me deu forças para continuar e buscar outras empresas.

“A Economia Circular é a melhor resposta que conhecemos aos desafios de Sustentabilidade” (Carlos Ohde, Sinctronics).



## RESUMO

A Economia circular (EC) é uma alternativa ao sistema de produção linear (extrair, produzir, utilizar e descartar), pois visa o fechamento dos ciclos de produção e consumo no ecossistema industrial, de forma a reduzir ou eliminar a geração de resíduos. O termo e conceito da EC são novos no meio acadêmico, principalmente no Brasil, e tem ganho força em número de publicações desde 2010. Esta pesquisa suscitou um conjunto de estratégias e práticas sustentáveis internas adotadas pelas empresas, as quais foram integradas em um modelo conceitual de cinco dimensões: design e desenvolvimento dos produtos, *design* de processo, fluxos circulares, modelo de negócios e habilitadores (*enablers*) para a transição. O modelo foi aplicado em cinco grandes empresas de manufatura subsidiárias de multinacionais instaladas no Polo Industrial de Manaus e em São Paulo. Esta pesquisa teve por objetivo propor um conjunto de diretrizes e um framework que orientem a transição. A referida pesquisa é de cunho exploratório com base em dados qualitativos, tendo como método de pesquisa o estudo de múltiplos casos. Os resultados confirmaram que as grandes empresas de manufatura estão internalizando os princípios da EC com práticas sustentáveis nos processos internos de forma a torná-los mais ecoeficientes; também confirmaram que a adoção de novas tecnologias, a colaboração em rede, a parceria com universidades e a colaboração com os *stakeholders* e parceiros da cadeia de valor são elementos-chave que alavancam a transição, sendo que o principal alavancador da EC é a inovação; As empresas estão inovando no design e desenvolvimento de produtos, nos processos produtivos e no modelo de negócios para modelos que desacelerem ou fechem o loop de produção. O trabalho trouxe contribuições acadêmicas pois avançou no conhecimento sobre a transição para a EC, evidenciando que as empresas pesquisadas estão alcançando resultados positivos e vantagem competitiva, devido aos ganhos ambientais. Como contribuições gerenciais, o conjunto de diretrizes e o framework proposto podem auxiliar os gestores na transição, bem como no atendimento de diversos ODS (Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável) propostos na Agenda 2030 da ONU. Também foram identificadas implicações políticas/governamentais, limitações do estudo e sugestões para pesquisas futuras.

**Palavras-chave:** economia circular; modelo de negócios circular; design circular.

## ABSTRACT

The circular economy (CE) is a smart choice in relation to the traditional production system (extraction, manufacturing, use and disposal), according to the objectives of the production cycles and the industrial ecosystem, aiming to reduce and eliminate material waste. The term and concepts CE are new in academia, especially in Brazil, with the main appearance of research since 2010. This research raised a set of sustainable practices and strategies currently developed in companies, which were integrated into a model five-dimensional conceptual framework for CE as follows: Product Design and Development, Process Design, Circular Flow and Business Model, Transition Enablers. The model has been validated in five high-level manufacturing companies. The research was carried out using exploratory methods with qualitative data sets, and the experimental method chosen was multiple cases. This organization intersects with the objective, which is to propose a set of guidelines and a framework for the EC transition. The results confirmed that high-level manufacturing companies are internalizing CE principles with sustainable practices in internal processes to make them more eco-efficient; the results also confirmed that the adoption of new technologies, network collaboration, partnership with universities, and collaboration with stakeholders and value chain partners are key elements that leverage the transition, with the main driver of CE being the innovation. Companies are innovating in product design and development, production processes, and business models for models that slow down or close the production loop. The work brought academic contributions as it advanced knowledge about the transition to CE, showing that the companies surveyed are achieving positive results and competitive advantage, due to environmental gains. As managerial contributions, the set of guidelines and the proposed framework can help managers in the transition and meet the various SDGs (Goals for Sustainable Development) proposed in the UN 2030 Agenda. Political/governmental implications, study limitations, and suggestions for future research were also identified.

**Keywords:** circular economy; circular business model; design circular.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas do método científico.....	29
Figura 2 - Método de trabalho .....	31
Figura 3 - Estrutura da fundamentação teórica .....	42
Figura 4 - Diagrama sistêmico para uma economia circular.....	46
Figura 5 - Escolas de pensamento precursoras da Economia circular.....	49
Figura 6 - Blocos de construção da economia circular.....	56
Figura 7 - Estratégias de circularidade, em ordem de prioridade.....	61
Figura 8 - <i>Framework</i> de <i>design</i> de produtos e modelos de negócios na EC .....	66
Figura 9 - Modelo conceitual teórico .....	73
Figura 10 - Princípios 5Rs adotados na empresa do caso B .....	83
Figura 11 - Agrupamentos das barreiras identificadas na pesquisa.....	117
Figura 12 - <i>Framework</i> para orientar a transição .....	126

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Critérios e resultados das buscas nas bases de dados .....	20
Quadro 2 - Matriz de consolidação do protocolo de pesquisa com as dimensões, principais bases teóricas e questões orientadoras .....	34
Quadro 3 - Definição das categorias de análise .....	38
Quadro 4 - Empresas do estudo de múltiplos casos .....	41
Quadro 5 - Definições de Economia Circular .....	43
Quadro 6 - Principais contribuições das Escolas de Pensamento .....	55
Quadro 7 - Estratégias de design para promover circularidade .....	58
Quadro 8 - Modelos de negócios circular (CBM) encontrados na Literatura .....	63
Quadro 9 - Dimensões de sustentabilidade em modelos de negócios circulares.....	65
Quadro 10 - Elementos habilitadores e alavancadores da EC .....	67
Quadro 11 - Barreiras à economia circular.....	69
Quadro 12 – Dimensões do modelo conceitual.....	71
Quadro 13 - Síntese do referencial teórico.....	74
Quadro 14 - Resumo das Estratégias e práticas da empresa do caso A .....	76
Quadro 15 - Resumo das Estratégias e práticas da empresa do caso B .....	80
Quadro 16 - Resumo das estratégias e práticas da empresa do caso C .....	84
Quadro 17 - Resumo das Estratégias e práticas da empresa do caso D.....	87
Quadro 18 - Resumo das Estratégias e práticas da empresa do caso E .....	90
Quadro 19 - Práticas na dimensão desenvolvimento e design de produtos nas cinco empresas do estudo de caso .....	93
Quadro 20 - Síntese das estratégias e práticas no processo produtivo .....	97
Quadro 21 - Modelo de negócios circular nas empresas pesquisadas .....	101
Quadro 22 - Práticas de retenção de valor e fluxos circulares .....	105

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Práticas na dimensão <i>design</i> e desenvolvimento de produtos .....	93
Gráfico 2 - Estratégias e práticas para design de processo circular.....	99
Gráfico 3 - Modelos de negócios circular adotados nas empresas .....	102
Gráfico 4 - Práticas de retenção de valor e Fluxos circulares .....	105
Gráfico 5 - Elementos Habilitadores para a EC identificados nas empresas .....	108
Gráfico 6 - Barreiras para a implementação da EC.....	113

## LISTA DE SIGLAS

ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
CBM	<i>Circular Business Model</i>
CLSC	<i>Closed-Loop Supply Chain</i>
C2C	<i>Cradle to cradle</i>
CNI	Confederação Nacional da Indústria
DfX	<i>Design para finalidade "X"</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
EC	Economia Circular
EI	Ecologia Industrial
EHS	<i>Environmental, Health and Safety</i>
EL	Economia Linear
Lean	Manufatura Enxuta
PIM	Polo Industrial de Manaus
PNRS	Política Nacional de Resíduos sólidos
PSS	<i>Product Service-System</i>
ROHS	<i>Restriction on the use of Hazardous Substances</i>
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SGQ	Sistema de Gestão da Qualidade
SGI	Sistema de Gestão Integrada
SUFRAMA	Superintendência da Zona Franca de Manaus
VoC	Compostos Orgânicos Voláteis
WCM	<i>World Class Manufacturing</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
<b>1.1 Tema e contextualização</b> .....	<b>17</b>
<b>1.2 Justificativa</b> .....	<b>19</b>
1.2.1 Justificativa acadêmica.....	20
1.2.2 Justificativa econômica.....	23
1.2.3 Justificativa ambiental e social .....	24
<b>1.3 Questão de pesquisa</b> .....	<b>26</b>
<b>1.4 Objetivos</b> .....	<b>26</b>
1.4.1 Objetivo geral .....	26
1.4.2 Objetivos específicos.....	26
<b>1.5 Delimitação da pesquisa</b> .....	<b>27</b>
<b>1.6 Contribuições esperadas</b> .....	<b>27</b>
<b>1.7 Estrutura da tese</b> .....	<b>27</b>
<b>2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	<b>29</b>
<b>2.1 Classificação da pesquisa</b> .....	<b>29</b>
<b>2.2 Método de trabalho</b> .....	<b>30</b>
2.2.1 Etapa 1: estrutura conceitual.....	32
2.2.2 Etapa 2: planejamento.....	33
2.2.3 Etapa 3: teste piloto.....	36
2.2.4 Etapa 4: coleta de dados.....	36
2.2.5 Etapa 5: análise dos dados .....	37
2.2.6 Etapa 6: resultados .....	38
<b>2.3 Apresentação dos casos</b> .....	<b>39</b>
<b>3 REFERENCIAL TÉORICO</b> .....	<b>42</b>
<b>3.1 Origem da economia circular</b> .....	<b>42</b>
3.1.1 Princípios que regem a economia circular.....	47
<b>3.2 As Escolas de pensamento precursoras da economia circular</b> .....	<b>48</b>
3.2.1 Ecologia industrial .....	49
3.2.2 <i>Cradle to Cradle</i> ® (C2C) .....	50
3.2.3 Economia de performance .....	50
3.2.4 Design regenerativo .....	51
3.2.5 Biomimética .....	52

3.2.6 <i>Closed Loop Supply Chain</i> (Cadeia de Ciclo Fechado) .....	52
3.2.7 Economia Azul ( <i>Blue Economy</i> ) .....	53
3.2.8 Capitalismo natural .....	53
3.2.9 Resumo das escolas de pensamento .....	54
<b>3.3 Os elementos de transição para a economia circular</b> .....	<b>56</b>
3.3.1 <i>Design</i> e desenvolvimento de produto circular .....	56
3.3.2 <i>Design</i> de processo circular .....	59
3.3.3 Fluxos circulares e retenção de valor .....	60
3.3.5 Modelo de negócios Circular .....	61
<b>3.4 Elementos habilitadores para a transição</b> .....	<b>66</b>
<b>3.5 Barreiras à transição e implementação da EC</b> .....	<b>68</b>
<b>3.6 Proposição do modelo conceitual teórico</b> .....	<b>69</b>
<b>3.7 Síntese do referencial teórico</b> .....	<b>72</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>75</b>
<b>4.1 Apresentação dos resultados dos casos</b> .....	<b>75</b>
4.1.1 Estudo de Caso A .....	75
4.1.2 Estudo de Caso B .....	80
4.1.3 Estudo de Caso C .....	83
4.1.4 Estudo de Caso D .....	86
4.1.5 Estudo de Caso E .....	90
<b>4.2 Análise e discussão dos resultados</b> .....	<b>92</b>
4.2.1 <i>Design</i> e desenvolvimento de produtos .....	92
4.2.2 <i>Design</i> de processo circular .....	97
4.2.3 Modelo de negócios Circular .....	100
4.2.4 Retenção de valor e fluxos circulares .....	104
4.2.5 Elementos habilitadores ( <i>Enablers</i> ) .....	108
4.2.6 Barreiras à implementação da EC .....	113
<b>5 DIRETRIZES PARA IMPLANTAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA ECONOMIA CIRCULAR EM EMPRESAS DE MANUFATURA</b> .....	<b>118</b>
<b>5.1 Diretrizes gerais</b> .....	<b>118</b>
<b>5.2 Diretrizes para inovar o modelo de negócios para a EC</b> .....	<b>119</b>
<b>5.3 Diretrizes para o projeto e desenvolvimento de produtos circular</b> .....	<b>121</b>
<b>5.4 Diretrizes para processos de produção sustentáveis e fluxos circulares</b> .....	<b>123</b>
<b>5.5 Framework para orientar a transição</b> .....	<b>124</b>



<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>129</b>
<b>6.1 Implicações acadêmicas.....</b>	<b>130</b>
<b>6.2 Implicações gerenciais .....</b>	<b>132</b>
<b>6.3 Implicações políticas/governamentais .....</b>	<b>133</b>
<b>6.4 Limitações e sugestões de pesquisas futuras .....</b>	<b>134</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>136</b>
<b>APÊNDICE A – PROTOCOLO DA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA.</b>	<b>149</b>
<b>APÊNDICE B – CONSENTIMENTO INFORMADO PARA A AUTORIZAÇÃO DAS ENTREVISTAS .....</b>	<b>150</b>
<b>APÊNDICE C – ROTEIRO UTILIZADO PARA AS ENTREVISTAS COM GESTORES DAS EMPRESAS.....</b>	<b>151</b>
<b>APÊNDICE D – PROTOCOLO PARA VALIDAÇÃO ACADÊMICA DAS DIRETRIZES E <i>FRAMEWORK</i>.....</b>	<b>153</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No presente capítulo serão apresentados o tema Economia Circular e a contextualização do mesmo, as justificativas para este estudo, a questão de pesquisa, os objetivos, a delimitação e as contribuições esperadas.

### 1.1 Tema e contextualização

No contexto da oferta limitada de recursos naturais, do aumento das pressões de custo e da necessidade de sustentabilidade econômica, as restrições ambientais e políticas na gestão da cadeia de fornecimento e os problemas ambientais ganharam importância e têm estimulado as empresas a buscarem modelos econômicos mais sustentáveis (BOCKEN *et al.*, 2016; KAZANCOGLU *et al.*, 2018;). O esgotamento dos recursos não renováveis é seguido por impactos ecológicos e sociais graves, impulsionados pelo consumo intenso de produtos e pelo descarte incorreto dos resíduos durante muito tempo (LACY; RUTQVIST, 2015; RITZÉN; SANDSTRÖM, 2017). Mesmo que diversas melhorias tenham ocorrido nas últimas décadas, como melhorias na ecoeficiência, o *Lean manufacturing*, práticas de Produção mais limpa, *ecodesign* (BOCKEN *et al.*, 2014; HUPPES; ISHIKAWA, 2009),ecoinovação em produtos, processos e novas tecnologias (BOONS; LUDEKE-FREUND, 2013; DE JESUS; MENDONÇA, 2018; PAGOROPOULOS; PIGOSSO; MCALOONE, 2017; PRIETO-SANDOVAL *et al.*, 2018), todas estas melhorias ainda apresentam um caráter linear, de extrair, fabricar, usar e descartar os produtos (NESS, 2008).

O modelo linear (EL) de produção e consumo (extrair recursos da natureza, transformar, usar e descartar) tem enfrentado limitações, principalmente quanto à necessidade de exploração contínua de recursos naturais (LIEDER; RASHID, 2016). Além disso, as pressões quanto às questões ambientais e escassez de material têm estimulado o interesse de governos, da comunidade acadêmica e de empresas em um modelo de produção que promova um desenvolvimento econômico mais sustentável, tal como proposto pela Economia Circular (EC) (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION *et al.*, 2015; PRIETO-SANDOVAL *et al.*, 2018). A proposta do modelo econômico circular é dissociar o progresso econômico do consumo de recursos naturais, produzir mais gastando menos (AGYEMANG *et al.*, 2019; BLOMSMA *et al.*, 2019).

A EC tem sido explorada por pesquisadores e instituições como um caminho para aumentar a sustentabilidade do sistema econômico de produção ( AGYEMANG *et al.*, 2019; ELIA *et al.*, 2017; GHISELLINI *et al.*, 2016; GOVINDAN; HASANAGIC, 2018;) e tem sido vista como uma solução para o problema do excesso de geração de resíduos, da escassez de recursos e que gera benefícios econômicos sustentáveis (LIEDER; RASHID, 2016; MURA *et al.*, 2020), como uma abordagem promissora para ajudar a reduzir as pressões globais para alcance da sustentabilidade ambiental, econômica e social (ELIA *et al.*, 2017; ELLEN MACARTHUR FOUNDATION *et al.*, 2015; GHISELLINI *et al.*, 2016).

O modelo econômico circular ou economia circular tem uma ampla base teórica baseada em princípios sustentáveis proposto por diversas *escolas de pensamento*, tais como *Cradle to Cradle* (McDONOUGH; BRAUNGART, 2010), Biomimética (BENYUS, 2004), Economia de *Performance* (STAHEL, 2010; ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2013), Capitalismo Natural (HAWKEN *et al.*, 2013 ) e Economia Azul ou de Emissões Zero (PAULI, 2010) que defendem a redução, e o estreitamento dos fluxos de recursos por meio de diferentes estratégias de negócios que influenciarão o *design* de produtos e de serviços, levando à uma mudança na forma que as empresas fazem negócio, saindo de um modelo linear para um modelo circular.

O termo EC tem se tornado familiar entre acadêmicos, políticos e praticantes; sendo que o conceito vem de diferentes campos epistemológicos, faltando consenso e convergência na literatura (HOMRICH *et al.*, 2018; KIRCHHERR *et al.*, 2018). Diversas pesquisas e autores apontam que poucos estudos têm lançado luz sobre a implantação da EC, no nível da empresa (DE MATTOS; DE ALBUQUERQUE, 2018; GHISELLINI *et al.*, 2016; WERNING; SPINLER, 2020) e que a implementação da EC, em todo o mundo, ainda está em um estágio inicial (GHISELLINI *et al.*, 2016; MERLI; PREZIOSI; ACAMPORA, 2018; FRISHAMMAR; PARIDA, 2019; MURA *et al.*, 2020).

O tema tem recebido crescente atenção em todo o mundo e tem sido promovido por governos de países como a China, Japão, Reino Unido, França, Canadá, Holanda, Suécia, Alemanha e Finlândia, bem como por diversas empresas nestes países (GEISENDORF; PIETRULLA, 2017; GHISELLINI *et al.*, 2016), pois traz consigo ganhos econômicos da ordem de 600 bilhões de euros por ano (KORHONEN; HONKASALO, 2018). A literatura aponta que as empresas chinesas assumiram a liderança na implantação da EC como uma resposta à política governamental promulgada em 2002 (AGYEMANG *et al.*, 2019; GHISELLINI *et al.*, 2016;

NAUSTDALSLID, 2014; STEWART; NIERO, 2018), no entanto a pesquisa sobre a aceitação da EC pela indústria, em outros países, continua limitada (STEWART; NIERO, 2018), pois ainda existem diversos desafios na transição para o modelo econômico circular a serem enfrentados pelas indústrias de transformação, tais como: desafios para projetar produtos duráveis e circular (DE JESUS *et al.*, 2018; GOVINDAN; HASANAGIC, 2018; MERLI; PREZIOSI; ACAMPORA, 2018), desafios políticos e regulatórios (DE JESUS *et al.*, 2018; GOVINDAN; HASANAGIC, 2018;; RITZÉN; SANDSTRÖM,2017; RIZOS *et al.*, 2016), desafios culturais e de mercado para aceitação de produtos remanufaturados (GOVINDAN; HASANAGIC, 2018; RITZÉN; SANDSTRÖM,2017; RIZOS *et al.*, 2016).

Durante as pesquisas realizadas para elaboração desta tese, verificaram-se ações por parte de instituições não governamentais no Brasil, tais como a Fundação Ellen MacArthur (Organização sem fins lucrativos que estuda e estimula a adoção da EC em todo o mundo) e grupos de pesquisa de Universidades brasileiras (Universidade de São Paulo-USP e Universidade Federal do Rio de Janeiro- UFRJ) e da Federação das indústrias dos estados de São Paulo (FIESP) e do Rio de Janeiro (FIRJAN). O tema tem sido parcialmente introduzido, legalmente, pela Lei 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos sólidos (PNRS), a qual incorpora conceitos de gestão de resíduos sólidos, gestão do ciclo de vida e responsabilidade compartilhada, sendo o marco legal brasileiro para a implementação e disseminação da gestão do ciclo de vida e economia circular. A EC não é um modelo fácil de implementar (KIRCHHERR *et al.*, 2018), e evidências empíricas sobre a adoção da EC, no nível organizacional, têm sido particularmente críticas nas economias emergentes, além da China (AGYEMANG *et al.*, 2019; STEWART; NIERO, 2018), onde muitas pesquisas têm sido realizadas sobre o tema. Sendo que o mesmo não ocorre no Brasil (JABBOUR *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2019).

Na próxima seção, delineiam-se as justificativas, a questão de pesquisa, os objetivos do estudo e a delimitação da Tese.

## **1.2 Justificativa**

A seguir apresentam-se as justificativas sob os aspectos acadêmico, econômico, ambiental e social.

### 1.2.1 Justificativa acadêmica

O tema EC tem crescido significativamente na pauta internacional de pesquisa. Uma busca com a expressão *Circular Economy* na base de dados da SCOPUS, em janeiro de 2019, retornou 3.648 resultados; sendo 1.957 limitado a artigos completos (*research articles*). Ao observar o crescimento das publicações sobre o tema, verificou-se que em 2013 foram 102 resultados; 154 publicações em 2014; 152 publicações em 2015; 367 resultados em 2016; 753 resultados em 2017; 1.270 resultados em 2018 e 2.007 resultados em 2019, 2.980 em 2020 e 2.735 em 2021; destacando-se muitos trabalhos que abordam o tema, como: a) modelos de negócios na EC (BOCKEN *et al.*, 2014; BOCKEN *et al.*, 2017; LUDEKE-FREUND; GOLD; RANTA *et al.*, 2018; PIERONI; McALOONE; PIGOSSO, 2020); b) Design de produtos circular (BOCKEN *et al.*, 2016; DEN HOLANDER; BAKKER; HULTINK, 2017; TUKKER, 2015; MORENO *et al.*, 2016); c) Cadeias de suprimentos sustentáveis e circular (MASI; STEVEN; GODSELL, 2017); d) Escalas para medição e indicadores para a EC (DI MAIO; REM, 2015; ELIA *et al.*, 2016; EVANS; BOCKEN, 2013; SAIDANI *et al.*, 2018); e) Drivers e barreiras na implantação da EC (BIANCHINI *et al.*, 2019; DE JESUS; MENDONÇA, 2018; GOVIDAN; HASANAGIC, 2018; RIZOS *et al.*, 2016) entre outros, sendo que a maioria das pesquisas são no contexto de países europeus e também da China.

Como forma de identificar lacunas e elaborar a questão de pesquisa, foi realizada uma revisão sistemática da literatura nas principais bases de dados, conforme apresentado na Quadro 1, com as palavras-chave utilizadas, quantidade de artigos encontrados e a quantidade de artigos lidos. Outras informações estão disponíveis na seção 2.2.1, da Metodologia.

Quadro 1 - Critérios e resultados das buscas nas bases de dados

Termos de busca	Localizados	Abstract analisado	Leitura completa
TITLE-ABS-KEY ("Circular Economy")	3648	150	85
( TITLE-ABS-KEY ("Circular Economy") AND TITLE-ABS-KEY ("practices" ) )	446	135	15
( TITLE-ABS-KEY ("Circular economy) AND TITLE-ABS-KEY ("Closed loop supply chain" ) )	6	3	3
( TITLE-ABS-KEY ( "practices circula*" ) AND TITLE-ABS-KEY ( "Circular economy" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "circular business model" ) )	4	2	2

( TITLE-ABS-KEY ( "practices circular*" ) AND TITLE-ABS-KEY ( "circular business model" ) )	1	1	1
( TITLE-ABS-KEY ( "method" ) AND TITLE-ABS-KEY ( "circular business model" ) )	20	7	5
<b>TOTAL</b>	<b>4.141</b>	<b>200</b>	<b>114</b>

Fonte: Elaborado pela autora.

Nos resultados das buscas, foram analisados os títulos, os resumos e os artigos que atendiam os critérios de inclusão definidos no protocolo da Revisão sistemática da Literatura (RSL) definidos no Apêndice A. Após a análise dos artigos selecionados como relevantes, foram identificadas diversas lacunas que nos levaram a elaborar a questão de pesquisa e ressalta a importância deste estudo.

Para muitos pesquisadores (GHISELLINI *et al.*, 2016; HOMRICH *et al.*, 2018; ÜNAL; URBINATI; CHIARONI, 2018), há poucas evidências empíricas da implantação de práticas de EC no nível micro (na empresa), merecendo maior atenção, principalmente no contexto de empresas de manufatura instaladas em países emergentes como o Brasil (LINDER; WILLIANDER, 2017; SILVA *et al.*, 2019). Para Jabbour *et al.*, (2020), a EC no Brasil ainda enfrenta vazios institucionais e paradoxos da sustentabilidade. A disseminação da EC em países emergentes tem sido dificultada porque o campo da pesquisa é preenchido por abordagens divergentes, sendo que poucas pesquisas sobre os benefícios da adoção de estratégias e práticas EC foram desenvolvidas (GUSMEROTTI *et al.*, 2019; KALMYKOVA; SADAGOPAN; ROSADO, 2018), apontando a necessidade de mais pesquisas sobre quais as práticas e estratégias alavancam a transição para a EC (KALMYKOVA; SADAGOPAN; ROSADO, 2018; MERLI; PREZIOSI; ACAMPORA, 2018; MURA *et al.*, 2020).

Lacunas de pesquisa foram identificadas quanto às ações necessárias para a transição para a EC, as quais se referem a:

- a) Mudança no design de produtos: pouca atenção tem sido dada ao design de produtos e de processos (MERLI; PREZIOSI; ACAMPORA, 2018), de forma que o produto seja projetado e desenvolvido com base nos princípios da EC, para estreitar, desacelerar e fechar o *loop* de recursos (BOCKEN *et al.*, 2016; MERLI; PREZIOSI; ACAMPORA, 2018). O design do produto é identificado como crucial no projeto de sistemas circulares sustentáveis

(LIEDER; RASHID, 2016; MORENO *et al.*, 2016), pois pode auxiliar a reduzir o uso de recursos;

- b) Estratégias e práticas de economia circular: embora exista uma vasta literatura publicada sobre a adoção de práticas para EC pelas empresas (KALMYKOVA; SADAGOPAN; ROSADO, 2018; STEWART; NIERO, 2018; ZHU *et al.*, 2010), o processo para implantação e transição não é direto e ainda existe uma grande lacuna entre o projeto (o que fazer) e a implantação da EC (como fazer) (GEISSDOERFER *et al.*, 2018; LIEDER; RASHID, 2016). Há muitas lacunas em relação aos benefícios (ambiental, econômico e social) obtidos na adoção do da EC, desde o *design* circular, estratégias e práticas inovadoras para retardar os loops de material e recursos (MERLI; PREZIOSI; ACAMPORA, 2018); sendo necessário mais pesquisas sobre a aplicação dos princípios EC na cadeia de valor das empresas (BERTASSINI, 2018; BIANCHINI *et al.*, 2019);
- c) Modelos de negócios circulares (*Circular Business Model*) - As pesquisas sobre modelos de negócios circular apoiam as empresas na mudança de paradigma de negócios (LEWANDOWSKI, 2016). Apesar disto, o debate acadêmico sobre o tema ainda é insuficiente (MERLI; PREZIOSI; ACAMPORA, 2018), poucos trabalhos investigam como as empresas podem capturar os princípios da EC em suas práticas de negócios (LIEDER; RASHID, 2016), gerando valor econômico, ambiental e social (BERTASSINI, 2018). Os fabricantes, que têm operado no modelo industrial linear, enfrentam dificuldades em entender como e por que mudar seus modelos de negócios, ou seja, muitos ainda não entendem quais são os benefícios do modelo circular (BLOSMA *et al.*, 2019; LIEDER; RASHID, 2016);
- d) *Habilitadores (Enablers)* e barreiras: diversos estudos têm investigado sobre os fatores habilitadores e capacitadores para a implementação da EC no nível micro, como forma de fornecer subsídios para mitigar as barreiras na transição e implementação (DE JESUS; MENDONÇA, 2018; GOVINDAN; HASANAGIC, 2018; RITZEN; SANDSTROM, 2017), muitos destes estudos são voltados para o setor manufatureiro, sendo que há carência de pesquisas sobre as fatores habilitadores, as barreiras e desafios enfrentados pelas empresas no contexto brasileiro (JABBOUR *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2019), sendo necessário mais pesquisas.

No início da elaboração desta tese foram identificados poucos artigos publicados sobre a adoção de práticas de economia circular em empresas no contexto brasileiro, sendo que a maioria dos trabalhos identificados, foram dissertações de mestrado como a de Bertassini (2018) que elaborou um guia para identificação do valor criado pela EC (valor circular), a de Araújo (2020) sobre práticas de EC no sistema produtivo de painéis de madeira e teses de doutorado, tais como a de Iritani (2017), que propôs um modelo de gestão orientado à EC e à melhoria ambiental do ciclo de vida de produtos e a tese de Iwasaka (2018), que analisou as políticas públicas à nível nacional e internacional, e que orientam a transição do modelo linear para o modelo circular. Também foram localizados artigos como o de Silva *et al.*, (2019), que verificou a presença de 19 práticas de EC em uma rede local de pequenas empresas e empreendedores individuais.

Desse modo, cabe destacar que esta pesquisa de doutorado busca abordar um problema teórico e prático, visto haver uma carência de pesquisas que abordem o tema no Brasil. Portanto, faz-se necessário a realização de mais pesquisas que tornem o tema mais conhecido e promova discussão para a promoção do mesmo por parte de governos e da iniciativa privada.

### 1.2.2 Justificativa econômica

Os benefícios econômicos da EC são reconhecidos entre acadêmicos e formuladores de políticas (RIZOS *et al.*, 2016). De acordo com Ellen MacArthur *et al.*, (2015), a economia potencial de custos líquidos em uma economia mais circular em indústrias de produtos complexos de vida média (em particular para veículos, máquinas e equipamentos) na UE poderia chegar a US \$ 630 bilhões anualmente, enquanto no setor de bens de consumo (principalmente alimentos embalados, vestuário e bebidas), a economia global pode exceder US \$ 700 bilhões por ano. Mudar do atual modelo linear de economia para um modelo circular, pode trazer economia e reduzir o impacto negativo sobre o meio ambiente (GHISELLINI *et al.*, 2016).

O setor industrial no Brasil representa 20,4% do Produto interno bruto (PIB) brasileiro, mas responde por 69,2% das exportações de bens e serviços; tem 69,2% do investimento empresarial em pesquisa e desenvolvimento e por 33% dos tributos



federais (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS (CNI), 2021). A indústria de transformação tem um papel importante na economia global e brasileira, pois são formadas por grandes empresas, com grandes clientes parceiros de serviço e outras partes interessadas da indústria (FRISHAMMAR; PARIDA, 2019). Assim, as empresas de manufatura desempenham um importante papel na criação de valor para seus clientes e na economia do país onde estão instaladas pois geram muitos empregos; no entanto, são grandes usuárias de recursos materiais e energia, além de produzir quantidades significativas de subprodutos, que são tradicionalmente considerados resíduos (BLOMSMA *et al.*, 2019).

Na cidade de Manaus encontra-se estabelecido um conglomerado de empresas que recebem incentivos fiscais dos governos municipal, estadual e federal, conhecido como Polo Industrial de Manaus (PIM). Ele é constituído de empresas de transformação, produtoras de bens de consumo com base em tecnologia avançada, tem grande importância econômico, social e ambiental para o estado do Amazonas, em especial para a cidade de Manaus. A região possui uma enorme quantidade de recursos naturais disponíveis que precisam ser preservados, o que não acontecerá caso não sejam utilizados mecanismos que promovam o desenvolvimento sustentável, como a adoção dos princípios da economia circular, uma vez que em regiões subdesenvolvidas, quase sempre, o sucesso econômico é pago com o esgotamento dos recursos naturais, gerando perda da biodiversidade e mudanças climáticas, além de impactos na saúde da população local (BACOVIS; BORCHARDT, 2021).

### 1.2.3 Justificativa ambiental e social

As pesquisas publicadas em torno da EC apresentam, em sua maioria, resultados sobre a realidade de países europeus (Holanda, Alemanha, Portugal), Japão e também da China. Considerando que a maioria da população mundial está concentrada em países de economia emergente e os impactos ambientais e sociais globais no futuro próximo serão determinados, em grande parte, pela forma como os países emergentes como a China, o Brasil e a Índia usam seus recursos naturais, estes países vivem o falso dilema de escolher entre desenvolvimento social ou proteção ambiental, visto que ter ambos, parece algo incompatível. No entanto, o modelo de EC pode oferecer uma alternativa real viável para o dilema de “desenvolver

ou preservar”, visto que este modelo está baseado nas mesmas regras seguidas pela natureza, desta forma é capaz de promover melhorias no ecossistema natural e favorecer a justiça social humana. (BOCKEN *et al.*, 2014; ELLEN MACARTHUR FOUNDATION *et al.*, 2015).

As cadeias produtivas circulares promovem benefícios ambientais e sociais claros, visto que minimizarão o uso de energia fóssil, reduzirão a extração de matéria-prima virgem e as fontes de poluição, promovendo, também, o uso responsável da água e do solo; através das atividades relacionadas a conserto, reutilização/redistribuição, recondicionamento, remanufatura e reciclagem de produtos que ajudam a reverter os impactos relacionados com a produção de bens. (BOCKEN *et al.*, 2014; GHISELLINI *et al.*, 2016). Além de promover maior oportunidade de renda às famílias em vulnerabilidade econômica e social, como as famílias que atuam na coleta seletiva de resíduos sólidos nas cidades do Brasil, principalmente na cidade de realização deste estudo, em Manaus. A mudança no modelo de negócios proposto pela EC, traz consigo outros temas relacionados à questão da sustentabilidade social, tais como a inovação social e o empreendedorismo social (SEELOS; MAIR, 2005).

Um dos princípios da EC é que um resíduo pode se tornar recurso em outro processo, assim, uma das alternativas é melhorar o sistema e gestão de resíduos, combinando o uso de tecnologias e o trabalho manual em cooperativas. No Brasil, segundo a Associação brasileira de empresas de limpeza pública (ABRELPE, 2018), em 2017 apenas 22 milhões de brasileiros foram contemplados por programas municipais de coleta seletiva, o que representa 18% da população. No mesmo ano, foram gerados 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU), dos quais cerca de 42 milhões foram destinados a aterros sanitários e 7 milhões nem foram coletados, ou seja, ao menos 49 milhões de toneladas de RSU não foram aproveitadas.

De acordo com o exposto, compreende-se que as organizações necessitam de diretrizes para a aplicação de esforços sistemáticos em prol do aperfeiçoamento da identificação de oportunidades de valor na economia circular.

### 1.3 Questão de pesquisa

Considerando as justificativas, as lacunas identificadas na literatura e a necessidade de mais pesquisas em empresas no contexto brasileiro; é definida a seguinte questão de pesquisa: *Como as estratégias e práticas sustentáveis já adotadas pelas empresas de manufatura no Brasil podem alavancar a transição para a economia circular?*

Para responder a esta questão de pesquisa, na sequência são apresentadas o objetivo geral e os objetivos específicos da presente tese.

### 1.4 Objetivos

#### 1.4.1 Objetivo geral

Estruturar um conjunto de diretrizes e um framework que orientem a transição do paradigma do modelo linear para o paradigma da economia circular, em empresas de manufatura no ramo eletroeletrônico e indústria química, no contexto brasileiro.

#### 1.4.2 Objetivos específicos

Para atender ao objetivo geral, são listados os seguintes objetivos específicos:

- a) Identificar, na literatura, quais os principais elementos (dimensões), estratégias e práticas sustentáveis que orientam a transição do paradigma da economia linear para o paradigma econômico circular;
- b) estruturar um modelo conceitual que integre e articule os elementos com as estratégias e práticas sustentáveis;
- c) aplicar o modelo conceitual em grandes empresas de manufatura que atuam no contexto brasileiro, que comunicam estar transicionando para a EC;
- d) elaborar um conjunto de diretrizes e um framework, a partir dos resultados analisados nos estudos de casos e dos elementos que estão alavancando o processo de transição.

## 1.5 Delimitação da pesquisa

O trabalho tem um cunho exploratório, avaliando a EC no nível micro (internamente à empresa). A pesquisa não abordará toda a cadeia de valor ou de suprimentos, ou seja, não se estenderá a outros parceiros da cadeia de valor. Assim, a pesquisa está limitada a:

- a) grandes empresas multinacionais de manufatura que possuem subsidiárias no Brasil;
- b) empresas que apontam em seu Relatório de Sustentabilidade estarem adotando os princípios da EC, com Certificação ambiental como ISO14.001 e outras certificações e diretivas internacionais relacionadas à resíduos;
- c) as empresas pesquisadas são do setor eletroeletrônico e indústria química instaladas em Manaus-AM e em São Paulo.

## 1.6 Contribuições esperadas

A pesquisa apresenta, como principal contribuição, um conjunto de diretrizes e um *framework* com a proposta de orientar as empresas a transicionarem para este novo paradigma; discorrendo sobre os elementos, estratégias e práticas que norteiam a transição, de forma integrada. Para isso, esta pesquisa está examinando a literatura ora posicionada no campo da EC e sua interseção com outras áreas tais como: Modelo de negócios e *Design* de produtos e processos.

## 1.7 Estrutura da tese

A presente tese está organizada e estruturada em seis capítulos:

- a) o primeiro, de caráter introdutório, faz uma contextualização do assunto, apresenta as justificativas para o estudo, o problema e a questão de pesquisa, os objetivos, a delimitação e as contribuições esperadas;
- b) o segundo capítulo aborda os procedimentos metodológicos estabelecidos para o desenvolvimento da pesquisa. Também é feito o detalhamento do

método de trabalho, com a descrição das etapas para a condução do estudo e o protocolo de coleta e análise dos dados;

- c) no terceiro capítulo tem-se o referencial teórico acerca dos temas que subsidiaram a elaboração do modelo conceitual: entendimento dos princípios da economia circular, as práticas e estratégias para a EC, os blocos de construção que orientam a implementação, bem como a identificação dos habilitadores e das barreiras à implementação da EC;
- d) no quarto capítulo são apresentados os resultados dos estudos de casos e realizada a discussão dos dados de cada caso investigado;
- e) no quinto capítulo realiza-se a proposição de um conjunto de diretrizes gerais, diretrizes quanto à inovação do modelo de negócios para a EC, diretrizes para o *design* de produtos e processos na EC e um *framework* que consolida as estratégias e tem a proposta de orientar a transição;
- f) No sexto capítulo faz-se o fechamento do trabalho, apresentando as considerações finais, as limitações da pesquisa e recomendações para pesquisas futuras. Por fim, as referências utilizadas na pesquisa e os apêndices.

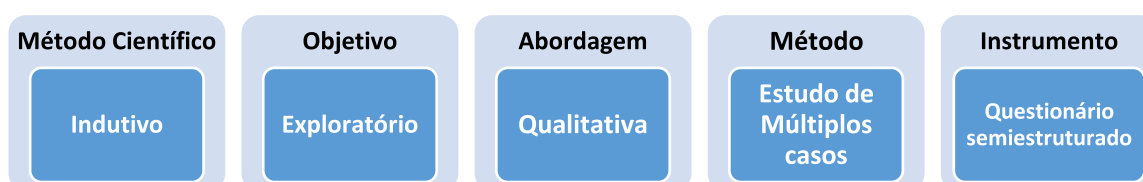
## 2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo apresenta a metodologia utilizada para condução deste estudo. Inicialmente faz-se a classificação e o enquadramento da pesquisa. Em seguida é apresentado o método de trabalho, com o respectivo detalhamento para elaboração do modelo conceitual, protocolo de pesquisa e as abordagens sobre validade e confiabilidade dos dados.

### 2.1 Classificação da pesquisa

O método científico, ou abordagem da pesquisa, é uma perspectiva de como o conhecimento é construído e a sua escolha considera dois aspectos: o ponto de partida da pesquisa e o objetivo da pesquisa, ou seja, deixar claro se o que se deseja é explicar, descrever, explorar ou predizer (DRESCH *et al.*, 2015). O delineamento de uma pesquisa refere-se ao planejamento do estudo em uma dimensão mais ampla, de forma a auxiliar o pesquisador no planejamento do trabalho, na definição da coleta de dados e na interpretação das informações obtidas (YIN, 2015). Isto posto, as etapas do Método científico empregados nesta pesquisa são descritas na Figura 1.

Figura 1 - Etapas do método científico



Fonte: Elaborada pela autora.

O método científico deste estudo caracteriza-se como indutivo, por estar relacionado a um problema com implicações significativas, soluções desconhecidas e interações técnicas e sociais em processo de evolução (EISENHARDT; GRAEBNER; SONENSHEIN, 2016). O método indutivo fundamenta-se em premissas e advém do processo de inferir uma ideia a partir de dados previamente constatados ou observados (LAKATOS; MARCONI, 2011).

Quanto ao objetivo, a pesquisa está classificada como exploratória. Para Collis e Hussey (2005, p. 24), “A pesquisa exploratória é realizada sobre um problema ou questão de pesquisa quando há poucos ou nenhum estudo anterior em que possamos

buscar informações sobre a questão ou problema”. Gil (2010, p. 35) também afirma que “[...] nos primeiros estágios, onde o conhecimento ainda é pouco desenvolvido, recomenda-se que a pesquisa tenha um caráter exploratório, descrevendo assim os fenômenos que ocorrem”.

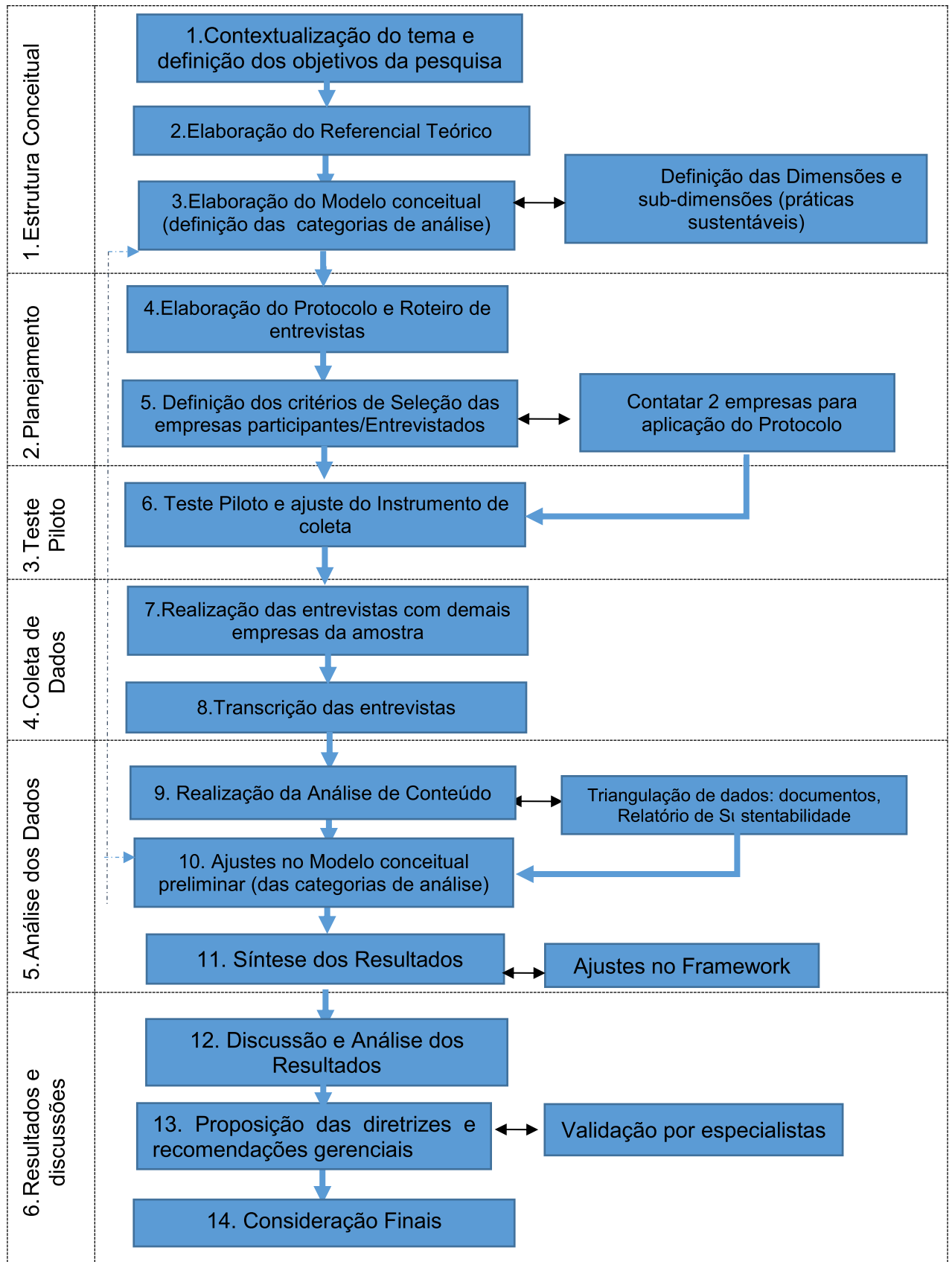
Quanto à abordagem da pesquisa, a mesma é qualitativa. A pesquisa qualitativa fornecerá informações para entendermos o processo de transição para modelos de negócios circulares, na prática, fornecendo respostas a perguntas *como* e *por que* (EISENHARDT, 1989). Em função destas características, o método definido para esta pesquisa é o estudo de caso múltiplo. Para esta pesquisa serão investigadas 5 empresas que adotam práticas sustentáveis que atendem os princípios da economia circular. Este método permite a comparação dos resultados levantados com a teoria existente, que pode ser convergente com a teoria construída, contribuindo para sua validade interna, e que também pode ser divergente da teoria estudada, configurando uma oportunidade para explicar o fenômeno de outra maneira (EISENHARDT, 1989). Como instrumento de coleta de dados foi utilizado um questionário semiestruturado com questões abertas, para aplicação nas entrevistas (EISENHARDT, 1989).

## **2.2 Método de trabalho**

A estrutura do método de trabalho utilizado neste estudo foi realizada em seis macro etapas,

De forma que possam ser atendidos os objetivos geral e específicos, propostos nesta tese, o método de trabalho foi estruturado em seis macro etapas, a saber: a) Estrutura Conceitual (pesquisa bibliográfica conceitual-teórica, definição dos construtos); b) Planejamento; c) Teste Piloto; d) Coleta de dados; e) Análise dos Dados; f) Resultados e discussões. Cada uma das etapas do método de trabalho serão detalhadas na Figura 2.

Figura 2 - Método de trabalho



Fonte: Elaborada pela autora.



### 2.2.1 Etapa 1: estrutura conceitual

Esta etapa teve início com a conscientização do problema e introdução do tema de pesquisa, etapa que exigiu o levantamento bibliográfico de publicações nacionais e internacionais para uma ampla compreensão do problema e identificação das lacunas. As fontes bibliográficas, consideradas para a elaboração desta tese, foram artigos seminais para entendimento do conceito de ciclos fechados (BENYUS, 1997; BRAUNGART, 2010; CHERTOW, 2000; McDONOUGH; PEARCE; TURNER, 1990) e atuais sobre o tema da Economia Circular (EC) publicados nas bases de dados (*Web of Science; Scopus; ScienceDirect; EBSCO Host, Scielo e Google Acadêmico*), publicações de organizações setoriais brasileiras, tais como Federação das Indústrias do Rio de Janeiro e Confederação Nacional da Indústria, publicações de consultorias especializadas (McKinsey, Accenture, Fundação Ellen MacArthur), além de dissertações e teses.

O referencial teórico, capítulo 3 da tese, foi construído com base na revisão bibliográfica e foi realizado em duas etapas. Na primeira etapa fez-se uma revisão exploratória da literatura para entendimento do conceito de EC, os princípios, as escolas de pensamento que deram origem à EC, os fatores que apoiam a mudança do paradigma linear para circular e o mapeamento de estudos sobre as barreiras à implementação da EC nas empresas. O principal objetivo foi identificar o problema de pesquisa, definir questão e objetivos da pesquisa. Nesta seleção foram utilizadas as bases de dados que englobam estudos relacionados ao tema e os termos de busca, em inglês e português, usando-se operador booleano OR e AND foram: *Circular Economy* combinado com os termos *biomimicry, Closed-Loop Supply Chain, Cradle to Cradle, regenerative design, Performance Economy; Circular business model, design circular, practices, barriers or drivers*. Os artigos foram organizados em ordem cronológica, considerando o período de publicação entre os anos 2000 e 2020, com atenção especial para os artigos publicados nos últimos dez anos – 2011 a 2020.

Após a revisão da literatura e construção do referencial teórico, tem-se a segunda etapa de elaboração do referencial, através de análise de conteúdo nos artigos com o auxílio do *software NVivo versão 11 para a* estruturação de um modelo conceitual, tendo como dimensões (construtos) os blocos de construção da EC propostos pela Fundação Ellen MacArthur (*design e desenvolvimento de produtos, design de processos sustentáveis, inovação no modelo de negócios, fluxos circulares*

e elementos habilitadores) e identificação das barreiras enfrentadas para a transição. Assim, tem-se o atendimento do primeiro e segundo objetivos específicos da tese.

### 2.2.2 Etapa 2: planejamento

O modelo conceitual preliminar, permitiu a estruturação do protocolo de pesquisa e de um questionário semiestruturado para a coleta de dados de campo (através das entrevistas e *visita in loco*). O protocolo de pesquisa, para a realização das entrevistas, derivou do *corpus* de análise elaborado a partir da revisão da literatura, refletindo sobre os objetivos do trabalho, as oportunidades de pesquisas mapeadas e as potenciais implicações gerenciais relacionadas com cada uma das dimensões de análise, foram propostas questões orientadoras para a pesquisa de campo - estudo de caso múltiplo. O Quadro 02 expressa a consolidação do protocolo da pesquisa. O protocolo completo e respectivo Termo de Consentimento Livre e esclarecido, são apresentados nos Apêndices B e C, respectivamente.

Ainda na etapa de Planejamento, foram definidos as empresas participantes e os entrevistados para a realização da pesquisa. Percebeu-se, então, a necessidade de incluir empresas que se encontram em um diferenciado estágio de engajamento com os princípios da Economia Circular. Assim sendo, identificamos algumas empresas a partir de buscas no site brasileiro da Fundação Ellen MacArthur e através do buscador *Google*.

Quadro 2 - Matriz de consolidação do protocolo de pesquisa com as dimensões, principais bases teóricas e questões orientadoras

Dimensões	Principais bases Teóricas	Oportunidade de pesquisa	Questão principal	Questões Orientadoras
Design e Desenvolvimento de produtos	<p>LIEDER; RASHID, 2016; DE LOS RIOS; CHARLEY, (2017); DEN HOLANDER; BAKKER; HULTINK, (2017); BOCKEN <i>et al.</i>, (2016); MORENO <i>et al.</i>, (2016); GUSMEROTTI <i>et al.</i>, (2019).</p>	<p>Investigar se o <i>design</i> do produto visa manter os fluxos de materiais em ciclos circulares: Manutenção, Reutilização, Redistribuição, Remodelação, Remanufatura.</p> <p>Investigar se houve mudanças no <i>design</i> dos produtos para que haja retenção de valor dos recursos através dos princípios Rs.</p> <p>Identificar quais as práticas e estratégias utilizadas na fase de desenvolvimento dos produtos</p>	<p>Como o projeto (<i>design</i>) dos produtos está alinhado com os princípios da Economia Circular?</p>	<p>Como a empresa investe em padrões mais sustentáveis para o projeto de produtos (<i>Design</i> ecologicamente correto ou <i>design</i> circular)? Ela se preocupa em analisar o impacto ambiental do produto em cada etapa da cadeia de valor (usa alguma ferramenta LCA "life Cycle Assessment)?</p> <p>A empresa utiliza insumos reciclados na fabricação de novos produtos (substituindo materiais virgens por equivalentes reciclados)? Caso negativo, tem projetos para tal?</p> <p>Como o <i>design</i> dos produtos está enquadrado? (<i>Design</i> para montagem, <i>design</i> para a manufatura; <i>Design</i> para desmontagem, <i>Design</i> para durabilidade, <i>design</i> modular).</p>
Design de processo Circular	<p>ELLEN MACARTHUR, (2013); GEISENDORF; PIETRULLA, (2017) GHISELINNI <i>et al.</i>, (2016); KALMYKOVA; SADAGOPAN; ROSADO,(2018); GUSMEROTTI <i>et al.</i>, (2019).</p>	<p>Investigar se a empresa investe em <b>práticas mais sustentáveis</b> no processo produtivo de forma a reduzir a geração de resíduos e sua pegada ambiental.</p> <p>Investigar se a empresa avalia se os insumos materiais para produtos são totalmente restauráveis ou renováveis e qual a toxicidade desses materiais.</p>	<p>Como os processos da empresa estão organizados para serem mais eco-eficientes e eco-efetivos, atendendo aos princípios da EC?</p>	<p>Como os processos da empresa estão organizados para serem mais eco-eficientes ?</p> <p>Há Redução de consumo de insumos virgens?</p> <p>A empresa investe em melhorias para gerar menos resíduos? utiliza recursos renováveis, uso de sub-produtos, pratica a simbiose industrial)?</p>
Modelo de negócios	<p>ELLEN MACARTHUR, (2015); LEWANDOWSKI (2016); BOCKEN <i>et al.</i>, (2014); BOCKEN <i>et al.</i>, (2016); ANTIKAINEN ; VOLKOKARI, (2016);</p>	<p>Investigar se a empresa tem produtos com o modelo de negócio para fechar o ciclo, sendo capaz de <b>criar vantagem competitiva</b>.</p> <p>A revisão do modelo de negócios implica substituir um modelo existente para um modelo com foco no valor ambiental e social?</p>	<p>Como a empresa está alinhando as estratégias com modelo de negócios circular?</p>	<p>Qual o modelo de negócios atual da empresa?</p> <p>A empresa revisou recentemente seu modelo de negócios para incorporar os princípios da EC na sua proposta de valor? Isto gerou vantagem competitiva?</p>

Modelo de negócios	ROOME; LOUCHE, (2016); WEETMAN, (2016);  SEHNEM <i>et al.</i> , (2019);	Investigar se o modelo de negócios e as estratégias de <i>design</i> estão caminhando juntas. Investigar se a alta direção e <i>stakeholders</i> apoiam a mudança para modelo circular.	Como a empresa alinhou sua estratégia com modelo de negócios circular?	A empresa já considerou ou considera a possibilidade de diversificar seu modelo de negócios, para oferecer:  a) aluguel do produto ou venda por assinatura ( o cliente é apenas usuário); b) realizar Recuperação/ Regeneração de recursos materiais úteis; c) estender a vida útil dos produtos (produtos mais duráveis).
Retenção de Valor e Fluxos Circulares	SPRING (2017); POTTING <i>et al.</i> , (2017)  KALVERKAMP; PEHLKEN; WUEST, (2017);  KALMYKOVA; SADAGOPAN; ROSADO, (2018).	Investigar como acontece o fechamento de ciclo e a retenção de valor e como a empresa trabalha com o conceito de fechamento de ciclo;  Investigar se a empresa faz a recuperação/remanufatura de seus próprios produtos ou partes dele (fechar o <i>loop</i> );  Verificar como acontece a parceria com outras empresas; se há incentivo para o cliente devolver o produto antigo.	Como a empresa trabalha o fechamento de <i>Loop</i> e retenção de valor dos produtos/materiais?	Quais as iniciativas da empresa quanto a aumentar a eficiência dos recursos através dos princípios “Rs” (reduzir, reutilizar, remanufaturar e reciclar)?  Como estão implementadas estas práticas de retenção de valor na empresa?  Os princípios R são implementadas nos produtos ou apenas em embalagens? A empresa investe em sistema de coleta de seus produtos ao fim de uso/vida (logística reversa de pós-consumo)?
Habilitadores	DE SOUSA JABBOUR <i>et al.</i> , (2018); AGYEMANG <i>et al.</i> ,(2019); BRESSANELLI <i>et al.</i> , (2018); GOVINDAN; HASANAGIC, (2018).	Investigar quais os principais elementos Habilitadores ou alavancadores para a EC	Quais os principais Habilitadores para que sua empresa adote o modelo de economia circular?	De que maneira sua organização tem sido direcionada a implementar a EC?  Quais os principais elementos habilitadores: ou drivers identificados por sua empresa para transicionar)?
Barreiras à transição	RIZOS <i>et al.</i> , (2016); RITZÉN; SANDSTRÖM, (2017); DE JESUS; MENDONÇA, (2018); GOVINDAN; HASANAGIC, 2018	Investigar quais as principais barreiras enfrentadas pelas empresas.	Quais as principais barreiras enfrentadas ou a serem vencidas pelas empresas de manufatura?	Quais as principais barreiras (Econômicas, políticas, organizacionais, técnicas, de mercado, regulatórias)?

Fonte: Elaborado pela autora.

### 2.2.3 Etapa 3: teste piloto

O Teste Piloto, a terceira macro etapa do método de trabalho, foi realizado em duas empresas participantes da amostra, localizadas no PIM. Após a elaboração do Protocolo de pesquisa e do Roteiro de entrevistas, foram realizadas as primeiras entrevistas, que serviram como teste piloto. O objetivo do teste piloto foi de verificar se o modelo conceitual, preliminar, e a qualidade das informações retornadas, atendiam os objetivos propostos nesta tese, além de verificarmos a necessidade de ajustes ao instrumento de coleta de dados. Os resultados do teste piloto não indicaram a necessidade de ajustes no instrumento de coleta de dados.

### 2.2.4 Etapa 4: coleta de dados

Para esta pesquisa foram utilizadas as entrevistas, em profundidade, conduzidas junto aos gerentes de operações e/ou gerentes da área de meio ambiente, saúde e segurança (*Environmental, Health and Safety - EHS*) e também de analistas ambientais das empresas que foram indicados para participar da pesquisa. As empresas com potencial para participar da pesquisa, instaladas no PIM, foram contatadas por telefone e/ou e-mail, fazendo-se o convite para participação. Em relação às empresas que não estão localizadas em Manaus, fez-se um primeiro contato através do envio de mensagens pelo aplicativo *Linkedin*. A partir de uma resposta favorável, realizou-se o agendamento da entrevista juntamente com o envio do Termo de Consentimento informado para a autorização das entrevistas (Apêndice B). Em seguida, fez-se o agendamento das entrevistas conforme disponibilidade de agenda dos entrevistados. Estas entrevistas aconteceram de forma *on-line* através dos softwares *ZOOM*, *Google meet*, *Skype* entre outros.

Durante a entrevista, pode-se explorar e aprofundar as questões conforme a necessidade. O tempo médio de cada entrevista e aplicação do protocolo foi de uma hora a uma hora e meia. Também foi solicitada autorização para a gravação do áudio para posterior transcrição e análise do conteúdo; sendo esclarecido que todo o material coletado seria armazenado e utilizado somente para essa pesquisa e contextualização dos estudos de caso. Esse conteúdo, assim como o nome da empresa e das pessoas entrevistadas, seria preservado. A descrição dos casos e apresentação são detalhadas na seção 2.3.

A pandemia da Covid-19 causou uma mudança na rotina das pessoas nas empresas; pois muitos colaboradores, de funções administrativas, passaram a trabalhar *home-office* e até tiveram suspensão de contrato de trabalho por alguns meses, causando muitas respostas negativas e outros transtornos. Assim, obtivemos apenas resposta favorável de 5 empresas das que atendiam aos critérios definidos na etapa 2, do Planejamento (critério de seleção das empresas) para compor a amostra. Também foram utilizados documentos não confidenciais das empresas e as informações obtidas através da consulta ao *website* da empresa e relatórios de sustentabilidade publicados pelas mesmas. Sempre que possível, buscou-se entrevistar mais de uma pessoa em cada empresa. Após a realização das entrevistas e coleta de dados, as mesmas foram transcritas, na íntegra, e registradas em arquivo digital no formato de texto utilizando o *software microsoft word* versão 2013.

#### 2.2.5 Etapa 5: análise dos dados

A técnica utilizada para analisar os dados e evidências nesta pesquisa foi a Análise de Conteúdo (BARDIN, 2011), sendo definida como o exame, categorização, tabulação, teste ou evidências recombinações de outra forma, para que se possa tirar conclusões baseadas empiricamente (YIN, 2013). Pode ter um enfoque qualitativo ou quantitativo. Na abordagem qualitativa, o foco é a interpretação das características e dos padrões que estão por trás do conteúdo das mensagens e documentos (BARDIN, 2011). O processo ocorreu em três fases: a) pré-análise, exploração do material ou codificação e tratamento dos resultados, inferência e interpretação (BARDIN, 2011).

Esta pesquisa não inicia com hipóteses ou noções preconcebidas, visto que a abordagem indutiva permite trabalhar com uma tentativa de descobrir, entender e interpretar o que as organizações têm a dizer, sobre o que estão fazendo para transicionar para o novo modelo econômico, a partir de novas estratégias e práticas sustentáveis e inovação no modelo de negócios para se tornarem circular. Desta forma, a análise de conteúdo da literatura iniciou com a definição das categorias de análise *a priori*, ou seja, definidas durante a identificação dos construtos e elaboração do modelo conceitual da pesquisa. Para definir as categorias para análise do conteúdo, foram consideradas como dimensões as atividades e práticas relacionadas à: projeto e desenvolvimento de produtos, design de processos, inovação no modelo de negócios da empresa, Fluxos circulares, os elementos habilitadores/*drivers* e a

identificação das possíveis barreiras à implantação. Estas dimensões são os elementos principais do modelo conceitual, os quais orientam o delineamento do estudo. O Quadro 3 apresenta a definição de cada uma das categorias de análise.

Quadro 3 - Definição das categorias de análise

<b>Categorias de análise</b>	<b>Descrição</b>
<b>Design e desenvolvimento de produtos</b>	Verificar se a empresa incorporou os princípios EC no desenvolvimento dos produtos para facilitar o “fechamento do loop” e que promova muitos ciclos de vida para o produto;
<b>Design de Processos Circular</b>	Como os processos da empresa estão organizados para serem mais ecoeficientes (gerar menos emissões, usar recursos renováveis, eficiência energética, redução no consumo de recursos (água, energia e outros), processo de fabricação eficazes, minimização de resíduos.
<b>Modelo de negócios circular</b>	Envolve mudança para um modelo de negócios com foco no valor ambiental e social (aluguel de produto, venda por assinatura, negócios para recuperação/regeneração de recursos, extensão da vida útil dos produtos, compartilhamento, desmaterialização).
<b>Retenção de valor e fluxos circulares</b>	Envolve as ações para fechamento do ciclo e a retenção de valor nos ciclos técnicos e biológicos ( <i>Framework R</i> ), logística reversa. Sistemas eficientes e eficazes de coleta, classificação, tratamento e segmentação de materiais, produtos e resíduos.
<b>Drivers/Elementos Habilitadores</b>	Novos mecanismos de mercado que podem encorajar a transição para o modelo circular, além de incentivar a reutilização generalizada de materiais e aumentar a produtividade dos recursos. Ex. Colaboração, Liderança, Abordagem sistêmica, Novas tecnologias, Inovação, Educação, Treinamento
<b>Barreiras</b>	Barreiras enfrentadas pelas empresas na adoção dos princípios da economia circular (barreiras técnicas, barreiras de mercado, barreiras institucionais e regulatórias, barreiras econômicas/financeiras)

Fonte: Elaborado pela autora.

### 2.2.6 Etapa 6: resultados

A última etapa do método de trabalho deste estudo é constituída pelas ações de fechamento da tese. Tem-se a análise dos resultados e a discussão destes resultados provenientes da operacionalização do processo de codificação e tratamento dos dados realizado com o apoio do software NVivo versão 11. O *software* Nvivo auxilia na análise das informações coletadas nas empresas, com a organização nas categorias e subcategorias. Também permite realizar uma verificação cruzada entre o resultado das entrevistas. Os resultados são comparados por meio da triangulação, envolvendo dados, perspectivas ou teorias, pesquisadores ou métodos,

como uma resposta a fidedignidade e a validade do estudo com os achados teóricos. Após a análise dos resultados, foi possível identificar e utilizar as informações obtidas dos casos e da teoria para propor um conjunto de diretrizes.

Posteriormente, o *framework* final e o conjunto de diretrizes foram enviados para validação por pesquisadores especialistas. Em seguida o estudo é finalizado, com as considerações finais da pesquisa e as sugestões para o desenvolvimento de trabalhos futuros; além da disponibilização do *conjunto de diretrizes* para as empresas pesquisadas, para a academia e para a sociedade em geral.

### 2.3 Apresentação dos casos

Nesta seção faremos a apresentação das cinco empresas do estudo de caso que foram escolhidas. Todas são empresas de manufatura de grande porte (multinacionais), líderes no ecossistema industrial que estão inseridas; com certificação de Qualidade, Ambiental e de Segurança (ISO 9.000, 14.001 e OHSAS 18.000). As empresas escolhidas possuem estratégias explícitas de adoção de práticas e estratégias circular no modelo de negócios. Com base em nossas interações iniciais com essas empresas, foi possível identificar que estas empresas estão adotando modelos de negócios circulares específicos; assim, identificamos uma oportunidade de reunir dados empíricos sobre o que estão fazendo, quais práticas e estratégias estão alavancando a transição e como elas gerenciam os desafios associados à transformação para a economia circular.

Nesta amostra, três empresas são do ramo eletroeletrônico e duas são indústrias de processo químico (uma fabricante de pisos e revestimentos vinílicos e a outra de tecnologias e materiais de soldagem). Apesar dos diferentes setores e modelos de negócios, cada empresa escolhida para o estudo de caso, representa um ponto de partida para caracterizar elementos e funções que contribuem para a economia circular. A seguir faz-se um breve resumo das empresas pesquisadas:

- a) **Caso A:** A empresa do Caso A é uma grande multinacional do ramo eletroeletrônico com atuação em 30 países, com mais de 100 fábricas. No Brasil possui 3 Unidades fabris (duas em São Paulo e uma em Manaus), 3 Institutos de pesquisa em Tecnologia e um Centro de Inovações em Economia circular. Trata-se de uma empresa de Manufatura de multímarcas que além de fabricar os produtos, desenvolveu uma infraestrutura



(Ecosystema) e tecnologias para coletar e transformar resíduos eletrônicos em novos produtos. Atua como uma unidade de negócios de uma empresa americana fabricante de impressoras, cartuchos, *notebooks* com soluções na cadeia de suprimentos internacional que oferece serviços de *design* dos produtos, fabricação, distribuição e pós venda à fabricantes de equipamentos originais (*Original Equipment Manufacturer- OEMs*). A corporação também tem clientes do ramo automotivo, farmacêutico, *mobile* e vídeo games.

- b) **Caso B:** A empresa do Caso B é um grande fabricante de eletrodomésticos da América Latina, com mais de 15 mil colaboradores, em 3 unidades fabris no Brasil, 2 sedes administrativas e 5 centros de tecnologia. Em Manaus são produzidos os seguintes produtos: forno de micro-ondas, condicionador *split*, condicionador de ar de janela, lavadora de louça, purificador de água e máquinas de bebidas. Fabrica internamente peças estampadas; realiza processo de pintura e a montagem do produto final. A empresa do caso B emprega os princípios do *ecodesign* nos produtos e a metodologia Manufatura de Classe mundial (*World Class manufacturing- WCM*).
- c) **Caso C:** A empresa do Caso C é uma multinacional de origem coreana. A unidade fabril em Manaus fabrica diversos produtos, tais como: televisores, monitores, *smartphones*, condicionador de ar *split*. A fábrica é totalmente verticalizada; ou seja, a empresa fabrica todos os seus sub-produtos: injeção plástica de peças, fabrica a placa-mãe, as telas para os televisores e monitores, *smartphones* e *tablets*. Desde 2004 a empresa desenvolveu uma metodologia própria de *ecodesign* focada em atender todos os requisitos do *Closed-Loop Product Lifecycle Management* e *Closed-Loop Supply Chain*, esta metodologia conjugada minimiza o impacto do produto com o meio ambiente.
- d) **Caso D:** A empresa do Caso D é uma multinacional de origem francesa do setor químico que atua no mercado de materiais de construção, com soluções de revestimento para piso; sendo que em todo o mundo ela possui 32 fábricas, 60 escritórios, 14 centros de treinamento e 7 centros de reciclagem. No Brasil ela possui uma planta fabril localizada na cidade de Jacareí-SP e um escritório na cidade de São Paulo-SP, com

aproximadamente 250 funcionários. A empresa possui um linha de pisos vinílicos com certificação *Cradle to Cradle*.

- e) **Caso E:** A empresa do Caso E é líder mundial em tecnologia e materiais para soldagem, com centros de pesquisa e desenvolvimento em diversos países. Possui unidades em mais de 40 países e seus produtos são vendidos em mais de 100 países. Em Manaus são produzidos solda em pasta, solda em barra, solda em fio, fluxo de solda líquida, ligas de solda e diluente para solda. Estes produtos e serviços são fornecidos para uma variedade de indústrias de eletroeletrônicos, informática, do setor automotivo e fotovoltaicas em toda a América do Sul. A empresa também oferece serviços de compra e industrialização dos resíduos de solda (borra/óxidos e pasta) provenientes do processo de soldagem de componentes eletrônicos, com responsabilidade ambiental no processo de recuperação e destinação desses resíduos de solda, fechando o *loop* de produção.

O Quadro 4 apresenta mais informações sobre as empresas participantes do estudo de casos.

Quadro 4 - Empresas do estudo de múltiplos casos

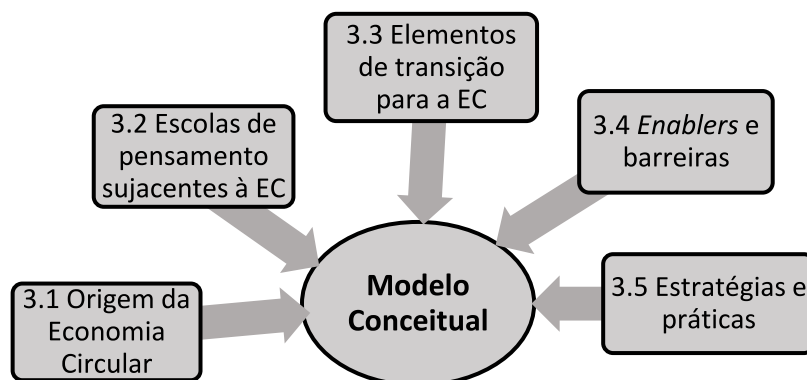
	Caso A	Caso B	Caso C	Caso D	Caso E
<b>Ramo de atividade</b>	Indústria de Eletroeletrônicos	Indústria Eletroeletrônico (Linha branca)	Indústria Eletroeletrônico	Indústria Química (Pisos vinílicos)	Indústria Química (Tecnologia em Soldas)
<b>Pais de origem</b>	EUA	EUA	Coreia do Sul	França	EUA
<b>Localização da unidade pesquisada</b>	Sorocaba- SP	Manaus-AM e São Paulo-SP (escritório)	Manaus-AM	Jacareí-SP	Manaus-AM
<b>Total de funcionários (Brasil)</b>	10 mil colaboradores	14 mil colaboradores	6 mil colaboradores	1,1 mil colaboradores	300 colaboradores
<b>Total de funcionários (Global)</b>	200 mil colaboradores	77 mil colaboradores	308 mil colaboradores	12,5 mil colaboradores	3,5 mil colaboradores
<b>Entrevistados</b>	Gerente de Projetos em Economia Circular	Gerente de EHS; Analista Ambiental	Gerente de EHS; Analista Ambiental	Coordenadora do SGI; Gerente de marketing	Coordenador do SGI; Gerente de Operações

Fonte: Elaborado pela autora.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta as bases teóricas que sustentam o desenvolvimento do presente estudo. Primeiro, uma introdução para entender “o que é economia circular”, suas origens, suas definições e princípios (3.1); as escolas de pensamento nas quais a EC se baseia (3.2); em seguida serão descritos os blocos de construção da economia circular (3.3) e, os habilitadores e barreiras para adoção da EC (3.4), e por último, as estratégias e práticas internas de EC (3.5). Estes temas orientarão a elaboração do modelo conceitual, bem como a elaboração do protocolo de pesquisa dos estudos de caso e a proposição de um conjunto de diretrizes. A Figura 3 apresenta a estrutura da fundamentação teórica.

Figura 3 - Estrutura da fundamentação teórica



Fonte: Elaborada pela autora.

#### 3.1 Origem da economia circular

A noção de economia circular está baseada em uma coleção fragmentada de ideias derivadas de uma variedade de disciplinas científicas (KORHONEN *et al.*, 2018). O conceito não é recente, visto que foi levantado pela primeira vez por dois economistas ambientais britânicos, que apontaram que uma economia tradicional aberta foi desenvolvida sem uma tendência de reciclar, o que se refletia em considerar o meio ambiente como uma mera reserva de matérias-primas e resíduos (PEARCE; TURNER, 1990). Pearce e Turner (1990) introduziram o conceito de “sistema econômico circular” construído em estudos anteriores pelo economista ecológico

Kenneth Boulding, que em 1966 previa uma mudança de paradigma da “economia do cowboy” para a “economia do astronauta”.

Apresentar um definição universal para EC é difícil, uma vez que envolve um amplo escopo, origem, abrangência e a visão dos diversos *stakeholders* (partes interessadas). Diversos autores reconheceram, em suas pesquisas, a dificuldade e a falta de consenso na definição de EC (HOMRICH *et al.*, 2018; KIRCHHERR *et al.*, 2017; RIZOS *et al.*, 2016). Para Korhonen *et al.*, (2018), a EC é uma economia construída a partir de sistemas de produção e consumo societários que maximizam o serviço produzido a partir da natureza. Isso é realizado usando fluxos de materiais cíclicos, fontes de energia renováveis e fluxos de energia tipo cascata; de forma a contribuir para a ocorrência das três dimensões do desenvolvimento sustentável. Já para Lieder e Rashid (2016) a EC é tratada como uma solução para uma série de desafios, como a geração de resíduos, a escassez de recursos e a sustentação dos benefícios econômicos.

Kirchherr *et al.*, (2017) realizaram uma análise recente de 114 definições de EC, codificadas em 17 dimensões, tanto da literatura acadêmica quanto da literatura cinza, definindo a EC como um sistema econômico que substitui o fim da vida do produto por um conjunto de intervenções de circularidade; estas intervenções são ações ou processos que preservam os recursos dentro da economia (BOCKEN *et al.*, 2017; LIEDER; RASHID, 2016) com base nos três princípios da economia circular. No Quadro 5 expõe-se um conjunto de definições, recentes, encontradas durante a revisão da literatura para esta tese.

Quadro 5 - Definições de Economia Circular

AUTORES	DEFINIÇÃO
Ellen McArthur Foundation (2013)	A economia circular é restaurativa e regenerativa por princípio, tendo como objetivo manter produtos, materiais e componentes em seu mais alto nível de valor e utilidade o tempo todo.
Su <i>et al.</i> , (2013)	A EC é uma estratégia de desenvolvimento sustentável proposta pelo governo central da China, com o objetivo de melhorar a eficiência dos materiais e uso de energia. Pode ser definida como um tipo de economia com fluxos de materiais fechando o ciclo, o que é oposto à economia aberta tradicional.
Lieder e Rashid (2016)	A EC é tratada, em crescente medida, como uma solução para uma série de desafios, como a geração de resíduos, a escassez de recursos e a sustentação dos benefícios econômicos.

Blomsma e Brennan (2017)	A EC é um “conceito guarda-chuva”, que faz “um enquadramento emergente em torno do gerenciamento de resíduos e recursos que visa oferecer uma alternativa às práticas comuns de descartar e dispor resíduos, promovendo a redução de desperdício através do recurso de ciclismo”.
Geissdoerfer et al., (2017)	A EC é um “sistema regenerativo no qual a entrada de recursos e o vazamento de resíduos, emissões e energia são minimizados pela desaceleração, fechamento e estreitamento de circuitos de material e energia”.
Kirchherr et al., (2017)	Uma EC é um sistema econômico que se baseia em modelos de negócios que substituem o conceito de 'fim da vida' por redução, reutilização alternativa, reciclagem e recuperação de materiais nos processos de produção / distribuição e consumo, operando em nível micro (produtos, empresas, consumidores), nível meso (parques eco-industriais) e macro (cidade, região, nação e além), com o objetivo de alcançar o desenvolvimento sustentável, o que implica a criação de qualidade ambiental, prosperidade econômica e equidade social, o benefício das gerações atuais e futuras”.
Masi et al., (2017)	A Economia Circular é vista como um novo paradigma socioeconômico e estabelece como meta, a promoção de um desenvolvimento social, econômico, em equilíbrio com o ambiental ( <i>triple bottom line</i> ).
Korhonen et al., (2018)	Economia circular é uma iniciativa de desenvolvimento sustentável com o objetivo de reduzir os fluxos de produção de materiais lineares e energia de sistemas de produção, aplicando ciclos de materiais, fluxos de energia renováveis e em cascata ao sistema linear. A economia circular promove ciclos de material de alto valor ao lado de reciclagem e desenvolve abordagens de sistemas para a cooperação de produtores, consumidores e outros atores da sociedade no trabalho de desenvolvimento sustentável.
Prieto-Sandoval et al., (2018)	A economia circular é um sistema econômico que representa uma mudança de paradigma na maneira como a sociedade humana se inter-relaciona com a natureza e tem como objetivo evitar o esgotamento de recursos, fechar lacunas de energia e materiais e facilitar o desenvolvimento sustentável através de sua implementação no níveis micro (empresas e consumidores), meso (agentes econômicos integrados em simbiose) e macro (cidade, regiões e governos).
Geissdoerfer et al., (2020)	A Economia circular é um sistema econômico no qual a entrada e o desperdício de recursos, as emissões e os vazamentos de energia são minimizados pela ciclagem, ampliação, intensificação e desmaterialização de materiais e circuitos de energia. Isso pode ser alcançado por meio de digitalização, manutenção, compartilhamento de soluções, <i>design</i> de produto de longa duração, manutenção, reparo, reutilização, remanufatura, recondição e reciclagem.

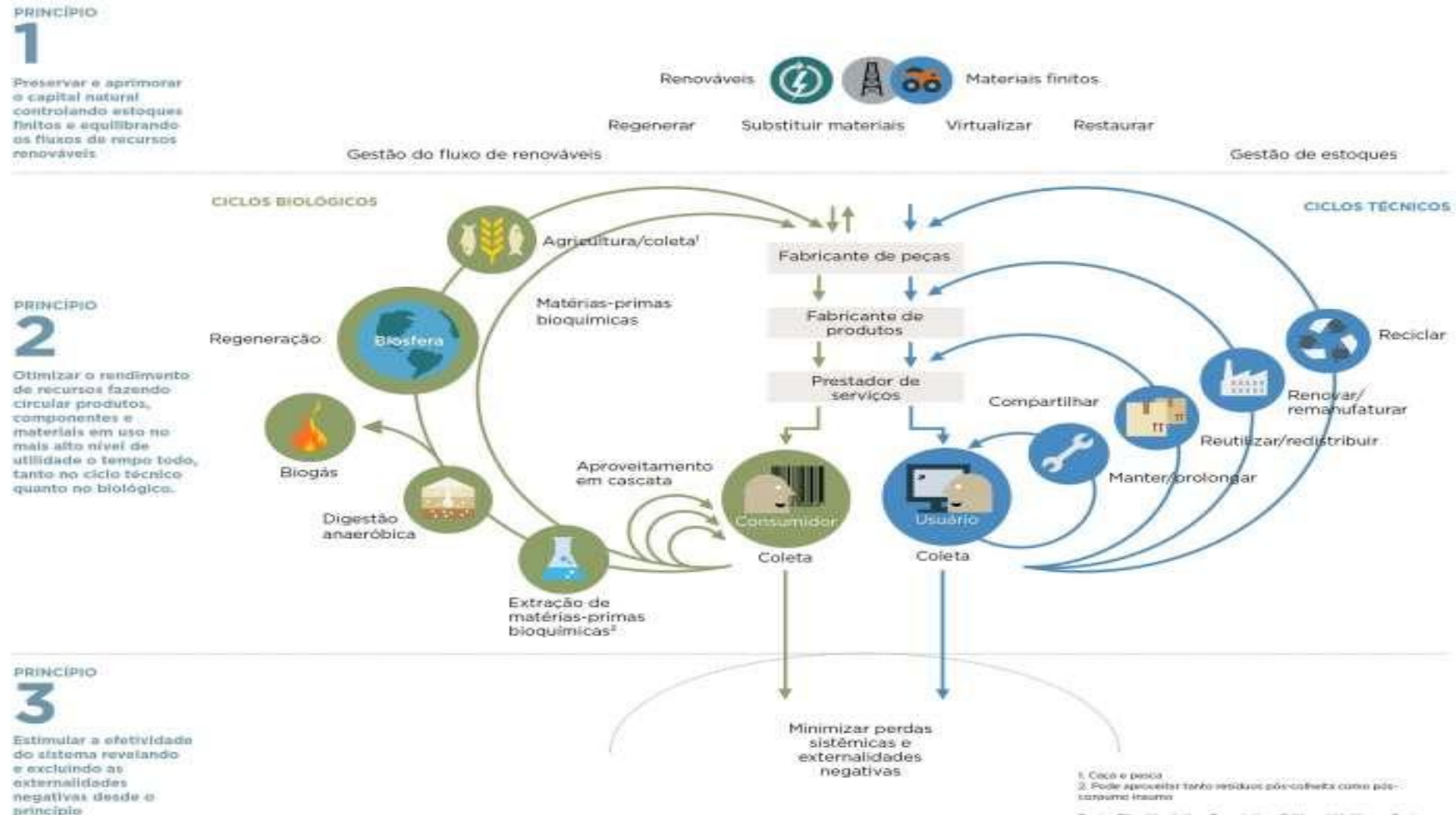
Fonte: Elaborado pela autora.

As definições apresentadas no Quadro 5 evidenciam que a economia circular tem limites indefinidos, que depende dos *stakeholders* envolvidos e de diferentes

pontos de vista (KIRCHHERR *et al.*, 2017; MERLI; PREZIOSI; ACAMPORA, 2018). Há um consenso de que não é um conceito novo, pois combina os princípios de antigas escolas de pensamento, algumas das quais datam da década de 1960 (HOMRICH *et al.*, 2018; NIERO, 2018). Mas, ainda assim é um campo de pesquisa relativamente jovem (BOCKEN *et al.*, 2017). Para De Jesus *et al.*, (2018), as definições destacam um conjunto de elementos centrais que caracterizam a EC, destacando: a) a minimização de insumos e uso eficiente de recursos regenerativos (eficiência de materiais e energia, bem como terceirização e priorização do uso de materiais renováveis e não perigosos); b) extensão do ciclo de vida e reconceitualização de sistemas (opções de reparo, recondicionamento e remanufatura; aquisição, novos modelos de negócios baseados, por exemplo, em compartilhamento ou reutilização; *design* - do desenho de políticas à abordagem de ciclo de vida e *ecodesign*) ; c) valorização da redução de produção e minimização de resíduos (reciclagem, redes de recuperação e valorização de subprodutos e resíduos).

No conceito de EC faz-se a diferenciação de dois tipos de ciclos: o ciclo biológico e o ciclo técnico (ver Figura 4). Esta diferenciação originou-se na abordagem *cradle-to-cradle (do berço ao berço)*, que enfatiza a composição molecular dos materiais, distinguindo “nutrientes biológicos” e “nutrientes tecnológicos”, de forma a diferenciar os materiais que podem retornar ao meio ambiente e aqueles que devem permanecer nos ciclos industriais (McDONOUGH; BRAUNGART, 2010). Assim, a Fundação Ellen MacArthur elaborou um diagrama sistêmico para mostrar o fluxo contínuo de materiais tecnológicos e biológicos através do *círculo de valor*. Os nutrientes biológicos devem ser reincorporados nos ciclos biológicos, constituindo um novo capital natural, que reduz a extração excessiva de recursos naturais, utilizando-se materiais renováveis e reutilizando energia e resíduos orgânicos por meio da digestão anaeróbia.(ELLEN MACARTHUR FOUNDATION *et al.*, 2015); já os materiais tecnológicos, devem ser projetados para circular com o máximo de agregação de valor em ciclos sucessivos, promovendo o prolongamento da vida útil do produto através de uma hierarquia de circularidade: reutilizar, reparar, remodelar, remanufaturar e reciclar (BLOMSMA; BRENNAN, 2017 ; POTTING *et al.*, 2017; ZHAO; ZHU, 2015), evitando retorno à biosfera na forma de disposição em aterros. O diagrama sistêmico é apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Diagrama sistêmico para uma economia circular



Fonte: Fundação Ellen MacArthur *et al.*, (2015).

### 3.1.1 Princípios que regem a economia circular

O trabalho da Fundação Ellen MacArthur (EMF) é referência em EC e tem sido adotado extensivamente por profissionais. A fundação reconhece que a origem dos princípios da EC advém de diversas Escolas de Pensamento (descritas na seção 3.2), como tal, propõe três princípios fundamentais para a transição (ELLEN MACARTHUR *et al.*, 2015; MORENO *et al.*, 2016):

- a) **Princípio 1:** Preservar e melhorar o capital natural controlando a utilização de recursos finitos e equilibrando os fluxos de recursos renováveis; o que significa que a tecnologia e os processos são escolhidos sabiamente de acordo com o uso de recursos renováveis ou de melhor desempenho. Desta forma, é de fundamental importância poupar a utilização de recursos; além de priorizar a utilização de recursos renováveis que apresentem melhor desempenho, de acordo com seu aproveitamento priorizando a regeneração do capital natural.
- b) **Princípio 2:** Otimizar o rendimento de recursos naturais através da circulação de materiais, componentes e produtos, na mais alta utilidade em todos os momentos, tanto em ciclos técnicos como biológicos; ou seja, projetar produtos para que o ciclo de vida seja prolongado, favorecendo sua manutenção, remanufatura, reforma, reciclagem e compartilhamento, preservando a energia embutida e outros valores antes do descarte final. Para isso, deve-se evitar o uso de materiais tóxicos e prejudiciais à natureza e ao ser humano. Também se refere ao incentivo de nutrientes biológicos para reentrar na biosfera da maneira mais segura possível para se tornar matéria-prima valiosa para um novo ciclo.
- c) **Princípio 3:** Promover a eficácia do sistema de forma a reduzir as externalidades negativas; isso inclui reduzir os danos à utilidade humana, como alimentos, mobilidade, abrigo, educação, saúde e entretenimento, e gerenciar externalidades, como uso da terra, poluição do ar, da água e do ruído, liberação de substâncias tóxicas e mudanças climáticas.



Seguindo esses princípios, a Fundação Ellen MacArthur definiu quatro formas de geração de valor:

- a) ciclismo menor/mais rápido com menos energia e recursos (na fase de uso/consumo dos produtos): através da manutenção, reparação e adaptação de produtos e serviços existentes;
- b) ciclismo por mais tempo - prolongar a vida útil dos produtos e processos existentes;
- c) uso em cascata – criando novas combinação de recursos e componentes materiais, e a compra de resíduos de luxo (*upcycled*);
- d) ciclos regenerativos puros – Reutilizar 100% dos recursos e materiais.

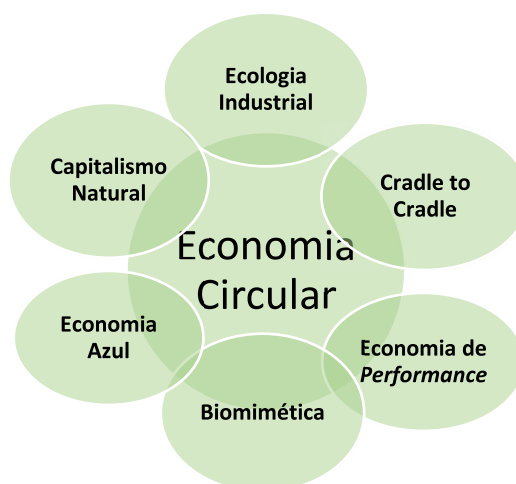
Para De Jesus *et al.*, (2018), os princípios e componentes que compõem a EC a tornam um modelo de sistema deliberadamente projetado para ser restaurador, substituindo o conceito de fim de vida da economia linear por novos fluxos circulares de reutilização, restauração e renovabilidade, a partir de um processo integrado que abrange toda a cadeia de valor. Dessa forma, com relação aos benefícios econômicos as empresas têm como objetivo aumentar as suas vendas e lucros de forma a serem mais competitivas e lucrativas, para tal é necessária uma abordagem que leve em conta o modelo de negócio, o *design* de produtos e das cadeias de fornecimento e a escolha de materiais (DE JESUS *et al.*, 2018; LIEDER; RASHID, 2016). Ambientalmente, a EC diminui as externalidades negativas, ajuda a reduzir emissões e poluentes, reduzir a perda de recursos e aliviar a carga sobre os ecossistemas globais (DE JESUS *et al.*,2018; EEA, 2016). Quanto aos benefícios sociais, a EC gera novas oportunidades de emprego e também um novo “conceito de consumidor” (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION *et al.*, 2015).

### **3.2 As Escolas de pensamento precursoras da economia circular**

A revisão da literatura apontou que a Economia Circular é um novo paradigma baseado em uma coleção fragmentada de ideias derivadas de alguns campos científicos, incluindo campos emergentes (KORHONEN; HONKASAL, 2018). Tais campos tratam de estratégias e práticas como a Simbiose Industrial (CHERTOW; EHRENFELD, 2012), sistemas de Serviço de produto (PSS ou Servitização) (TUKKER, 2015), Ecoeficiência (HUPPES; ISHIKAWA, 2009). Essas práticas são

oriundas de Escolas de pensamento organizadas que promovem a sustentabilidade na produção industrial. Os conceitos e teorias propostos por estas Escolas de Pensamento moldaram a revisão da literatura desta tese para identificação das práticas sustentáveis da EC. A Figura 5 ilustra as escolas de pensamento.

Figura 5 - Escolas de pensamento precursoras da Economia circular



Fonte: Elaborada pela autora.

### 3.2.1 Ecologia industrial

A Ecologia Industrial (EI) surgiu em oposição à concepção atual de que os impactos ambientais dos sistemas industriais deveriam ser estudados a partir de uma separação entre o sistema industrial (fonte de impactos) e o meio ambiente (destinatário dos impactos) (GHISELLINI *et al.*, 2016). Ao romper com essa separação, a EI promove a transição de ciclos abertos de materiais e energia para ciclos fechados de produção, nos quais materiais já utilizados voltam a ser usados em novos processamentos (ANDERSEN, 2007; GREGSON *et al.*, 2015). Em termos gerais, o conceito Ecologia Industrial pode ser entendido como o estudo das interações entre a indústria e os sistemas ecológicos (ANDERSEN, 2007).

Para Silva (2019), os elementos-chave da EI são: analogia biológica, perspectivas sistêmicas, modificações tecnológicas, cooperação, desmaterialização, ecoeficiência e pesquisa e desenvolvimento. Na EI, a ecoeficiência é atingida pela oferta de bens e serviços a preços competitivos e produzidos com baixo impacto ambiental, satisfazendo as necessidades humanas e, ao mesmo tempo, contribuindo para a qualidade de vida. A busca continuada da ecoeficiência reduz progressivamente

o impacto ecológico e a intensidade de utilização de recursos ao longo do ciclo de vida de produtos. A longo prazo, produtos e processos ecoeficientes devem atingir um nível de exigência de recursos naturais que não ultrapasse a capacidade de regeneração estimada para o planeta (HUPPES; ISHIKAWA, 2009).

### 3.2.2 *Cradle to Cradle*® (C2C)

A escola de pensamento *Cradle to Cradle* (do berço ao berço) baseia-se na proposta de que os produtos podem ser concebidos de tal forma que os seus materiais constituintes circulem indefinidamente nos sistemas biológicos ou técnicos, utilizando energia de fontes renováveis (McDONOUGH; BRAUNGART, 2010). Tal circulação minimizaria o dano ambiental causado por produtos, processos produtivos e práticas de distribuição, reduzindo a necessidade de disposição final (VISSER, 2010). No contexto do C2C, as saídas (desperdícios e resíduos) de um processo se tornam entradas (recursos) para outros processos ou sistemas (McDONOUGH; BRAUNGART, 2010). O C2C também sugere o uso de material e energias renováveis (McDONOUGH; BRAUNGART, 2010). Além disso, o *design* do produto é inspirado no metabolismo biológico, convertendo-o no metabolismo técnico dos fluxos de materiais em sistemas industriais (McDONOUGH; BRAUNGART, 2010). Assim, o C2C é principalmente uma filosofia de *design* com duas categorias principais de materiais: técnica e biológica. (McDONOUGH; BRAUNGART, 2010).

Através do *design*, é possível proporcionar inovação, durabilidade, qualidade e segurança (pela eliminação de materiais tóxicos) e, principalmente, potencializar a recirculação dos materiais e componentes dentro da cadeia de valor projetando-os para mais de um único uso (BAKKER et al., 2014; ELLEN MACARTHUR FOUNDATION et al., 2015). O C2C é um *framework* holístico com o objetivo de criar sistemas eficientes, sustentáveis e sem desperdícios, pois o conceito vai além dos processos de *design* e fabricação. (GEISENDORF; PIETRULLA, 2017).

### 3.2.3 Economia de performance

A Economia de *Performance*, é uma economia auto reabastecida, com base em um sistema de malha fechada que resulta na circulação de materiais através de atividades sequenciais de extensão de vida de produto (reutilização, reparo,

recondicionamento, remanufatura e reciclagem) (STAHEL, 2010). Enfatiza a concepção de produtos duradouros, garantindo estratégias de extensão da vida útil do produto e defendendo a venda do serviço de um produto – e não o próprio produto físico (STAHEL, 2010) o que iniciou a ideia de Sistema de Serviço de Produto (*Product-Service System*). A proposta é que os clientes deixam de ser consumidores e passam a ser usuários dos produtos, ou seja, em vez de pagar pela propriedade, os consumidores pagam pelo seu uso, ou por um acesso mensal (por exemplo, usando serviços de canais de *streaming*). O pensamento recente concentrou-se em "desmaterializar" a economia, reduzindo os fluxos materiais na produção e no consumo; criando produtos e serviços que forneçam aos consumidores o mesmo nível de desempenho, mas com um ônus ambiental inerentemente menor (LEWANDOWSKI, 2016; MERLI; PREZIOSI; ACAMPORA, 2018; STAHEL, 2010).

### 3.2.4 Design regenerativo

O *Design* regenerativo é baseado na teoria dos sistemas e destinado a ajudar durante a fase de *design* de produtos e serviços.(GEISENDORF; PIETRULLA, 2017). A palavra regenerativa representa o fato de que energia e os materiais utilizados para o *design* de produtos podem ser renovados e revitalizados (COLE, 2012). A abordagem baseia-se em um modelo de entrada-saída em malha fechada (COLE, 2012). No contexto da economia circular, o *design* regenerativo requer competências centrais em *design* circular para facilitar a desmontagem de produtos, de forma a permitir recondicionar, remanufaturar, reutilizar e reciclar cada um deles, ou seja, garantir seu aproveitamento em cascata (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2015). Para Lewandowski (2016), o *Design* regenerativo ou circular permite a extensão da vida útil do produto por meio de manutenção, reparo, reforma, redistribuição, atualização e revenda (BAKKER *et al.*, 2014; ELLEN MACARTHUR FOUNDATION *et al.*, 2015), pois os produtos devem ser projetados para melhorar sua reutilização, sua reciclagem e seu múltiplo uso. Isso requer um *design* modular e a escolha de materiais que permitam o uso em múltiplos ciclos, além de reutilização, remanufatura, reciclagem ou descarte seguro.

### 3.2.5 Biomimética

Na Biomimética, o processo de inovação pode e deve inspirar-se no conhecimento dos processos naturais. A natureza é a grande fonte de inspiração para a inovação (BENYUS, 1997). A Biomimética preconiza que a inovação deve inspirar-se na natureza, na qual não há desperdício, porque nos ecossistemas o "desperdício" de um organismo é o alimento ou o abrigo de um outro organismo; o que faz com que materiais e energia circulem dentro do ciclo, sem gerar poluição ou disposição final. Considerando tais aspectos, a Biomimética orienta-se para a mudança de paradigma da pergunta: "o que se pode extrair do mundo natural?" para "o que se pode aprender com o mundo natural?". Para Moreno *et al.*, (2016), o design para ciclos circulares foi promovido por Janine Benyus, pois foram analisados como os recursos poderiam se tornar um nutriente para a próxima geração de organismos vivos.

### 3.2.6 *Closed Loop Supply Chain* (Cadeia de Ciclo Fechado)

As cadeias de suprimentos de ciclo fechado (*Closed Loop Supply Chain*) destacam a importância da circularidade (GEISENDORF; PIETRULLA, 2017). O conceito abrange uma orientação explícita para atividades propostas pelos princípios "Rs" de retenção de valor através da remanufatura, recuperação, reciclagem. De acordo com Krikke, Blanc e Van de Velde, (2004), os *Closed-Loop Supply Chain* (CLSC) consistem em uma cadeia de fornecimento direta e reversa, com cinco processos de negócios fundamentais para as atividades reversas: 1) aquisição de produtos através de recompra ou outros métodos de coleta física; 2) logística reversa, incluindo o transporte de bens usados para a localização da reciclagem; 3) classificação de mercadorias devolvidas em uma das seis cadeias reversas de abastecimento, que são: reutilização direta, reparação, renovação, remanufatura, canibalização e sucata (KRIKKE; BLANC; VAN DE VELDE, 2004); 4) recuperação, idealmente na mesma cadeia de suprimentos, de outra forma reutilizada em uma cadeia de suprimentos alternativa, ou aplicação em *loop* aberto (KRIKKE; BLANC; VAN DE VELDE, 2004); 5) redistribuição e venda de produtos secundários em uma cadeia direta usual.

### 3.2.7 Economia Azul (*Blue Economy*)

Os princípios básicos da economia azul propõem que o ambiente local, com suas características ecológicas específicas, seja a base para soluções sustentáveis. A economia azul é definida por seis princípios: a) fazer uso de recursos locais; b) a natureza circundante deve ser imitada com uma abordagem sistêmica; c) a economia azul visa soluções lucrativas através da otimização e geração de "fluxos de caixa múltiplos"; d) Deve satisfazer "todas as necessidades básicas"; e). exige uma cultura inovadora para criar mudanças; f) ser eficiente.

Os mecanismos encontrados na natureza devem ser utilizados para ter uma abundância de recursos; além disso, as empresas devem estabelecer um modelo de negócio inovador e a competitividade são duas características da Economia Azul que servem como motivação.

### 3.2.8 Capitalismo natural

O Capitalismo Natural (CN) refere-se aos ativos naturais do mundo, tais como ar, água, solo, vida selvagem e outros organismos. Esse modelo defende que os interesses do meio ambiente e das empresas não são mutuamente exclusivos, mas sobrepostos (GEISENDORF; PIETRULLA, 2017; HAWKEN *et al.*, 2013). No CN os benefícios ambientais e econômicos são baseados em processos de fabricação mais eficazes, reutilização e reciclagem de materiais, em sintonia com as considerações da Economia circular. (DE JESUS *et al.*, 2018).

Para Hawken *et al.*, (2013), o CN tem quatro princípios: a) a produtividade do capital natural deve ser aumentada, adaptando-se o *design* de produtos e o uso de novas tecnologias nos processos de produção, visando a ampliar a vida útil dos recursos; isso permite que as empresas reduzam custos e ofereçam oportunidades de investimento em novas tecnologias; b) os modelos de produção de inspiração biológica devem ser implementados para reduzir ou eliminar o desperdício, através de sistemas de produção em circuito fechado; c) um modelo de negócio de "serviço-e-fluxo" deve ser encorajado como uma alternativa promissora ao modelo de venda de bens, oferecendo valor aos clientes, ao mesmo tempo em que aumenta a produtividade de recursos; d) as economias de custos dos princípios anteriores

permitem às empresas reinvestirem em capital natural, o que levará a uma maior proporção de regeneração de recursos naturais.

### 3.2.9 Resumo das escolas de pensamento

Cada escola de pensamento contribuiu para a evolução da economia circular; visto que são complementares entre si e forneceram a base para a elaboração dos principais princípios dessa nova abordagem da economia (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION *et al.*, 2015; VAN RENSWOUDE; WOLDE; JOUSTRA, 2015). O surgimento de ideias complementares com origens diferentes reforçam o pensamento de que a economia circular é relevante e possível de ser seguida. Desta feita, para aplicarmos os seus conceitos, faz-se necessário compreender o contraste acerca dos dois modelos econômicos e reconhecer que, para transformar o sistema de produção e consumo desde o início, é improdutivo ter por base o atual modelo linear.

O Quadro 6 sintetiza as principais características e contribuições das escolas e respectivos autores identificados na revisão da literatura.

Quadro 6 - Principais contribuições das Escolas de Pensamento

<b>Escola de Pensamento</b>	<b>Principais Contribuições</b>	<b>Autores</b>
Ecologia Industrial	Reduzir os impactos da indústria sobre o meio ambiente, usando os resíduos de um processo industrial como matéria-prima para outro, proposta denominada de Simbiose Industrial.	Chertow (2000); Gregson <i>et al.</i> , (2015); Geisendorf and Pietrulla (2018); Huppés; Ishikawa (2009).
Cradle to Cradle	Incorporar a ideia de ciclo de nutrientes técnicos, de ciclo fechado, com um ciclo biológico de ciclo aberto. Através da eliminação de produtos químicos tóxicos, eliminação dos resíduos e uso de energias renováveis.	McDonough; Braungart (2010); Moreno <i>et al.</i> (2016); Geisendorf e Pietrulla (2018); Ellen MacArthur, (2015).
Economia de Performance	Prolongue a vida útil das mercadorias criando <i>loops</i> de reutilização, reparo, recondicionamento, reciclagem ou recuperação de energia.	Ellen MacArthur, (2015); Geisendorf e Pietrulla (2018); Ghisellini <i>et al.</i> , (2016); Stahel, (2010), Moreno <i>et al.</i> , (2016); Tukker (2015).
Biomimética	Imite a natureza de acordo com os princípios: a natureza funciona com a luz do sol, a natureza usa apenas a energia necessária, a natureza ajusta-se ao funcionamento, a natureza recicla tudo, a natureza coopera, a natureza depende da diversidade.	Benyus (2004); Geissdoreffer <i>et al.</i> (2017); De Jesus <i>et al.</i> (2018); McDonough; Braungart (2010); Bocken <i>et al.</i> , (2016).
Economia Azul	Novas soluções de negócios que usam recursos disponíveis em sistemas em cascata e desperdício de um produto como entrada para criar um novo.	Pauli (2010); Blomsma; Brennan (2017); Bocken <i>et al.</i> , (2017); Ellen MacArthur, 2015; Ghisellini <i>et al.</i> , (2016)
Design Regenerativo	Coloque a natureza de volta no centro de todos os processos industriais, seja usando diretamente seus ativos ou como modelo.	Moreno <i>et al.</i> (2016); Lewandowski (2016); Bocken <i>et al.</i> , (2014).
Closed-Loop Supply Chain	Estabeleça uma rede de usuários de produtos devolvidos, exigindo centros de coleta, classificação e reprocessamento, incluindo aquisição de produtos, logística reversa, inspeção e separação, reprocessamento e revenda.	Ludeke-Freund, Gold; Bocken (2019); Potting <i>et al.</i> (2017); Elia <i>et al.</i> , (2017); Ellen MacArthur, 2015; Bocken <i>et al.</i> , (2016).
Capitalismo Natural	Atender ao interesse comercial e ambiental ao mesmo tempo, buscando um aumento radical na produtividade dos recursos. Mudar para um setor baseado em modelos biológicos com <i>loops</i> fechados e desperdício zero, movendo-se para uma economia de serviços e reinvestindo no capital natural.	Hawken <i>et al.</i> (2013); Bocken <i>et al.</i> (2014); Elia <i>et al.</i> (2017); Geisendorf; Pietrulla (2018); Lewandowski (2016).

Fonte: Elaborado pela autora.



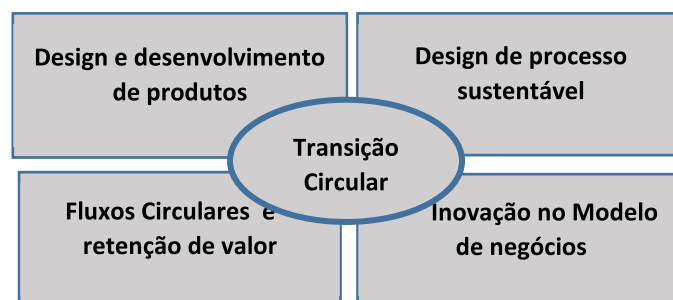
### 3.3 Os elementos de transição para a economia circular

Para que a transição aconteça, faz-se necessário saber como fazer esta transição, ou seja, por onde começar e o que mudar para criar essa nova economia. Muitos organismos de pesquisa, de consultoria e acadêmicos têm pesquisado sobre a implementação da EC em diversos países da Europa e China, sendo que o *framework* mais utilizado é o proposto pela Fundação Ellen MacArthur, que identificou que a implementação bem-sucedida da EC requer uma sinergia entre quatro “blocos de construção”: materiais e *design* de produtos, novos modelos de negócios, fluxos circulares e condições propícias (elementos Habilitadores) (LIEDER; RASHID, 2016; PLANING, 2015; ELLEN MACARTHUR FOUNDATION *et al.*, 2015). Estes componentes são amplamente aceitos e suportados por acadêmicos e gestores.

Já Weetman (2016) integrou as principais abordagens das escolas de pensamento em um *framework* com seis dimensões que orientam a transição para a EC, duas a mais que as dimensões propostas pela Fundação Ellen MacArthur. As dimensões acrescentadas por Weetman (2016) são: insumos circulares e *design* do processo mais sustentável.

A Figura 6, a seguir, descreve os elementos ou blocos de construção que serão utilizados neste estudo.

Figura 6 - Blocos de construção da economia circular



Fonte: Elaborada pela autora.

#### 3.3.1 *Design* e desenvolvimento de produto circular

Do ponto de vista ecológico, o *design* do produto deve resultar em produtos caracterizados pela diminuição da intensidade do uso de material, insumos menos tóxicos, biodegradabilidade, durabilidade, facilidade de recuperação e baixo consumo

de energia ao longo da vida (STINDT, 2018). O *design* e desenvolvimento de produtos é reconhecido, na literatura, como um catalisador para se afastar do modelo tradicional linear e alcançar uma economia mais restaurativa, regenerativa e circular (MORENO *et al.*, 2016). O *design* para EC deve considerar diferentes estratégias de projeto para sistemas de malha fechada como um ponto crucial para seu sucesso e também deve considerar o modelo de negócios para o qual o produto está sendo projetado (MORENO *et al.*, 2016), ou seja, o *design* de produtos circulares precisa ser *adequado ao propósito* de acordo com o modelo de negócio escolhido (LIEDER; RASHID, 2016; MORENO *et al.*, 2016).

As empresas devem dar uma abordagem diferente ao projeto de produtos que possibilite a reutilização, reciclagem e o *cascadeamento* (o resíduo de um processo se tornar entrada de outro); devem ser utilizados insumos sustentáveis na sua lista de materiais, para que sejam seguros, não tóxicos, renováveis e de preferência, reciclados e recicláveis (McDONOUGH; BRAUNGART, 2010; MURA *et al.*, 2020; WEETMAN, 2016; ZHU *et al.*, 2010), denominado de insumo circular (WEETMAN, 2016).

A literatura sobre o *design* e desenvolvimento de produtos analisou o paradigma da economia circular, enfatizando o papel desempenhado pelas estratégias de *design* com as diretrizes do *design* para sustentabilidade (DfX), fornecendo critérios direcionais para o projeto com múltiplos ciclos de vida com uma combinação de estratégias de *design* ecológico (*eco-design*). Assim, DfX é o termo usado para representar a abordagem holística e mais representativa do “*design* circular”, incluindo: *Design* para Ambiente (*Design for environment*) e *Design* para remanufatura (*Design for remanufacture*), que leva a outras estratégias de *design* como *Design* para atualização (*Design for upgrade*), *Design* para montagem (*Design for assembly*), *Design* para desmontagem (*Design for disassembly*), *Design* para Modularidade (*Design for Modularity*), *Design* para Manutenção (*Design for Maintainability*) e *Design* para Confiabilidade (*Design for Reliability*) (BOCKEN *et al.*, 2016; DE LOS RIOS; CHARNLEY, 2016; MORENO *et al.*, 2016). A adoção e implementação dessas práticas pelas empresas permite estender a vida útil dos produtos, usando menos recursos e materiais, e mantendo-os em seu valor mais alto em qualquer ponto do ciclo de vida dos produtos, além de repensar as maneiras, processos e recursos pelos quais os produtos são projetados e comercializados para o cliente final (URBINATI *et al.*, 2017).

Os trabalhos de Bocken *et al.*, (2016) e de Moreno *et al.*, (2016) reuniram a literatura sobre *design* de produtos de consumo e de modelos de negócios circulares. Os trabalhos retratam as estratégias para fechamento de *loop* de materiais, especialmente para recuperação e reciclagem, de forma a manter os materiais circulando pela economia; estas estratégias estão detalhadas no Quadro 7.

Quadro 7 - Estratégias de design para promover circularidade

<b>Estratégias de Design</b>	<b>Descrição</b>	<b>Autores</b>
<i>Design</i> para suprimentos circulares	Concentra-se principalmente nos ciclos biológicos e refere-se a pensar em “desperdício é igual a alimento”, no qual os recursos são capturados e retornados ao seu ciclo natural sem prejudicar o meio ambiente.	Moreno <i>et al.</i> , (2016); Lacy; Rutqvist, (2015)
<i>Design</i> para múltiplos ciclos	Estratégia que se concentra no ciclo técnico e biológico e refere-se ao <i>design</i> que visa permitir a maior circulação de materiais e recursos em múltiplos ciclos.	Bocken <i>et al.</i> , (2016); Bakker <i>et al.</i> , (2014);
<i>Design</i> para o uso prolongado do produto ou extensão da vida útil	Estratégia que se concentra no ciclo técnico e refere-se à ampliação da utilização de um produto durante sua utilização, prolongando sua vida útil e oferecendo serviços para reutilização, reparo, manutenção e atualização.	Bakker <i>et al.</i> , (2014);
<i>Design</i> para durabilidade	Estratégia que se refere à durabilidade física. Desenvolver produtos que podem sofrer desgaste sem quebrar.	Bocken <i>et al.</i> , (2016); Stahel, (2010); Moreno <i>et al.</i> , (2016)
<i>Design</i> para montagem	<i>Design</i> que sugere uma diminuição no número e diversidade de elementos, redução de áreas de processo, otimização de manejo e simplificação no encaixe de componentes.	Moreno <i>et al.</i> , (2016); Bocken <i>et al.</i> , (2016)
<i>Design</i> para desmontagem	É uma estratégia que se sobrepõe e contribui para o <i>design</i> de um ciclo tecnológico e biológico. Trata-se de garantir que produtos e peças possam ser separados e remontados facilmente, facilitando o reparo, a remanufatura e até a reciclagem.	Bocken <i>et al.</i> , (2016)
<i>Design</i> para modularidade	Estratégia que permite que o produto seja facilmente desmontado para recondicionamento/remanufatura ou reciclagem.	Moreno <i>et al.</i> , (2016); Bocken <i>et al.</i> , (2016);
<i>Design</i> para confiabilidade	Projetado para uma alta probabilidade de que um produto funcione durante um determinado período sem apresentar falhas, quando mantido de acordo com as instruções/ especificações do fabricante.	Moreno <i>et al.</i> , (2016); Bocken <i>et al.</i> , (2016)

Fonte: Elaborado pela autora.

### 3.3.2 *Design* de processo circular

O processo de manufatura deve incluir o planejamento de fluxos circulares, de modo a preservar “nutrientes” para uso futuro; também precisam minimizar o uso de recursos, tanto de materiais quanto de inputs de processo, como energia, água e outros insumos que se transformam em recursos incorporados nos produtos (WEETMAN, 2016). Uma mudança para um *design* de processo circular, permitirá a processos para remanufatura ou renovação (*up grade*) de produtos para novos ciclos de uso. Um bom *design* de processo deve promover a circularidade em todos os estágios ao longo da cadeia de suprimentos.

No *design* de processos circulares devem ser considerados os princípios de *retenção de valor* e uso mais eficiente de materiais e energia (GHISELLINI *et al.*, 2016). Sendo assim, o princípio de *Redução* visa minimizar a entrada de energia primária, matérias-primas e resíduos através da melhoria da eficiência na produção com a integração das questões ambientais (ecoeficiência) e nos processos de consumo, por exemplo, introduzindo melhores tecnologias, ou produtos mais compactos e leves, embalagens simplificadas, mais eficientes eletrodomésticos, um estilo de vida mais simples, etc (GHISELLINI *et al.*, 2016; SU *et al.*, 2013).

O princípio da *Reutilização* refere-se a "qualquer operação pela qual produtos ou componentes que não sejam resíduos sejam usados novamente para o mesmo propósito para o qual foram concebidos " (GHISELLINI *et al.*, 2016). A reutilização de produtos é muito atraente em termos de benefícios ambientais, pois requer menos recursos, menos energia e menos mão de obra, em comparação com a fabricação de novos produtos a partir do uso de materiais virgens (GHISELLINI *et al.*, 2016; POTTING *et al.*, 2017). A reutilização de mercadorias refere-se ao uso de um produto, novamente, para a mesma finalidade. Ele prevalece para uso, mantendo a forma original com poucas melhorias ou alterações (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION *et al.*, 2015).

O princípio de *Reciclagem* refere-se a " qualquer operação de recuperação pela qual os resíduos sejam reprocessados em produtos, materiais ou substâncias, seja para fins originais ou outros" (GHISELLINI *et al.*, 2016; POTTING *et al.*, 2017).

### 3.3.3 Fluxos circulares e retenção de valor

O terceiro bloco de construção é chamado de “Fluxos circulares”. A ideia do bloco é que novas habilidades são necessárias para o retorno dos materiais ao setor industrial, assim apoiar o *design* da economia circular, fechando o ciclo de produção. Uma forte cadeia de retorno (logística reversa) pode ajudar a reduzir custos trazendo materiais de retorno que têm um custo mais baixo para recuperação e reprocessamento em comparação com o fornecimento de materiais virgens. O objetivo final subjacente a esse princípio é manter os recursos no nível mais alto sempre que possível, mesmo no final do ciclo de vida do produto. Para isso também é importante envolver os clientes para devolverem os produtos (LACY; RUTQVIST, 2015).

De acordo com Kalverkamp, Pehlken e Wuest (2017) deve ser seguida uma hierarquia entre as diversas atividades de logística reversa: a reutilização é geralmente preferível à reciclagem, uma vez que grande parte do valor intrínseco do produto permanece intacto. Além disso, os produtos devem ser reprojitados com o objetivo de possibilitar vários ciclos de vida, a fim de melhorar a reutilização, a reforma, a remanufatura e a reciclagem (BRESSANELLI *et al.*, 2018). Numa perspectiva do ciclo em circuito fechado, um componente será reutilizado ou reciclado para a mesma aplicação (um pneu se torna um pneu novamente), enquanto, em uma perspectiva de circuito aberto, materiais e componentes entram em outra aplicação (um pneu se torna relva artificial) (KALVERKAMP; PEHLKEN; WUEST, 2017).

Potting *et al.*, (2017) sistematizaram um modelo de estratégias, para serem aplicadas ao nível do produto, baseado nos 9Rs para a transição para a EC, apresentado na Figura 7. A proposta é que a transição para a EC depende, não apenas da recuperação e reciclagem, mas de outras estratégias que devem ser aplicados, inicialmente, a nível micro. O modelo de Potting *et al.*, (2017) apresenta uma visão que abrange a manufatura e uso de produtos, a extensão da vida de produtos e a aplicação útil de materiais.

Figura 7 - Estratégias de circularidade, em ordem de prioridade



Fonte: Adaptada de Potting *et al.*, (2017, tradução nossa).

### 3.3.5 Modelo de negócios Circular

O quarto bloco é a adoção de novos modelos de negócios para a economia circular (*Circular business model - CBM*) ou inovação no modelo de negócios para economia circular (*Circular business model innovation*), que são caracterizados por uma nova abordagem para gerar valor econômico e criar produtos e serviços que visem: a) empregar menos materiais e recursos para produtos e/ou serviços; b) prolongar a vida útil dos produtos; e c) fechar o ciclo com a recuperação do valor dos resíduos, mantendo e/ou melhorando a competitividade da empresa (BIANCHINI *et al.*, 2019; BOCKEN *et al.*, 2014; BOCKEN *et al.*, 2016; GEISSDOERFER *et al.*, 2018; LEWANDOWSKI, 2016; LINDER; WILLIANDER, 2017).

Um modelo de negócios é uma ferramenta conceitual para ajudar a entender como uma empresa faz negócios e pode ser usada para análise, comparação e avaliação de desempenho, gerenciamento, comunicação e inovação (OSTERWALDER *et al.*, 2005). Quatro características principais dos modelos de

negócios emergem da literatura (BOCKEN *et al.*, 2014; BOONS; LUDEKE-FREUND, 2013; OSTERWALDER; PIGNEUR, 2005): a proposta de valor, referente ao valor embutido no produto / serviço oferecido pela empresa; a rede de valor, referindo-se às relações com a rede incluindo clientes, fornecedores e outros atores; a captura de valor, referente a fluxos de custos e receitas; e a criação e entrega de valor, referindo-se às principais atividades, recursos, canais, tecnologia e padrões que criam valor e a forma como o valor é então (re) distribuído.

A escolha do modelo de negócios orienta a arquitetura dos negócios e os caminhos de expansão da empresa; sendo que, uma vez estabelecido estes caminhos, as empresas podem encontrar dificuldade para mudar ou adotar novos modelos de negócios (BOCKEN *et al.*, 2016). A mudança para um CBM é uma mudança radical, que exigirá uma nova forma de pensar e fazer negócios (BOCKEN *et al.*, 2016; FRISHAMMAR; PARIDA, 2019). Em um modelo de negócios para a Economia circular a criação de valor está baseada na utilização do valor econômico retido em produtos após o uso, através da produção de uma nova oferta (BAUDET, 2017; LINDER; WILLIANDER, 2017; MENTINK, 2014). Assim, a criação, a entrega e a captura de valor acontecem ao desacelerar, fechar ou estreitar os fluxos de energia e materiais (BOCKEN *et al.*, 2016; GEISSDOERFER *et al.*, 2018; OGHAZI; MOSTAGHEL, 2018; PIERONI; McALLONE; PIGOSSO, 2020).

Um *CBM* precisa criar valor para o cliente e, ao mesmo tempo, gerar lucro para a empresa, ou seja, tem um importante papel de unir esses dois tipos de criação de valor em um único conceito (LINDER; WILLIANDER, 2015), por isso é vital estudar modelos de negócios em EC para determinar os benefícios econômicos reais, a nível de empresa (LINDER; WILLIANDER, 2017; RANTA *et al.*, 2018).

Considerando que o campo de pesquisa sobre modelos de negócios para a EC está em fase de maturação e consolidação, diversas publicações sobre o tema CBM surgiram nas bases de dados (BOCKEN *et al.*, 2014; BOCKEN *et al.*, 2016; GEISSDOERFER *et al.*, 2018; ; LEWANDOWSKI, 2016; PIERONI; McALLONE; PIGOSSO, 2020). Assim, a literatura apresenta diversas taxonomias e arquétipos de modelos de negócios circular (BAKKER *et al.*, 2014; ; BOCKEN *et al.*, 2014; BOCKEN *et al.*, 2016; LACY; RUTQVIST, 2015; LEWANDOWSKI, 2016; LUDEKE-FREUND *et al.*, 2019; MORENO *et al.*, 2016), que serão detalhadas no Quadro 9, a seguir.

Para Moreno *et al.*, (2016) e De Los Rios e Charnley (2017), as taxonomias de modelos de negócios circular apresentam um discurso fundamentado em termos

econômicos de geração de valor, atividades e fontes de receita. Para Rizos *et al* (2016), faz-se necessário um conhecimento abrangente da concepção de modelos de negócios circulares para estimular e fomentar a implementação da EC a um nível micro. Vincular a EC com a prática empresarial requer modelos de negócios específicos suportados por uma estrutura que capture os princípios da EC (LIEDER; RASHID, 2016). Para Lewandowski (2016), os elementos constituintes dos modelos de negócios circulares são derivados dos princípios da EC. Na literatura, tais elementos são entendidos e definidos de forma variada, por exemplo o *framework* ReSOLVE (*regenerate, share, optimize, loop, virtualize, exchange*) proposto pela Fundação Ellen MacArthur (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION *et al.*, 2015), com novas formas de criação de valor circular (VAN RENSWOUDE; WOLDE; JOUSTRA, 2015) e requisitos normativos para modelos de negócios (BOONS; LUDEKE-FREUND, 2013).

Para Sehnem *et al.*, (2019) as premissas dos CBM incluem: fornecimento circular - energia renovável, combustíveis e produtos de base biológica; resíduos como um recurso do qual recursos e energia úteis podem ser recuperados; plataformas de compartilhamento de simbiose industrial- aumentando a taxa de utilização de produtos e aumentando o número de usuários; obter mais benefícios com o mesmo volume de mercadorias, eliminando o tempo de inatividade; o produto como serviço - desmaterialização de produtos; e fornecer acesso aos produtos, mantendo a propriedade do produtor.

No Quadro 8 são apresentados os modelos de negócios mais presentes na literatura pesquisada.

Quadro 8 - Modelos de negócios circular (CBM) encontrados na Literatura

Autores	Propostas de Modelos de negócios circular
Lacy; Rutqvist, (2015)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Suprimentos circulares;</li> <li>2. Recuperação de recursos;</li> <li>3. Extensão da vida útil do produto;</li> <li>4. Plataformas de compartilhamento;</li> <li>5. Produto como serviço;</li> <li>6. Virtualização.</li> </ol>
Bakker <i>et al.</i> , (2014)	<p>Propuseram cinco arquétipos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Modelo clássico de longa vida;</li> <li>2. Modelo híbrido (combinar produto durável com consumíveis de curta duração);</li> <li>3. Modelo explorador de lacunas (componentes de produtos que duram mais do que o resto);</li> <li>4. Modelo de acesso (o cliente paga pelo acesso à produtos);</li> <li>5. Modelo de desempenho (o cliente paga pelo desempenho em vez de produtos).</li> </ol>



Mentik, (2014)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Manutenção;</li> <li>2. Reparar;</li> <li>3. Redistribuição (ou reutilização sem tratamentos);</li> <li>4. Atualização (up-grade);</li> <li>5. Remanufaturar;</li> <li>6. Reciclar;</li> <li>7. Recuperar energia;</li> <li>8. Disposição final.</li> </ol>
Bocken <i>et al.</i> , (2014)	<p>Propuseram oito arquétipos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Maximizar a Eficiência de Recursos</li> <li>2. Criar valor a partir de resíduos;</li> <li>3. Substituir por renováveis e processo naturais;</li> <li>4. Entregar funcionalidade em vez de propriedade;</li> <li>5. Adotar papel de mordomia;</li> <li>6. Incentivar a suficiência;</li> <li>7. <i>Re-purpose</i> o negócio para a sociedade/ambiente;</li> <li>8. Desenvolver soluções de <i>scale-up</i>.</li> </ol>
Fundação Ellen MacArthur (2015)	<p>Proposta de seis arquétipos, <i>Framework ReSOLVE</i>:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Regenerar,</li> <li>2. Compartilhar;</li> <li>3. Otimizar;</li> <li>4. Fechar ciclo;</li> <li>5. Virtualizar;</li> <li>6. Trocar.</li> </ol>
Planning, (2015)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Modelo de acesso/consumo colaborativo;</li> <li>2. “modelo de desempenho/ produtos como serviços/ modelos baseados em resultados”;</li> <li>3. reutilizar/ reformar/ manter/ redistribuir/ vendas da próxima vida;</li> <li>4. “modelo híbrido/ modelo explorador de lacunas”;</li> <li>5. venda de remanufatura da próxima vida;</li> <li>6. upgrade;</li> <li>7. transformação do produto;</li> <li>8. reciclagem de produto 2.0;</li> <li>9. ix) recuperação de energia.</li> </ol>
Bocken <i>et al.</i> , (2016)	<p><i>Modelos para “Retardar Loop de recursos” (produtos com vida mais longa):</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Modelo de acesso e desempenho;</li> <li>2. Vida Longa clássica;</li> <li>3. Estender o valor do Produto;</li> <li>4. Incentivar a suficiência</li> </ol> <p><i>Modelo para Fechar Loop de recurso (criar valor com o que seria resíduo)</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>5. Estender o valor do recurso;</li> <li>6. Simbiose Industrial</li> </ol>
Moreno <i>et al.</i> , (2016)	<p>Sistematizaram cinco arquétipos, identificando a contribuição para os fluxos de valor:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Plataforma de compartilhamento;</li> <li>2. Extensão do valor dos produtos;</li> <li>3. Extensão da vida útil do produto;</li> <li>4. Valor do recurso;</li> <li>5. Suprimentos circulares.</li> </ol>
Norma BS-8001 (2017)	<p>Modelos de negócios circulares baseados em:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Na demanda (On-demand);</li> <li>2. Na Desmaterialização (Desmaterialization);</li> <li>3. Extensão / reutilização do ciclo de vida do produto;</li> <li>4. Recuperação de matérias-primas secundárias;</li> <li>5. Produto como serviço/sistema de serviço de produto (PSS);</li> <li>6. Economia de Compartilhamento e Consumo colaborativo</li> </ol>

Fonte: Elaborado pela autora.

Para Geissdoefer *et al.*, (2018) a criação de valor, a proposta e a captura de valor dos modelos de negócios EC devem atender às três dimensões da sustentabilidade. O Quadro 9 apresenta como cada elemento do modelo é afetado pelas dimensões econômicas, ambientais e sociais (*triple bottom line*) e a orientação de longo prazo (sustentabilidade corporativa).

Quadro 9 - Dimensões de sustentabilidade em modelos de negócios circulares

Dimensões de sustentabilidade	Proposta de valor	Criação de valor/ Sistema de entrega	Captura de valor
Sustentabilidade Econômica	Ofertas (produtos e serviços) com margem econômica para garantir lucro.	Incentivos para atores na cadeia de fornecimento para estender o uso do produto (reparação, design durável) e o descarte de recursos ao sistema de valor.	Lucro (ou pelo menos não resultado negativo) para cada <i>stakeholder</i> . Novo modelo de receita pode ser projetado.
Sustentabilidade Ambiental	Produtos e serviços projetados para minimizar o esgotamento dos recursos naturais e reduzir o impacto ambiental.	Produção ecoeficiente e operações logísticas.	Redução do ônus ambiental ao extrair mais valor do consumo de recursos naturais.
Sustentabilidade Social	Maximizar o valor do produto e serviço para o bem-estar da sociedade.	Abordagem pró-ativa para as partes interessadas nos <i>loops</i> fechados.	Mais consciência ambiental sobre o valor dos produtos.
Proteção das gerações futuras	Capacidade de longo prazo para abordar preocupações econômicas, ambientais e sociais.	Mudanças incrementais e radicais no nível do sistema para garantir parcerias de longo prazo.	Preparação dos sistemas de produção atuais para tornar a economia circular "perfeita" viável no futuro.

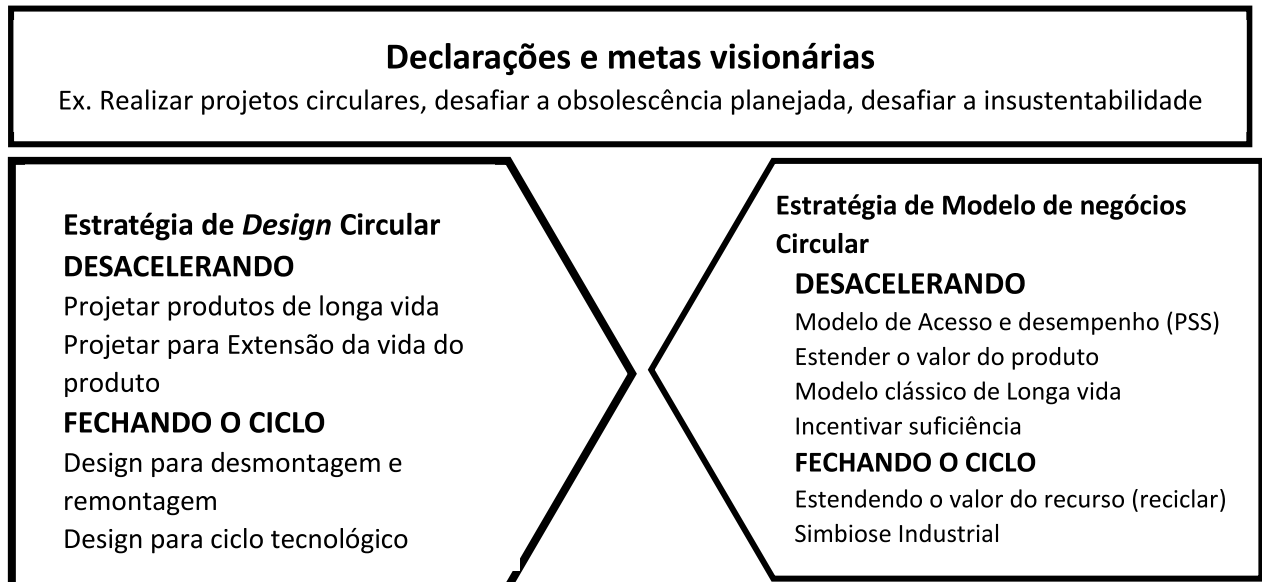
Fonte: Adaptado de Geissdoefer *et al.*, (2018, tradução nossa).

Moreno *et al.*, (2016) elaboraram um *framework* mapeando as cinco estratégias de *design* circular e os cinco modelos de negócios circulares propostos por Bocken *et al.*, (2016) e Lacy e Rutqvist (2015), que descreve o fluxo de valor em relação à fonte de receita para cada um dos cinco *CBM*; indo de encontro aos princípios propostos pela Fundação Ellen MacArthur (2015), da necessidade de se desenvolver sistemas industriais que se afastem do esgotamento de recursos e, ao mesmo tempo, obter benefícios econômicos, sociais e ambientais (BOCKEN *et al.*, 2016).

Bocken *et al.*, (2016) sugeriram arquétipos de modelos de negócios baseados no *design* de produtos; ou seja, o modelo de negócios precisa ser implementado em conjunto com o *design* de produtos. Assim, eles propuseram um *Framework* para

orientar a adoção de práticas de EC, abordando o contexto de *design* de produtos e mudanças no modelo de negócios, visto que estão diretamente relacionados. A Figura 8 apresenta esta inter-relação.

Figura 8 - *Framework* de *design* de produtos e modelos de negócios na EC



Fonte: Adaptada de *Bocken et al.* (2016, tradução nossa).

### 3.4 Elementos habilitadores para a transição

Os elementos habilitadores referem-se aos fatores que suportam as mudanças necessárias no nível dos sistemas promovendo as condições necessárias para a implantação do modelo econômico Circular. Este componente enfatiza o apoio dos formuladores de políticas e instituições educacionais, acesso à financiamento e gerenciamento de riscos; regulação e desenvolvimento de infraestrutura; tanto para aumentar a conscientização geral quanto para criar a base de habilidade para impulsionar a inovação circular (KORHONEN *et al.*, 2018; LEWANDOWISK, 2016; RIZOS *et al.*, 2016).

A implementação bem-sucedida de uma economia circular requer uma série de ações e elementos, tais como a Colaboração/Cooperação entre empresas da cadeia de fornecimento e outras partes (BOCKEN *et al.*, 2014; RUGGIERI *et al.*, 2016; FONSECA *et al.*, 2018), inovação (DE JESUS; MENDONÇA, 2018; PIERONI *et al.*, 2020; PRIETO-SANDOVAL; JACA; ORMAZABAL, 2018), Novas Tecnologias da informação e tecnologia de produtos e processos (DE SOUSA JABBOUR *et al.*, 2018;

RIZOS *et al.*, 2016;), Abordagem sistêmica (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION *et al.*, 2015; BS 8001:2017), e incentivos governamentais (BOCKEN *et al.*, 2014) e financeiros (LACY;RUTQVIST, 2015)

Os habilitadores (*enablers*) identificados durante a revisão da literatura são apresentados no Quadro 10, a seguir.

Quadro 10 - Elementos habilitadores e alavancadores da EC

<b>Estratégias</b>	<b>Descrição</b>	<b>Referências</b>
<b>Abordagem Sistêmica</b>	É necessário ter um “olhar sistêmico”, de todo o ecossistema- novas formas de produzir, consumir e se relacionar com os clientes; integrar as ações quanto ao design de produtos e processos, modelo de negócios e novas formas de consumir.	Silva <i>et al.</i> , (2019); Ellen MacArthur Foundation (2013); BS 8001:2017
<b>Colaboração/ Cooperação</b>	A organização deve colaborar interna e externamente por meio de arranjos formais e/ou informais para criar valor mútuo. A colaboração nas cadeias de suprimentos são essenciais para fechar o ciclo e converter os resíduos em recursos úteis.	Elia <i>et al.</i> , (2017); Silva <i>et al.</i> , (2019); Huppés; Ishikawa (2009); BS 8001:2017
<b>Inovação</b>	A organização deve inovar continuamente para criar valor, permitindo a gestão sustentável de recursos através da concepção de processos, produtos / serviços e modelos de negócios. A inovação pode ser: inovações técnicas, inovação organizacional, inovação social.	BS 8001:2017 De Jesus; Mendonça, (2018); Pieroni <i>et al.</i> , (2020);
<b>Incentivos governamentais</b>	Os governos e agências governamentais devem incentivar as empresas que implementaram a iniciativas de EC, permitindo que as empresas acessem crédito, criar legislação que estipule recompensa às empresas que implementar EC.	Bocken <i>et al.</i> , (2014); De Jesus; Mendonça, (2018);
<b>Novas tecnologias</b>	As mudanças tecnológicas e as novas tecnologias não fornecem apenas soluções mais limpas para o futuro, mas também ajudam a evitar e resolver problemas causados pelas tecnologias atuais.	Pagoropoulos <i>et al.</i> (2017); Bressanelli <i>et al.</i> , (2018); De Souza Jaboor <i>et al.</i> (2018)

Fonte: Elaborado pela autora.

A Norma BS 8001:2017 orienta que a transição ocorra em oito estágios: 1) enquadramento: determinar a relevância da EC para seu negócio e identificar por onde começar; 2) escopo: analisar o que é possível e/ou necessário dentro do contexto da EC; 3) geração de ideias: desenvolver uma lista de ideias para resolver os problemas e/ou oportunidades identificadas no passo anterior, e prioriza-las de acordo com o contexto da visão de EC, do planejamento estratégico e objetivos; 4) viabilidade: avaliar a capacidade de progredir as ideias prioritárias identificadas; 5)

caso de negócios: desenvolver um caso de negócio para assegurar que a empresa possua os recursos necessários para implantar, ampliar e distribuir as novas ideias; 6) prototipagem (Piloto): Testar as ideias em pequena escala para determinar a viabilidade prática; 7) implementação: Implementar a adoção e integração de abordagens comprovadas para a transição de um modo de operação mais circular e sustentável; 8) monitoramento e revisão: As organizações devem acompanhar o desempenho para garantir o sucesso contínuo e melhoria contínua e transformacional.

A transição para a EC requer transformações baseadas em inovações técnicas, inovações sociais e organizacionais em toda a cadeia de valor, que conectam produção e consumo. E as ações para alcançar essas transformações incluem (WITJES; LOZANO, 2016): a) Competências e conhecimentos, incluindo o empreendedorismo e o reforço das capacidades e a multidisciplinaridade; b) Inovação organizacional, incluindo soluções e sistemas integrados, logística, modelos de negócios e ferramentas de apoio a políticas; c) Inovação social, incluindo novos modelos de produção e consumo, envolvimento dos cidadãos, modelos de serviços de produtos e serviços de design; d) Inovação tecnológica, incluindo design de materiais e processos, design de produtos e gerenciamento de recursos (resíduos, água, energia e matérias-primas); e) instrumentos financeiros; f) Sensibilização, divulgação e internacionalização; e g) envolvimento de múltiplas partes interessadas.

### **3.5 Barreiras à transição e implementação da EC**

Diversos estudos têm reconhecido a necessidade de investigações sobre a implementação da economia circular no nível micro para fornecer à gerentes subsídios para eliminar barreiras para a implementação (DE JESUS; MENDONÇA, 2018; GOVINDAN; HASANAGIC, 2018; RITZEN; SANDSTROM, 2017), muitos destes estudos são voltados para o setor manufatureiro.

O Quadro 11 apresenta o conjunto de barreiras mais presentes na literatura recente sobre transição para a Economia circular.

Quadro 11 - Barreiras à economia circular

Barreiras	Desafios	Referências
<b>Barreiras Organizacionais</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esforços em termos de definição da estratégia de negócios e estrutura da empresa;</li> <li>• Necessidade de novas competências organizacionais;</li> </ul>	De Los Rios e Charnley (2017); Ritzén e Sandstrom, (2017),
<b>Barreiras Técnicas e Tecnológicas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de capacidade técnica da empresa, pessoas qualificadas e preocupações com a qualidade do produto</li> <li>• Adoção de tecnologias específicas (por exemplo, tecnologias de reciclagem) para o redesenho de produtos circulares e sistemas de produção mantendo o mesmo nível de qualidade;</li> <li>• Desafios de design para criar produtos duráveis e produto circular (feche o <i>loop</i>);</li> <li>• Disponibilidade e qualidade limitada de materiais recicláveis.</li> </ul>	Ritzén; Sandstrom, (2017); Govindan e Hasanagic, (2018); De Jesus e Mendonça (2018); Oghazi; Mostaghel, (2018).
<b>De mercado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relacionamento com <i>stakeholders</i>;</li> <li>• Compatibilidade com modelos de negócios de parceiros; falta de suporte da rede de abastecimento; dispersão geográfica, serviços e infraestruturas deficientes, conflito de interesses dentro das empresas e participação desalinhada nos lucros ao longo da cadeia de abastecimento;</li> <li>• Falta de interesse do consumidor/ não aceitação de produtos remanufaturados;</li> </ul>	Planning, 2015; Rizos <i>et al.</i> , (2016), De Jesus e Mendonça (2018); Govindan; Hasanagic, (2018); Kirchner <i>et al.</i> (2019)
<b>Culturais e Sociais</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O medo do desconhecido é uma barreira para as organizações;</li> <li>• Falta de entusiasmo em promover a economia circular;</li> <li>• Percepção do consumidor em relação a produtos reutilizados;</li> <li>• Emoção de comprar um novo produto.</li> </ul>	Ritzén e Sandstrom, (2017); Govindan; Hasanagic, (2018); Oghazi; Mostaghel, (2018)
<b>Questões regulatórias</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Políticas de reciclagem ineficazes;</li> <li>• complexidade das regulamentações, falta de sistema legal favorável e estrutura institucional deficiente.</li> </ul>	Ritzén; Sandstrom, (2017); Govindan; Hasanagic, (2018);
<b>Econômica e Financeira</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necessidade de altos investimentos iniciais;</li> <li>• Necessidades de altos investimentos para longo prazo;</li> <li>• Processos de gerenciamento e planejamento onerosos devido a práticas mais complexas.</li> </ul>	Rizos <i>et al.</i> , (2016); Ritzén; Sandstrom, (2017); Govindan; Hasanagic, (2018); De Jesus;Mendonça (2018);

Fonte: Elaborado pela autora.

### 3.6 Proposição do modelo conceitual teórico

O objetivo desta seção é descrever as práticas e estratégias encontradas durante a revisão da literatura, elaborar e propor um *Modelo conceitual*, levando em consideração os princípios propostos pelas escolas de pensamento e as dimensões ou “blocos de construção” propostos pela Fundação Ellen MacArthur. São consideradas práticas de EC, as práticas inovadoras pautadas na retenção de valor

de materiais, produtos e recursos (BOCKEN *et al.*, 2016; LINDER; WILIANDER, 2017; REIKE; VERMEULEN; WITJES, 2018), com a proposta de mantê-los circulando o maior tempo possível, levando ao fechamento do *loop*.

Su *et al.*, (2013) categorizaram as atuais práticas de EC em quatro áreas, considerando os processos de: a) produção; b) consumo (compras e consumo verdes); c) gerenciamento de resíduos (sistema de reciclagem de produtos); e d) suporte de outras áreas (políticas e leis). Já Govindan e Hasanagic (2018) fizeram uma RSL para identificar os direcionadores (*drivers*), as práticas e as barreiras à implantação da EC, dividindo-as em nível interno e externo. Eles identificaram um conjunto de 34 práticas para descrever como a EC pode ser adotada em uma cadeia de suprimentos. As práticas selecionadas na revisão sistemática foram agrupadas em 8 categorias: Iniciativas de governança, iniciativas econômicas, produção mais limpa, desenvolvimento de produto, infraestrutura, conhecimento, social e cultura.

Gusmerotti *et al.*, (2019) investigaram 821 empresas italianas para explorar a extensão em que o paradigma da EC está internalizado nas empresas manufatureiras, além de analisar os principais impulsionadores para as ações circulares. Eles constataram que 65% das empresas ainda adotam uma abordagem linear, ou seja, ainda existe um baixo nível de circularidade na maioria das empresas italianas.

Kalmykova, Sadagopan e Rosado (2018) fizeram uma revisão da literatura sobre EC e forneceram dois bancos de dados: um com 45 estratégias aplicáveis à diferentes partes da cadeia de valor, e outro sobre a implementação da EC a partir de 100 estudos de caso categorizados por escopo, por partes da cadeia de valor envolvida, por estratégia e por nível de implementação.

Bacovis *et al.*, (2020) identificaram um conjunto de 36 práticas e estratégias para promover a circularidade, tendo por base as Escolas de Pensamento da EC. No estudo, as estratégias e práticas foram organizadas nas etapas do ciclo técnico do Diagrama Sistêmico da Fundação Ellen MacArthur, propondo um *framework* que oriente a transição para a EC.

De forma a atender os objetivos propostos, as práticas e estratégias identificadas durante a elaboração desta tese foram organizadas em cinco construtos (dimensões), que são: Projeto e desenvolvimento de produtos, Design de processo, Fluxos circular/Retenção de valor, novos modelos de negócios e elementos habilitadores.

As práticas, estratégias e elementos habilitadores são apresentados no Quadro 12.

Quadro 12 – Dimensões do modelo conceitual

Dimensões	Práticas/Estratégias	Referência
<b>Design e Desenvolvimento de produtos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inspirar-se na natureza (biomimética);</li> <li>Selecionar materiais (rejeitar substâncias perigosas);</li> <li>Redução do conteúdo de materiais nas embalagens;</li> <li>Usar Matérias-primas secundárias (reciclados) como insumos da produção;</li> <li>Aumentar uso de insumo reciclado/reciclável nos produtos e embalagens</li> <li><i>Design DfX- Design</i> para durabilidade;</li> <li><i>Design</i> modular, <i>Design</i> para desmontagem;</li> <li><i>Design</i> para reciclagem;</li> <li>Produto inspirado na natureza;</li> <li>Critérios de seleção ambiental para fornecedores;</li> <li>Compras “verdes”;</li> </ul>	Zhu <i>et al.</i> , (2010); Bocken <i>et al.</i> , (2016); Mura <i>et al.</i> 2020 Kalmykova (2018); Moreno <i>et al.</i> , (2016); Stewart & Niero (2018); Aguilar; Donati, (2018); Bacovis <i>et al.</i> , (2020)
<b>Design de processos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ecoeficiência;</li> <li>Minimizar resíduos;</li> <li>Processo inspirado na natureza;</li> <li>Usar Energias de fontes renováveis;</li> <li>Reduzir emissões na atmosfera;</li> <li>Otimizar uso da água- fechar o loop;</li> <li>Geração e uso de co-produto ou sub-produtos;</li> <li>Recuperação, reutilização e/ou reciclagem de embalagens.</li> </ul>	Mura <i>et al.</i> (2020); Kalmykova (2018); Bassi; Dias, (2019) Gusmerotti <i>et al.</i> , (2019); Bacovis <i>et al.</i> , (2020)
<b>Fluxos circulares e Retenção de valor</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adotar os princípios 4R, 6Rs ou 9R (Repensar, reduzir, Reutilizar; remanufatura, Recondicionar, Reciclar, recuperar energia;</li> <li>Logística Reversa;</li> </ul>	Zhu <i>et al.</i> , (2010); Mura <i>et al.</i> , (2020); Kalmykova (2018);
<b>Modelos de negócios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema de Serviço de produto (PSS);</li> <li>Extensão da vida útil através da manutenção, reutilização, remanufatura</li> <li>Compartilhamento;</li> <li>Desmaterializar/virtualizar</li> <li>Remanufaturar*;</li> <li>Reciclagem;</li> <li>Simbiose Industrial;</li> <li>Regeneração.</li> </ul>	Bocken <i>et al.</i> , 2016; Moreno <i>et al.</i> , (2016); Moreno <i>et al.</i> , (2016); Stewart & Niero (2018)
<b>Habilitadores ou capacitadores da EC</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Abordagem sistêmica;</li> <li>Inovação;</li> <li>Novas Tecnologias</li> <li>Colaboração/ Cooperação;</li> <li>Incentivos governamentais;</li> <li>Liderança</li> </ul>	Zhu <i>et al.</i> , (2010) Kircher <i>et al.</i> , (2018); Gusmerotti <i>et al.</i> , (2019); De Jesus; Mendonça, (2018); Pieroni <i>et al.</i> , (2020)

Fonte: Elaborado pela autora.

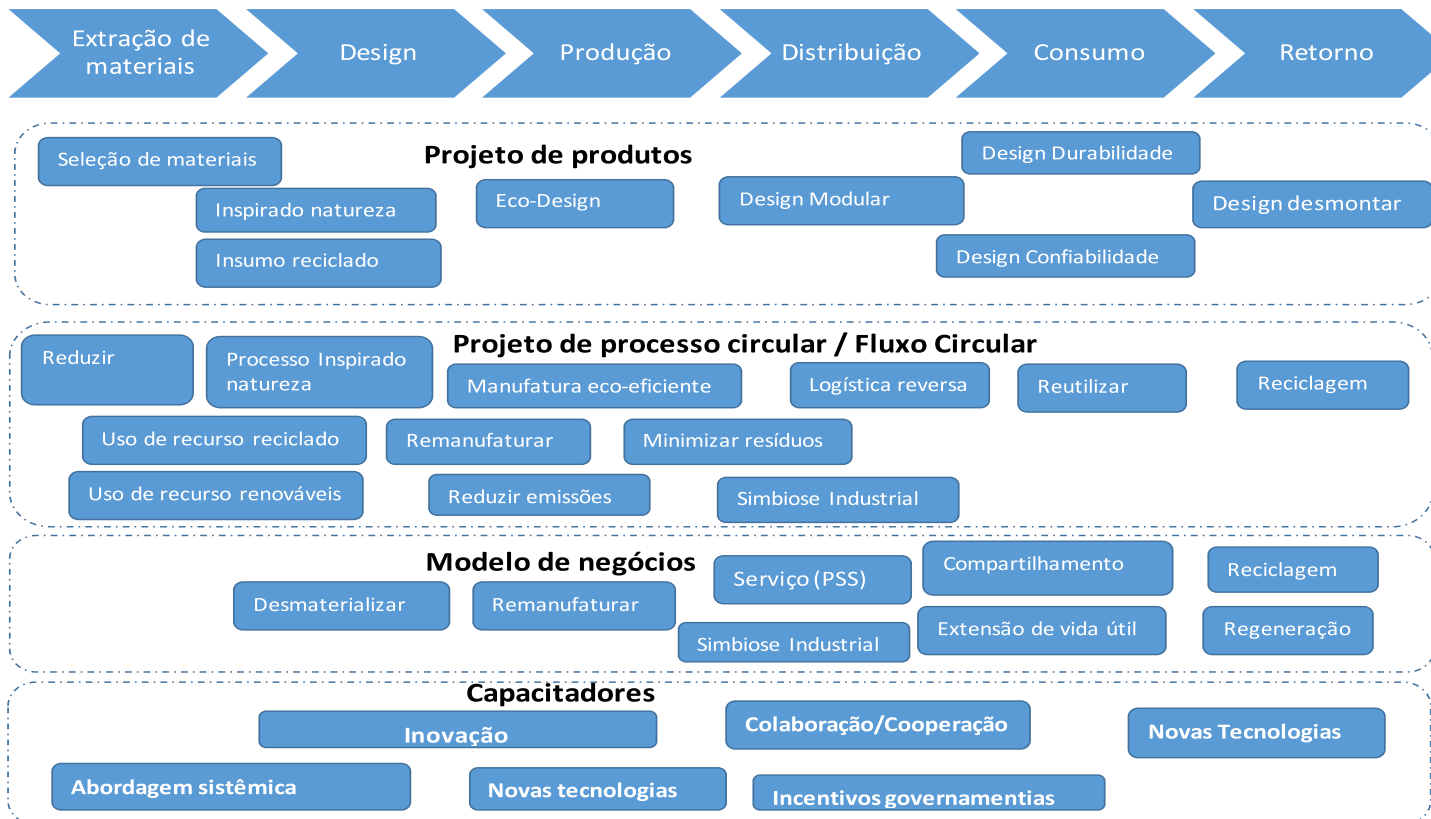


Os autores Kalmykova, Sadagopan e Rosado (2018) apontam que as práticas de EC devem ser organizadas considerando a cadeia de valor (extração de matérias-primas, *design*, produção, distribuição, consumo e retorno) da indústria ou empresa. Assim, o modelo conceitual, aqui proposto, considerou um conjunto de práticas EC, aplicáveis a diferentes partes da cadeia de valor que normalmente é gerenciado pela empresa focal, devido à *responsabilidade compartilhada* proposta na Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), conforme apresentado na Figura 9.

### **3.7 Síntese do referencial teórico**

De forma a dar maior clareza na análise desse estudo, apresenta-se no Quadro 13 um resumo da revisão da literatura, contemplando os conceitos, os autores, os principais tópicos abordados e a relação desses conceitos com os objetivos da pesquisa.

Figura 9 - Modelo conceitual teórico



Fonte: Elaborada pela autora.

Quadro 13 - Síntese do referencial teórico

Conceitos/ Construtos	Principais autores	Principais tópicos abordados	Objetivos da pesquisa
<b>Origens e definição de Economia circular</b>	Pearce e Turner (1990); Su <i>et al.</i> (2013); Lieder; Rashid (2016); Geissdoerfer <i>et al.</i> , (2017); Kirchherr <i>et al.</i> , (2017); Korhonen <i>et al.</i> , (2018)	Limites indefinidos da origem da EC; Falta de consenso na definição do construto Economia circular; Diferentes perspectivas; Perspectivas micro, meso e macro	Identificar na literatura quais os principais elementos (dimensões), estratégias e práticas sustentáveis que orientam a transição da Economia linear para o modelo econômico circular;
<b>Escolas de pensamento</b>	Chertow (2000); McDonough; Braungart, (2010); Pauli (2010); Blomsma e Brennan (2017); Benyus (2004); Potting <i>et al.</i> (2017); Elia <i>et al.</i> (2017); Ellen MacArthur, (2015)	Ecologia Industrial <i>Cradle to Cradle</i> Economia de desempenho; Design Regenerativo; Biomimética; Capitalismo natural; Economia Azul; Closed Loop Supply chain.	Identificar na literatura quais os principais elementos (dimensões), estratégias e práticas sustentáveis que orientam a transição da Economia linear para o modelo econômico circular;
<b>Elementos de transição para a EC</b>	Bakker <i>et al.</i> , (2014); Lacy; Rutqvist, (2015); Bocken <i>et al.</i> , (2016); Mura <i>et al.</i> (2020) Kalmykova (2018); Moreno <i>et al.</i> , (2016);	Design e desenvolvimento de produtos; Design de processo circular Fluxos circulares e retenção de valor; Inovação no Modelo de negócios;	Identificar na literatura quais os principais elementos (dimensões), estratégias e práticas sustentáveis que orientam a transição da Economia linear para o modelo econômico circular;  Estruturar um modelo conceitual que integre e articule os elementos com as estratégias e práticas sustentáveis;
<b>Enablers e Barreiras</b>	Ellen MacArthur Foundation (2013); De Jesus; Mendonça, 2018; Bressanelli <i>et al.</i> , 2018; Govindan; Hasanagic, (2018);	Abordagem sistêmica, Colaboração, Inovação, Novas Tecnologias, Incentivos governamentais, liderança	Estruturar um modelo conceitual que integre e articule os elementos com as estratégias e práticas sustentáveis;
<b>Estratégias práticas</b>	Kalmykova; Sadagopan e Rosado (2018); Gusmerotti <i>et al.</i> , (2019); Bacovis <i>et al.</i> , (2020);	Organizar as práticas e estratégias para elaborar o modelo conceitual	Estruturar um modelo conceitual que integre e articule os elementos com as estratégias e práticas sustentáveis;

Fonte: Elaborado pela autora.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados e as discussões relativas à pesquisa realizada nas empresas dos estudos de caso.

### 4.1 Apresentação dos resultados dos casos

Nesta seção serão apresentados os dados levantados em cada empresa do estudo de caso múltiplo. O roteiro utilizado para as entrevistas (Apêndice C) e o Quadro 1 (matriz de consolidação do protocolo de pesquisa) serviram de orientação para a condução das entrevistas, organização e apresentação dos resultados.

Antes de apresentar os resultados encontrados nesta pesquisa, é importante salientar que todas as empresas participantes fazem parte de grandes corporações, com matriz fora do Brasil, possuem extensa mão-de-obra direta e indireta, possuem grande área construída, mais de uma planta fabril no Brasil (facilitando a logística em sua cadeia produtiva), atuam no mercado global, sendo que as unidades brasileiras atendem tanto o mercado interno quanto exportam para diversos países do Mercosul e da América Latina. Estas empresas recebem pressão, nos aspectos legais e mercadológicos, para a adoção de rotinas que contemplem a sustentabilidade em todos os aspectos: ambiental, econômico e social; através da adoção de certificações que determinam as regras para produção mais sustentável. Ressalta-se que estas certificações também proporcionaram maior diferencial competitivo. As cinco empresas possuem Sistema de Gestão integrado (SGI) baseado nas normas ISO 9001, ISO 14.001, OHSAS 18.001, a mais de 10 anos; além de outras legislações ambientais europeias, como a diretiva ROHS (*Restriction of Certain Hazardous Substances*) nas empresas do Caso A, B, C e E; legislações do setor automotivo (empresa do caso de E) entre outras normas e legislações ambientais.

#### 4.1.1 Estudo de Caso A

A entrevista foi realizada no dia 03 de agosto de 2020 com o gerente de Projetos em Economia Circular, que é Engenheiro Ambiental com especialização em Saúde e Segurança ocupacional. Possui 8 anos de experiência na área de Sustentabilidade, sendo que 80% da sua carreira profissional esteve relacionada com

projetos e atividades voltadas para a Economia circular. Antes do entrevistado trabalhar na empresa A, ele foi responsável por supervisionar e realizar auditoria no trabalho da empresa A, nas questões de Logística Reversa e reciclagem dos produtos.

A empresa do Caso A é uma empresa de Manufatura de multi-marcas que além de fabricar os produtos, desenvolveu um Ecosistema de soluções sustentáveis (fabrica, armazena, distribui, realiza pesquisa e desenvolvimento, logística reversa e recicla os eletrônicos retornados), de forma que este modelo tem facilitado a transição para a economia circular na empresa A.

No Quadro 14 são apresentadas as principais estratégias, práticas, bem como as barreiras identificadas na empresa do caso A. Em seguida, faz-se um detalhamento maior com trechos da entrevista, visto que a empresa do caso A é uma das pioneiras em EC no Brasil.

Quadro 14 - Resumo das Estratégias e práticas da empresa do caso A

Dimensões	Principais estratégias e práticas identificadas
<b>Design e Desenvolvimento de produtos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Seleção de materiais (rejeita insumos com substâncias perigosas) e Substituiu materiais perigosos/ tóxicos por não perigosos/não tóxicos;</li> <li>2. Reduziu o consumo de insumos virgens e recursos naturais não renováveis;</li> <li>3. Maior participação de insumos renováveis e recicláveis</li> <li>4. Aumentou a participação de insumos reciclados e recicláveis (nos produtos);</li> <li>5. Aumentou a participação de insumos reciclados e recicláveis (nas embalagens);</li> <li>6. Atende a Diretiva de Restrição de substâncias perigosas (RoHS) da União Europeia</li> <li>7. <i>Aplica princípios do Design</i> circular no projeto novos produtos;</li> <li>8. <i>Adota Design</i> para desmontagem;</li> <li>9. Adota princípios do Ecodesign</li> <li>10. <i>Adota Design para durabilidade</i>;</li> <li>11. Realiza Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) - Avalia os impactos ambientais ao longo de toda a vida útil do produto;</li> <li>12. Eliminou uso de Compostos orgânicos Voláteis (VoC);</li> <li>13. Desenvolve produtos mais eficiente em consumo de energia;</li> <li>14. Aquisição verde.</li> </ol>
<b>Design de Processo Circular</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Foco na Ecoeficiência - redução de desperdícios, redução consumo energia na empresa; Reduzir consumo de materiais e geração de resíduos -com impacto direto na participação dos lucros dos funcionários;</li> <li>2. Adota metodologia para reduzir desperdícios (<i>Lean Manufacturing</i>);</li> <li>3. Usa energia de fontes renováveis;</li> <li>4. Integrou questões ambientais nos processos;</li> <li>5. Redução dos níveis de emissões, reduzindo perdas valiosas de materiais;</li> <li>6. Programa de minimização geração interna de resíduos;</li> <li>7. Programa de gerenciamento de materiais críticos (busca substâncias alternativas para minimizar impacto ambiental);</li> <li>8. Integração de questões ambientais nos processos</li> </ol>

	<ol style="list-style-type: none"> <li>9. Fechou o loop no consumo de água, através de sistemas de captação de água de chuva e refrigeração;</li> <li>10. Os impactos ambientais são monitorados para ar, água e solo;</li> <li>11. Tem programa de gerenciamento dos resíduos (coleta seletiva);</li> <li>12. Possui sistema de exaustão na produção devido ao uso de solda e uso de produtos químicos;</li> <li>13. Não envia resíduos industriais para o Aterro sanitário e é certificada <i>Zero Waste</i>;</li> <li>14. Tem foco na reintrodução de materiais e embalagens;</li> </ol>
<b>Novos Modelos de Negócios</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Extensão da vida útil dos produtos (Manutenção através da Rede de assistências técnicas e utilização de insumos de qualidade);</li> <li>2. Extensão da vida útil dos produtos- Remanufatura de celulares, impressoras e notebooks;</li> <li>3. Sistema de Produto como Serviço (PSS) para notebooks;</li> <li>4. Estender o valor dos recursos- reciclagem interna, empregando o valor residual dos recursos- Reciclagem do tipo <i>Upcycling</i>;</li> <li>5. Simbiose industrial – envia resíduos e subprodutos não utilizados na empresa para outros parceiros.</li> </ol>
<b>Fluxos circulares/ Retenção de valor</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Recusa embalagens que não sejam recicláveis, não padronizadas;</li> <li>2. Faz a Reutilização de embalagens e resíduos de embalagens (ex. palletts de madeira), embalagens “vai e vem” (<i>Just in time</i>);</li> <li>3. Reutilização de produtos (10% apenas dos produtos retornados);</li> <li>4. Remanufaturar produtos que ainda estão em condições para ser comercializado;</li> <li>5. Fechou o ciclo (<i>Closed loop</i>) para produtos e embalagens;</li> <li>6. Reparar componentes dos produtos;</li> <li>7. Realiza reciclagem interna (<i>Upcycling</i>) – extrai metais preciosos das PCs (e-mining- mineração urbana);</li> <li>8. Realiza a reciclagem externa (embalagens) - papelão, plásticos, óleo lubrificante etc;</li> <li>9. Desmontagem dos produtos para realiza Manufatura Reversa internamente no Centro de Inovação e Reciclagem;</li> <li>10. Realiza Logística Reversa de produtos no fim de vida.</li> </ol>
<b>Drivers/ Elementos habilitados</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Abordagem sistêmica/mudança sistêmica;</li> <li>2. Exerce Liderança junto à parceiros para a transição;</li> <li>3. Alta administração da empresa investe fortemente, nas questões da EC- laboratórios e equipe altamente capacitada; a implementação dos princípios e práticas de EC vem “de cima para baixo”;</li> <li>4. Inovação       <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Inovação de produtos-integração de questões ambientais no design de produtos para promover o design circular;</li> <li>b. Inovação de processos- A operação é remodelada a cada três meses, com foco em melhoria contínua;</li> </ol> </li> <li>5. Investimento em Tecnologias:       <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Tecnologias desenvolver produtos circulares (usar MP reciclada, reduzir consumo energia);</li> <li>b. Tecnologias para processos mais ecoeficientes;</li> <li>c. Tecnologias para recuperação e reciclagem de materiais;</li> <li>d. Centros de Inovação e Tecnologia em cada planta fabril</li> </ol> </li> <li>6. Colaboração:       <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Colaboração com Universidades e com organizações sociais para realizar pesquisas;</li> <li>b. Colaboração com parceiros na Cadeia de valor-incentivando adotar práticas sustentáveis; estabeleceu transparência para eliminar substâncias perigosas e outras ações; inclusive com operadores de logística reversa;</li> </ol> </li> </ol>

	7. Incentiva a Cultura sustentável para a EC- Investe em capacitação dos colaboradores sobre os temas de sustentabilidade e Economia circular (treinamentos e workshops).
<b>Barreiras</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Barreiras Tecnológicas: relacionadas ao <i>design</i> dos produtos; transformação dos reciclados em MP de qualidade;</li> <li>2. Barreira cultural: Consumidores precisam adotar coleta seletiva e adotar logística reversa pós-consumo; produtos retornados para remanufatura muito deteriorados e baixa quantidade de retorno (apenas 4% de tudo que é vendido);</li> <li>3. Barreiras de mercado- Consumidor precisa mudar o “<i>mindset</i>” para adquirir produtos remanufaturados; deixar de ser proprietário do produto.</li> <li>4. Barreiras burocráticas- exigência de muita documentação para realizar a Logística reversa e outras ações de EC;</li> <li>5. Barreiras regulatórias- faltam mais incentivos para uso de matéria-prima reciclada, que se tornam mais caras que insumo virgem; Preço baixo dos insumos virgens, comparado ao insumo reciclado;</li> <li>6. Barreiras financeiras: Investimento inicial alto;</li> <li>7. Barreira geográfica: Dificuldades para realiza a logística reversa devido à grande extensão do nosso país.</li> </ol>

Fonte: Dados da pesquisa realizada pela autora (2021)

O entrevistado relatou um pouco da história da empresa e destacou que no ano de 2010 a empresa foi desafiada pelo seu principal cliente a criar um “Centro de inovação de produtos” que “*pudesse olhar para o resíduo eletrônico não mais como um problema, mas como uma solução para alimentar a cadeia de produção com matéria-prima reciclada, principalmente de material plástico*”. Então a empresa A aceitou o desafio e fez investimento em um Centro de Inovações, conforme relatado pelo gerente de projetos:

“fez sentido para a nossa empresa criar esse *centro de inovações*, com o objetivo de capturar nossos produtos do pós-consumo, em campo, e trazê-lo novamente para a empresa, para que pudessem ser reciclado e transformados em matéria-prima novamente; assim o resíduo plástico poderia ser utilizado em novas peças plásticas aqui no Brasil. O Centro de inovações foi criado para atender nosso principal cliente [...] ao longo dos anos a gente foi aprendendo, então descobrimos que o que estávamos fazendo era economia circular”.

A alta administração da empresa resolveu pesquisar mais sobre economia circular e percebeu que só estava trabalhando no último elo da cadeia de valor: na reciclagem; assim, foi dado início a uma série de ações voltadas para mudar o modelo de negócios e atender os princípios da EC, atuando desde o *design* dos produtos com foco na EC, conforme observado no relato a seguir:

“Então nossa empresa internalizou isto (os conceitos da economia circular) e percebeu que, na verdade precisava repensar a visão de negócios da empresa no Brasil. Globalmente já estávamos recebendo diretrizes no

sentido de estruturar a empresa para ser uma empresa “*sketch to scale*”. Então sofremos várias mudanças e, além de criar o “Centro de inovação de produtos” resolvemos criar um “Instituto de Tecnologia” – para desenvolver pesquisas tecnológicas...então incorporamos o conceito de fechar o ciclo (*circulate*). Passamos a oferecer uma solução “*sketch to scale and circulate*”, ou seja, dentro do Instituto de tecnologia, criamos um *capability* de trabalhar com *design* do produto para que este produto fosse circular”[entrevistado de A].

A empresa adotou um sistema próprio de Logística Reversa que atende, atualmente, mais de 40.000 ordens de coleta/ano, disponibilizando diversos canais para o cliente realizar a devolução de produtos pós-consumo. Atua como “Operador Logístico” da *Green Eletron* (parceiro da ABINEE- Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica), coleta o material (impressoras, notebooks, celulares) em todos os municípios brasileiros, pois possui grande malha de transportadores. Dos produtos retornados, 90% são destinados para a reciclagem e apenas 10% dos produtos retornados são remanufaturados ou reutilizados (devido à baixa qualidade dos mesmos).

A empresa expandiu a criação de Institutos de pesquisa e Tecnologia no Brasil, aproveitando os incentivos fiscais da “Lei de Informática” (8.248/1991), que estimula a competição e a capacitação técnica de empresas brasileiras que produzem bens de informática, automação e telecomunicações. Atualmente existem 4 Institutos de Tecnologia, um em cada uma de suas unidades fabris. Dentro de cada Instituto existe um Centro de inovação de produtos voltado para acelerar a inovação de corporações e *startups*, com foco na aplicação de práticas sustentáveis como o *design for environment* e *design for manufacturing* e a aplicação do *sketch to scale* (transformar ideias em negócios sustentáveis e inclusivos).

A empresa investiu em: Centros de pesquisa e Desenvolvimento (P&D), treinamentos e qualificação dos colaboradores, construiu um Instituto de Tecnologia, um Centro de reciclagem, Padronização e conformidade e destinação e reinserção de materiais. Também possui uma forte parceria com empresas da sua cadeia de valor a “montante” e a “jusante” (Rede de coleta de produtos, consolidação e seleção, desmontagem) e com Universidades e Centro de pesquisa.

Um resumo, com os achados da pesquisa, foi enviado ao entrevistado para validação por parte do mesmo.



#### 4.1.2 Estudo de Caso B

Na empresa B, foram realizadas entrevistas em dois momentos: o primeiro foi em 2019, quando da elaboração do projeto de qualificação desta tese; no segundo momento, 2020, foram realizadas algumas interações com trocas de e-mail e realização de mais duas entrevistas (on-line) no mês de setembro de 2020. Em ambas as entrevistas houve a participação da engenheira química responsável pela parte de EHS (Qualidade, Meio Ambiente e Segurança), da engenheira ambiental e do gerente de EHS; todos com vasta experiência no tema de sustentabilidade ambiental e sistema SGI.

Atualmente a corporação adota princípios da metodologia WCM (*World Class Manufacturing*), que é um conjunto de estratégias baseadas nas melhores práticas japonesas, tais como o *Total Productive Maintenance (TPM)*, *Total Quality Control (TQC)*, *Total industrial Engineering (TIE)* e *Just-in-time (JIT)*. No entendimento dos entrevistados (em Manaus), os princípios da EC estão sendo disseminados em conjunto com os princípios do WCM; não necessariamente, com o mesmo nome e técnicas, mas que tem a mesma preocupação com o meio ambiente. O WCM é composto por dez pilares, dentre eles há o Pilar *Environment (ENV)*, pelo qual a empresa deve buscar melhorias no meio ambiente, com foco em redução do consumo de energia, uso de energias alternativas e promover ações de conscientização ambiental.

O Quadro 15 reúne as informações, de forma resumida, das principais estratégias/práticas identificadas na empresa do caso B.

Quadro 15 - Resumo das Estratégias e práticas da empresa do caso B

Dimensão	Principais Estratégias e práticas identificadas
<b>Design e Desenvolvimento de produtos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Seleção de materiais/Qualidade dos insumos (rejeita insumos com substâncias perigosas) e substituiu materiais perigosos/ tóxicos por não perigosos/não tóxicos;</li> <li>2. Redução do uso de insumos virgens e recursos de fontes não renováveis;</li> <li>3. Aumentou a participação de recursos renováveis e recicláveis nos novos produtos;</li> <li>4. Aumentou consumo de insumos reciclados (nas embalagens);</li> <li>5. Atende a Diretiva de Restrição de substâncias perigosas (RoHS) da União Europeia;</li> <li>6. Eliminou uso de Compostos orgânicos Voláteis (VoC);</li> <li>7. Realiza Avaliação do Ciclo de Vida de todos os produtos;</li> <li>8. <i>Ecodesign ou Design for Environment (DfE)</i>;</li> <li>9. <i>Design para durabilidade</i>;</li> </ol>

	<ol style="list-style-type: none"> <li>10. <i>Design para facilitar a desmontagem</i>;</li> <li>11. Desenvolve produtos que promovem economia de energia (mais eficientes em energia);</li> <li>12. Aquisição verde.</li> </ol>
<b>Design de Processo Circular</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Processos Ecoeficientes- Redução do uso de recursos naturais/não renováveis no processo de fabricação, redução de desperdícios, redução consumo de energia, etc;</li> <li>2. Adota metodologia WCM (<i>World Class manufacturing</i>) - O pilar “ambiental” do WCM busca muito a minimização e eliminação de impactos e desperdícios;</li> <li>3. Usa energia de fontes renováveis, energia solar e eólica;</li> <li>4. Redução do uso de recursos naturais/não renováveis no processo de fabricação;</li> <li>5. Impactos ambientais monitorados para ar, água e solo;</li> <li>6. Criou um programa de <i>gerenciamento de materiais críticos</i>, junto à sua cadeia de fornecedores (Sistema de conformidade global);</li> <li>7. Tem programa de minimização interna de resíduos;</li> <li>8. Reutilização de água (fechou <i>loop</i>) - sistema para captação de água de chuva e água eliminada nos condensadores e tem ETE;</li> <li>9. Redução dos níveis de emissões, reduzindo perdas valiosas de materiais;</li> <li>10. Programa de gerenciamento dos resíduos (coleta seletiva);</li> <li>11. Programa <i>Zero Waste</i> -Não envia resíduos industriais para o Aterro sanitário desde 2014;</li> <li>12. Foco na reintrodução de materiais e embalagens;</li> <li>13. Possui sistema de exaustão na produção devido ao uso de solda e uso de produtos químicos;</li> <li>14. Integração de questões ambientais nos processos.</li> </ol>
<b>Inovação no Modelo de Negócios</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sistema de Produto como Serviço (PSS) – para uma linha de produtos (<i>Leasing</i> de purificadores de água);</li> <li>2. Extensão da vida útil dos produtos, através dos serviços oferecidos pela rede de assistências técnicas e utilizando insumos de qualidade;</li> <li>3. Remanufatura dos purificadores de água do Modelo PSS – realizado na própria fábrica;</li> <li>4. Estender o valor do recurso (reciclagem) - parceria com a ABREE (Associação Brasileira de reciclagem de eletroeletrônicos e eletrodomésticos).</li> </ol>
<b>Fluxos circulares/ Retenção de valor</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Recusar- recusa embalagens que não sejam recicláveis, não padronizadas;</li> <li>2. Reutilizar- busca alternativas para reutilizar seus resíduos de madeira (palletts), confeccionando móveis;</li> <li>3. Reparar/ Recondicionar - a empresa trabalha fortemente o pós-venda, com ferramentas para solucionar problemas de campo (Pilar <i>Focus improvement</i>);</li> <li>4. Incentiva a Reciclagem externa de produtos- parceria com a ABREE (Associação Brasileira de reciclagem de eletroeletrônicos e eletrodomésticos).</li> <li>5. Reciclagem externa de resíduos- Tem dois tipos para a os reciclagem: <ol style="list-style-type: none"> <li>5.1 Reciclagem econômica- quando vende seus resíduos;</li> <li>5.2 Reciclagem ambiental- quando precisa pagar para outra empresa retirar o resíduo (quando não tem valor comercial).</li> </ol> </li> <li>6. Integração de questões ambientais no desenho logístico;</li> <li>7. Programa de logística reversa das embalagens do produto –na entrega de seus produtos na casa dos clientes.</li> </ol>

<b>Drivers/ Elementos Habilitadores</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Abordagem sistêmica - Reformulação interna dos processos produtivos;</li> <li>2. Exerce Liderança, como empresa focal nas questões de sustentabilidade na Cadeia de Valor;</li> <li>3. Investimento em tecnologias de processo, na melhoria em equipamentos, para se tornarem mais ecoeficientes;</li> <li>4. Inovação de produtos - Integração de questões ambientais nos projetos;</li> <li>5. Colaboração na Cadeia de valor -Estabeleceu transparência em relação aos processos e materiais utilizados, eliminando componentes perigosos em todos os produtos e processos dos fornecedores; Incentivou os fornecedores a adotarem <i>práticas verdes</i>, premiando os fornecedores que tem melhores práticas de sustentabilidade.</li> </ol>
<b>Barreiras</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Barreiras técnicas</i>: Falta mais investimento na área do pós-venda e retorno dos produtos ao final da vida. Na planta da região sudeste, existe a prática de logística reversa de refrigeradores no fim de vida;</li> <li>2. <i>Barreiras Organizacionais</i>: Falta infra-estrutura de logística reversa para atender todas as regiões do Brasil; Modelo de gestão adotado, visto que a empresa incorpora a economia circular não como proposta principal de valor, mas sim integrada ao WCM; Não há incentivos à devolução dos produtos e nem parcerias com outras empresas neste sentido</li> <li>3. <i>Barreiras externas</i> (Cadeia de valor): Falta de clareza nas responsabilidades de cada entidade (parceiro) na cadeia de suprimentos;</li> <li>4. <i>Barreiras regulatórias</i>: Falta mais incentivos governamentais (municipal, estadual e federal) com políticas que apoiem ações para a EC;</li> <li>5. <i>Barreira geográfica</i>: Muitas dificuldades de logística direta e reversa devido à localização da planta fabril em Manaus.</li> </ol>

Fonte: Dados da pesquisa realizada pela autora (2021)

A empresa do caso B adota diversas práticas de Produção mais Limpa (P+L), com um nível de maturidade bem elevado, reduzindo as externalidades negativas e a poluição de solo, água e ar. De acordo com o gerente de EHS, a empresa adota práticas da P+L, como a “substituição de insumos”, “aumento da eficiência do uso de materiais e energia nos processos”, “redução de perdas no processo”, “reciclagem interna” e é resíduo zero. De acordo com os entrevistados, o pilar ambiental do WCM busca a minimização e eliminação de impactos e desperdícios, de forma que todos os setores e processos da empresa buscam atender os 5Rs, estabelecidos pelo WCM, seguindo a lógica de uma “pirâmide invertida”, conforme mostra a Figura 10.

Figura 10 - Princípios 5Rs adotados na empresa do caso B

1. Recusar/Rejeitar	1º. Recusa/Rejeita materiais considerados tóxicos- PCB (óleo de gerador de energia), amianto e diversas substâncias tóxicas.
2. Reduzir	2. Reduz consumo de água- aproveita água da chuva para uso em vasos sanitários, lavagem de área externa e torre de resfriamento do processo – possui 10 tanques de 10.000litros. Reduz consumo de energia e compra energia renovável.
3. Reusar	3º. Reuso/Reutilização- pallets na fabricação de móveis que são aproveitados na própria empresa.
4. Reciclar	4º. Reciclagem de tonner de impressora; Óleo lubrificante e diversas embalagens;
5. Recuperar	5º. Recuperação – óleo lubrificante (200 l a cada 3 meses).

Fonte: Dados da pesquisa realizada pela autora (2021).

Os dados mostraram que a empresa está comprometida em reduzir a geração de resíduos em todas as atividades de produção, e a prática de reutilizar e recuperar materiais tem sido amplamente adotada em toda a fábrica. “O que não pode ser reutilizado é reciclado e, quando isso não é possível, a empresa tenta eliminá-lo com um impacto ambiental mínimo (conversão ou tratamento de resíduo para energia)”. Em relação ao consumo de água, a empresa recicla toda a água consumida através de estações de tratamento de efluentes (ETE), bem como capta a água da chuva para suprir as necessidades de água na fabricação. O consumo de água na empresa foi reduzido em 70% nos últimos 10 anos. Todo o efluente é tratado antes de ser descartado na rede de esgoto.

Os achados da pesquisa foram enviados aos entrevistados para validação dos resultados.

#### 4.1.3 Estudo de Caso C

O primeiro contato com a empresa do caso C foi realizado em abril de 2019, quando da elaboração do projeto de qualificação desta tese. Ainda no segundo semestre de 2019 foram realizadas visitas e entrevistas com o Gerente de EHS (Qualidade, Meio Ambiente e Segurança) e com uma Analista ambiental. Em 2020 foram realizadas algumas interações com trocas de e-mail e mais duas reuniões (on-

line, devido à pandemia do Covid-19) para aprofundar algumas questões. Em ambas as entrevistas houve a participação da Analista ambiental e do Gerente de EHS; todos com vasta experiência no tema de sustentabilidade ambiental e sistema SGI; porém pouco conhecimento sobre Economia Circular.

A empresa reconhece o meio ambiente como um valor importante para o futuro e adota uma série de padrões mais rigorosos que os requisitos internacionais da ISO 14.001. Além das certificações ISO 9001, ISO 14.001, ISO 18.001, a empresa é certificada pela ISO 50.001:2018, norma que estabelece diretrizes para o gerenciamento de energias, visando tornar mais eficiente o uso de energia, através da gestão energética, com foco na redução de emissões de gases do efeito estufa e outros impactos.

O Quadro 16 reúne, de forma resumida, as Estratégias e práticas identificadas na empresa do caso C.

Quadro 16 - Resumo das estratégias e práticas da empresa do caso C

Dimensão	Principais estratégias e práticas identificadas
<b>Design e Desenvolvimento de produtos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Seleção de materiais (eliminou diversas substâncias perigosas na fabricação dos produtos); Substituiu materiais tóxicos por não tóxicos;</li> <li>2. Atende a Diretiva de Restrição de Substâncias Perigosas (RoHS);</li> <li>3. Desenvolve produtos que consome menos energia- eficientes em energia (Selo PROCEL);</li> <li>4. Aumentou compra e o uso de materiais reciclados no estágio de <i>design</i> de produto, minimizando o uso de MP virgem;</li> <li>5. Aumentou o uso de materiais reciclados nas embalagens;</li> <li>6. Eliminou uso de Compostos orgânicos voláteis (VoC);</li> <li>7. Realiza Avaliação do Ciclo de Vida de todos os produtos;</li> <li>8. <i>Adota Design</i> para durabilidade;</li> <li>9. <i>Adota Design</i> para desmontagem;</li> <li>10. <i>Adota princípios do Ecodesign</i>;</li> <li>11. Redução insumos virgens e recursos naturais não renováveis - utiliza bioplástico nas embalagens dos celulares, plástico renovado e papel reciclado;</li> <li>12. Aquisição verde.</li> </ol>
<b>Design de Processo Circular</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Processos mais ecoeficientes- que economizam recursos; incentiva projetos e grupos de estudo para eliminar desperdícios e perdas, Redução no consumo de energia através de campanhas para consumo consciente; substituiu lâmpadas de vapor de mercúrio por lâmpadas de LED;</li> <li>2. Faz uso de energia de fontes renováveis;</li> <li>3. Redução do uso de recursos naturais/não renováveis no processo de fabricação;</li> <li>4. Impactos ambientais monitorados para Ar, água e solo;</li> <li>5. Integração de questões ambientais nos processos;</li> <li>6. Programa de gerenciamento dos resíduos (coleta seletiva);</li> <li>7. Fechou o loop para reutilização de água- Projetos de reuso de água e ETE em sistema de irrigação de jardins e telhado para diminuir temperatura da área de produção;</li> </ol>

	<ol style="list-style-type: none"> <li>8. Programa de Minimização interno de geração de resíduos;</li> <li>9. Foco na reintrodução de materiais e embalagens;</li> <li>10. Possui sistema de exaustão na produção devido à solda e uso de produtos químicos; c</li> <li>11. Não envia resíduos para aterro sanitário.</li> </ol>
<b>Fluxos circulares/ Retenção de valor</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Recusa embalagens que não sejam recicláveis, não padronizadas– programa embalagens “vai e vem” para fornecedores que são <i>Just in time</i>;</li> <li>2. Faz a Reutilização de embalagens e resíduos de embalagens (ex. pallets de madeira), embalagens “vai e vem” (<i>Just in time</i>);</li> <li>3. Reparo- tem uma linha de produção para reparo de Telas de TV (<i>opencell</i>);</li> <li>4. Recicla internamente partes plásticas e reaproveita a resina; reaproveita rebarbas de aço da estamparia;</li> <li>5. Incentiva a Logística reversa de embalagens – bombonas de álcool e outros;</li> <li>6. Reciclagem externa- 98% de seus resíduos são reciclados (papel, papelão, plástico e isopor), resíduos metálicos, venda da borra de solda, resíduos eletrônicos – a venda destes materiais gera grande retorno financeiro;</li> </ol>
<b>Inovação no Modelo de Negócios</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Extensão da vida útil dos produtos, através ampla rede de assistências técnicas autorizadas e utilizando insumos de qualidade;</li> <li>2. Extensão do valor do produto (remanufaturar, reparar)- Programa de devolução de aparelhos antigos (celular) na compra de um novo</li> <li>3. Estender o valor do recurso (reciclagem) – em parceria com terceirizadas que fazem a manufatura reversa e reciclagem de componentes;</li> </ol>
<b>Drivers/ Habilitadores</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Exerce Liderança, como empresa focal nas questões de sustentabilidade na Cadeia de Valor;</li> <li>2. Investimento em Tecnologias de processo, na melhoria em equipamentos, para se tornarem mais eco-eficientes;</li> <li>3. Tecnologia para recuperação de componentes e produtos – recuperação das telas de TV (<i>opencell</i>) e reciclagem de resinas;</li> <li>4. Ecoinovação nos produtos - Integração de questões ambientais nos projetos;</li> <li>5. Colaboração com fornecedores e parceiros (a montante e à jusante na cadeia de valor)- incentiva a adotarem práticas verdes, premiando os que adotam melhores práticas de sustentabilidade;</li> <li>6. Tecnologias inovadoras em produtos – tornando-os com maior eficiência energética; uso de insumos reciclados;</li> </ol>
<b>Barreiras</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Barreiras técnicas: Falta mais investimento na área do pós-venda e retorno dos produtos ao final da vida;</li> <li>2. Barreiras geográficas: A cidade de Manaus está isolada do restante do Brasil (região sudeste, centro consumidor), os custos são muito elevados para logística reversa;</li> <li>3. Organizacional: Falta organização de infra-estrutura de logística reversa para atender todas as regiões do Brasil;</li> <li>4. Regulatórias: Falta mais incentivos para a devolução dos produtos e parcerias com outras empresas neste sentido;</li> <li>5. Barreiras externas (Cadeia de valor): Falta de clareza nas responsabilidades de cada pessoa na cadeia de suprimentos.</li> </ol>

Fonte: Dados da pesquisa realizada pela autora (2021)

A empresa do caso C também adota diversas práticas de Produção mais Limpa, com um nível de maturidade bem elevado, reduzindo as externalidades negativas e a poluição de solo, água e ar. Quanto ao *Design e Desenvolvimento de produtos*, os entrevistados relataram que a corporação tem desenvolvido desde o ano de 2004, uma metodologia própria de *Ecodesign* focada em atender todos os requisitos do *Closed-Loop Product Lifecycle Management*; que a empresa eliminou diversas substâncias perigosas na fabricação dos produtos (chumbo, mercúrio, cádmio, crômio hexavalente, retardantes de chama PBB e PBDE), de forma a atender a diretiva europeia *ROHS*. Adota, além dos princípios dos *Ecodesign*, o *design* para durabilidade e *design* para desmontagem - utiliza menos parafusos no fechamento dos produtos, os aparelhos celulares são fechados com indução de calor, entre outras melhorias, para facilitar a desmontagem dos produtos.

Importante salientar que a empresa está implementando a Logística reversa de produtos pós-consumo. Os entrevistados afirmaram que a estrutura está montada para fechar o *loop* de produtos, para isso foi contratada uma empresa para operacionalizar esta atividade em todo o Brasil. Mas que ainda falta mais ações de marketing verde para conscientizar as pessoas a dar o destino correto aos produtos no momento da substituição por um modelo novo ou no fim da vida útil. Os achados da pesquisa também foram enviados aos entrevistados para validação dos resultados.

#### 4.1.4 Estudo de Caso D

A primeira entrevista foi realizada no dia 22 de setembro de 2020 com a Engenheira de Qualidade, atualmente, supervisora do SGI e EHS (Qualidade, Meio Ambiente e Segurança), que atua na empresa há 4 anos, mas com experiência na área de mais de 7 anos. A entrevistada relatou ter participado de diversos treinamentos sobre Economia Circular e eventos promovidos pela Fundação Ellen MacArthur aqui no Brasil, desde que entrou na empresa. A empresa oferece “soluções em revestimento” e possui 36 plantas espalhadas pelo mundo que fabricam grama sintética, pisos para quadra (linha de esporte), fabricam carpete de madeira (planta fora do Brasil), mas que a planta do Brasil fabrica somente pisos de vinil.

Outros contatos foram realizados através de e-mails para sanar dúvidas quanto aos resultados da entrevista e obtenção de mais informações. Os achados da pesquisa foram enviados à entrevistada para validação dos resultados. O Quadro 17

reúne, de forma resumida, as principais estratégias e práticas identificadas na empresa do caso D.

Quadro 17 - Resumo das Estratégias e práticas da empresa do caso D

Dimensões	Principais estratégias e práticas identificadas
<b>Design e Desenvolvimento de produtos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Seleção de materiais (rejeitar insumos com substâncias perigosas);</li> <li>2. Substituição de materiais perigosos/ tóxicos por não perigosos/não tóxicos ( sem Ftalatos, p. exemplo);</li> <li>3. Maior uso de Insumo reciclado- das aparas do corte dos pisos, pisos que retornam de sobras de pós-instalação, PVC de blister de medicamentos (no produto);</li> <li>4. Maior participação de insumos renováveis e recicláveis;</li> <li>5. Aumentou consumo de insumos reciclados (nas embalagens)</li> <li>6. Redução consumo de insumos virgens e recursos naturais não renováveis;</li> <li>7. Eliminou uso de compostos orgânicos voláteis (VoC);</li> <li>8. Realiza Avaliação do Ciclo de Vida de todos os produtos;</li> <li>9. <i>Design</i> circular - adota os Princípios <i>Cradle to Cradle</i> para uma linha de produtos;</li> <li>10. Aquisição verde.</li> </ol>
<b>Design de Processo Circular</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ecoeficiência - redução de desperdícios, redução consumo energia na empresa, Reduzir consumo de materiais, reduziu uso de substâncias perigosas;</li> <li>2. Uso de Energia de fontes 100% renováveis;</li> <li>3. Redução do uso de recursos naturais/não renováveis no processo de fabricação;</li> <li>4. Integração das questões ambientais no processo produtivo;</li> <li>5. Impactos ambientais monitorados para ar, água e solo;</li> <li>6. Programa de gerenciamento de resíduos (coleta seletiva);</li> <li>7. Programa de Minimização interna de geração de resíduos;</li> <li>8. Programa de gerenciamento de materiais críticos;</li> <li>9. Fechou o Loop no consumo de água- processo interno para reutilização da água;</li> <li>10. Não envia resíduos industriais para o Aterro sanitário- é certificada <i>Zero Waste</i>;</li> <li>11. Geração de subproduto (particulados e carga mineral);</li> <li>12. Uso de subproduto (PVC oriundo da indústria farmacêutica);</li> <li>13. Tem foco na reintrodução de materiais e embalagens;</li> </ol>
<b>Fluxos circulares/ Retenção de valor</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Recusar-recusa embalagens que não sejam recicláveis, não padronizadas;</li> <li>2. Reutilizar embalagens e resíduos de embalagens(ex. palletts), embalagens vai e vem (Just in time)</li> <li>3. Reciclar internamente- aparas dos pisos e pisos retornados (sem adesivo);</li> <li>4. Reciclar externamente (embalagens)- papelão, plásticos, óleo lubrificante, dentre outros resíduos os quais são vendidos para parceiros;</li> <li>5. Logística Reversa de sobras de piso (pós-instalação)</li> </ol>
<b>Inovação no Modelo de negócios</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Venda de serviço de produto (PSS)- para pisos encaixados (para grandes eventos);</li> <li>2. Estender o valor do Recurso, através da reciclagem interna dos pisos;</li> <li>3. Simbiose Industrial- a compra resíduo (PVC) da indústria farmacêutica e vende resíduos (particulados e carga mineral);</li> </ol>



<b>Drivers/ Elementos habilitadores</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Abordagem sistêmica - Reformulação interna dos processos produtivos para atender os princípios da EC;</li> <li>2. Liderança da empresa Focal para a transição;</li> <li>3. Participação/ Incentivo da alta administração da empresa;</li> <li>4. Ecolnovação-integração de questões ambientais no <i>design</i> de produtos;</li> <li>5. Investimento em novas Tecnologias para produtos circulares;</li> <li>6. Novas Tecnologias de processo- tornar mais ecoeficiente;</li> <li>7. Tecnologias para recuperação e reciclagem de materiais;</li> <li>8. Colaboração com parceiros- Possui uma Cadeia de suprimentos ágil e resiliente; incentiva os parceiros a adotarem práticas sustentáveis, inclusive operadores de logística reversa;</li> <li>9. Cultura da empresa para EC- através de treinamentos e workshops para os colaboradores sobre os temas de sustentabilidade e Economia circular.</li> </ol>
<b>Barreiras</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Barreiras Técnicas: Falta mais capacitação das pessoas para trabalhar com EC;</li> <li>2. Barreiras culturais: as pessoas ainda não estão preparadas para realizar a coleta seletiva (fazer a separação de materiais) - falta mordomia, enviam os pisos de pós-instalação contaminados com sobras de comida (marmita) e outras sujeiras;</li> <li>3. Barreiras tributárias: material reciclado é bi-tributado;</li> <li>4. Barreiras regulatórias – Falta legislação que oriente as questões de resíduos sólidos e outras ações para a EC.</li> <li>5. Barreiras de mercado/Marketing – convencer o cliente que o modelo de EC é bom, que irá agregar valor para todos.</li> </ol>

Fonte: Dados da pesquisa realizada pela autora (2021)

A entrevistada tem pleno conhecimento dos princípios da Economia circular e afirma ter participado de diversos treinamentos para a implementação da EC na empresa, conforme observa-se no trecho a seguir:

Quando falamos de EC, fala-se de uma forma diferente de como agregar valor nestas questões de materiais e uso de recursos. Não temos que fazer reciclagem “porque é bonito”, é verdinho. Temos que fazer para agregar valor. Esta é a mudança no MINDSET. Então, para agregar valor, pensamos na questão de ir para dentro do diagrama (diagrama sistêmico da Fundação Ellen MacArthur). A filosofia é esta: quanto mais para fora você está, mais você está perdendo dinheiro. Se você perceber, o último item do diagrama, é a reciclagem. Como fazemos para agregar mais valor? O que está no centro? o princípio do usuário (venda do serviço e não do produto).

Quanto ao projeto de novos produtos, a entrevistada relatou que não é realizado no Brasil; grande parte das diretrizes adotadas são definidas pela matriz, na França. No entanto, a entrevistada enfatiza que eles têm foco no *design* circular:

“Temos que começar com o *design* circular, pois não conseguimos fechar circuito nenhum se o projeto não for bem elaborado. E daí nós temos algumas questões nos nossos produtos que impedem a circularidade e outras que favorecem. No meu processo interno acontece assim: fabricamos placas

grandes, em seguida os pisos são recortados e as aparas retornam para o processo para serem reaproveitadas (são trituradas e reaproveitadas). Tanto aparas, quanto produtos com problema de qualidade (reprovados na inspeção) podem ser reprocessado e virar piso quantas vezes forem necessárias”.

Em relação ao *Design* de Design de Processo Circular, a empresa investe em diversas práticas no processo produtivo (conforme apresentado no Quadro 16, acima), além disto, salienta que a empresa tem investido bastante em ações para reduzir consumo de recursos como água e energia.

Usamos eletricidade de fontes 100% renovável. Nosso fator de emissão de GHG (Gás efeito estufa) é zero. Nós não temos de fato, uso de energias que não sejam renováveis. Nós usamos também uso de gás natural (que não é renovável), mas temos meta de redução; Quanto ao uso da água, usamos o indicadores do GRI para calcular reuso. O nosso GRI de água é 98.22% (de tudo que usamos de água, nós reciclamos 98, 22%), valor bem alto. Passamos 2018 e 2019 investindo pesado em “fechamento de circuito” de água. Não enviamos resíduo para aterro, desde março 2019. Nós temos direcionamento externo, para compostagem etc. Temos o envio de plástico e papelão, para recicladores mesmo.

A entrevistada destaca que os clientes ainda precisam “comprar a ideia” quanto à separação dos pisos para a logística reversa, além de destacar os problemas com a qualidade do produto devolvido, que normalmente retorna direto de um “canteiro de obra”, retornando contaminado com outros materiais: restos de comida, roupas, EPIs, pisos de outros fabricantes; problemas estes devido à falta de conscientização das pessoas que trabalham nas obras, conforme destacado texto a seguir:

No começo tivemos situações em que os *bags* vinham totalmente contaminados (com marmita com sobras de comida, outros materiais misturados etc), não conseguíamos aproveitar nada. Tivemos o trabalho de ir buscar, colocar no caminhão, descarregar. Foi tudo perdido! .Também veio piso de outros fabricantes (concorrentes). Nós só aproveitamos os nossos pisos. Não tem como eu saber a composição do piso do concorrente [...] Nós não podemos reprocessar materiais de outros fabricantes. Nós temos confiança no nosso material; por isso, reprovamos muito material retornado (logística reversa) no início do programa.

Os achados da pesquisa também foram enviados à entrevistada para validação dos resultados.

#### 4.1.5 Estudo de Caso E

A visita à empresa e entrevista foi realizada no mês de maio de 2019, com o gerente da Qualidade e EHS (Saúde, Segurança e Meio ambiente); o gerente possui formação como Engenheiro Químico e trabalha há 24 anos na empresa do caso E. Também participou da entrevista uma colaboradora, técnica em química com 11 anos de atuação na empresa, atualmente na função de auditora ambiental e de qualidade. Os entrevistados deixaram claro que “a empresa reconhece o Meio ambiente como um valor importante para o futuro e adota padrões rigorosos que atendem as normas internacionais do SGI, sendo que também atende normas do setor automotivo, como a IATF 16.949 (Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) para terceiros do setor automotivo) e a Diretiva ROHS (*Restriction on the use of Hazardous Substances*)”.

O processo de produção da solda (em pasta, em barra, solda em fio, fluxo e diluente para solda) acontece por batelada, não gera rejeito e nem tem desperdícios. O Quadro 18 reúne, de forma resumida, as informações quanto às estratégias e práticas sustentáveis, coletadas durante as entrevistas na empresa do caso E.

Quadro 18 - Resumo das Estratégias e práticas da empresa do caso E

Dimensão	Principais estratégias e práticas identificadas
<b>Design e Desenvolvimento de produtos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Seleção de materiais (rejeitar insumos com substâncias perigosas)- os clientes exigem que as substâncias nocivas sejam eliminadas;</li> <li>2. Substituição de materiais perigosos/ tóxicos por não perigosos/não tóxicos;</li> <li>3. Reduziu consumo de MP virgens e recursos não renováveis;</li> <li>4. Atende a Diretiva de Restrição de substâncias perigosas (RoHS) da União Europeia;Redução consumo de insumos virgens e recursos naturais não renováveis;</li> <li>5. Aumentou a participação de insumos renováveis e recicláveis (nos produtos );</li> <li>6. Aumentou consumo de insumos reciclados (no produto)</li> <li>7. Eliminou uso de compostos orgânicos voláteis (VoC);</li> <li>8. Aquisição verde.</li> </ol>
<b>Design de Processo Circular</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Processos <i>Ecoeficientes</i> - redução de desperdícios, redução consumo energia na empresa, Reduzir consumo de materiais e geração de resíduos;</li> <li>2. Impactos ambientais monitorados para Ar, água e solo;</li> <li>3. Redução do uso de recursos naturais/não renováveis no processo de fabricação;</li> <li>4. Redução dos níveis de emissões, reduzindo perdas valiosas de materiais;</li> <li>5. Integração de questões ambientais nos processos;</li> <li>6. Programa de gerenciamento dos resíduos (coleta seletiva);</li> <li>7. Fechou o loop para reutilização de água;</li> <li>8. Programa de Minimização interno de geração de resíduos;</li> </ol>

	<ol style="list-style-type: none"> <li>9. Foco na reintrodução de materiais e embalagens;</li> <li>10. Possui sistema de exaustão na produção devido à solda e uso de produtos químicos;</li> <li>11. Não envia resíduos para aterro sanitário;</li> <li>12. Geração de subproduto;</li> <li>13. Uso de subprodutos;</li> <li>14. Tem Estação de tratamento de efluentes (ETE) doméstica - para os banheiros e água do restaurante. Não há descarte de água no processo.</li> </ol>
<b>Inovação no Modelo Negócios</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estender o valor do Recurso, através da recuperação da borra de solda (reciclagem);</li> <li>2. Simbiose Industrial- aquisição da borra de solda (substância perigosa) gerada no processo produtivo dos clientes. O que eles não conseguem recuperar, a empresa envia para seu fornecedor, que por sua vez vende as escórias para empresa de cimento;</li> <li>3. Logística reversa de embalagens de solda e da borra de solda.</li> </ol>
<b>Fluxos Circulares/ Retenção de valor</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Recusar embalagens que não sejam recicláveis, não padronizadas;</li> <li>2. Fechou o loop para produtos e embalagens;</li> <li>3. Recicla internamente a borra de solda gerada no processo e que retorna dos clientes;</li> <li>4. Recicla externamente embalagens – papel, papelão, plásticos, óleo lubrificante etc que são vendidos para parceiros;</li> <li>5. Integração de questões ambientais na Logística de entrada e saída da empresa</li> <li>6. Logística reversa.</li> </ol>
<b>Elementos habilitadores</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Abordagem sistêmica- busca atuar de forma sistêmica na questão de sustentabilidade internamente;</li> <li>2. Incentivo da alta administração da empresa nas questões ambientais;</li> <li>3. Inovação nos produtos- eliminou uso de substâncias tóxicas nos produtos (solda <i>Lead free</i>- livre de chumbo);</li> <li>4. Inovação nos processos para atender questões ambientais;</li> <li>5. Investe em Novas Tecnologias de produtos – solda livre de chumbo (<i>Lead Free</i>) e outros;</li> <li>6. Investe em Tecnologias para recuperação e reciclagem da borra da solda e separação de subprodutos;</li> <li>7. Colaboração com parceiros- incentivando adoção de práticas sustentáveis;</li> </ol>
<b>Barreiras</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Barreiras de mercado: o cliente prefere comprar produto mais barato, não vê o valor agregado e os benefícios ambientais;</li> <li>2. Barreiras econômicas- concorrência em preço na compra da borra da solda e venda de seus produtos;</li> <li>3. Barreiras culturais: as pessoas ainda não estão preparadas para realizar separação de materiais/resíduos para logística reversa;</li> <li>4. Barreiras tributárias – material reciclado é bi-tributado é bi-tributado.</li> </ol>

Fonte: Dados da pesquisa realizada pela autora (2021).

Importante salientar que o processo de produção da solda acontece por bateladas, não gerando rejeito e nem desperdício. O processo de reciclagem da borra é realizado na própria empresa e está contemplado no modelo de negócios da

empresa e autorizado pelos órgãos ambientais (municipal e estadual). A meta de uso de material reciclado é de, no mínimo, trinta por cento. O entrevistado ressalta que “a empresa possui três plantas no Brasil, mas apenas a unidade de Manaus faz a reciclagem da borra.

O gerente entrevistado ressaltou que ao venderem seus produtos para a indústria de produtos eletroeletrônicos, eles oferecem o serviço de logística reversa da borra de solda; mas, ainda se deparam com empresas que, possuem Sistema de Gestão Ambiental (SGA) e que, mesmo divulgando que estão transicionando para a EC, não vendem o resíduo (borra) para a empresa E; estas empresas (clientes) preferem vende o resíduo através de *leilão*, vendendo para o reciclador que pagar mais pelo resíduo; desta forma, a empresa E não consegue fechar totalmente o ciclo de produção. Outra dificuldade que encontram, são clientes que não permitem que seja utilizado *insumo reciclado, decorrente da borra*, no produto fornecido a eles. Os achados da pesquisa também foram enviados ao gerente entrevistado para a validação dos resultados.

A análise dos resultados e discussões será realiza na seção 4.2, a seguir.

## **4.2 Análise e discussão dos resultados**

Após apresentar o conjunto das estratégias e práticas presente nas empresas do estudo de caso múltiplos; esta seção tem como objetivo analisar e discutir os resultados encontrados, confrontando com a literatura pesquisada, com fins de obter subsídios para propor o conjunto de diretrizes. Por fim, implicações teóricas e gerenciais são sugeridas.

### **4.2.1 Design e desenvolvimento de produtos**

As empresas estudadas são empresas que possuem Sistemas de Gestão Integrada (mais de 15 anos de certificação), que se esforçam para desenvolver produtos de qualidade com menos custos e minimizar as externalidades negativas, pois aplicam diversos atributos ambientais na concepção de seus produtos. O Quadro 19 e o Gráfico 1 apresentam, de forma consolidada, as estratégias e práticas para o Design e Desenvolvimento de produtos adotadas nas cinco empresas.

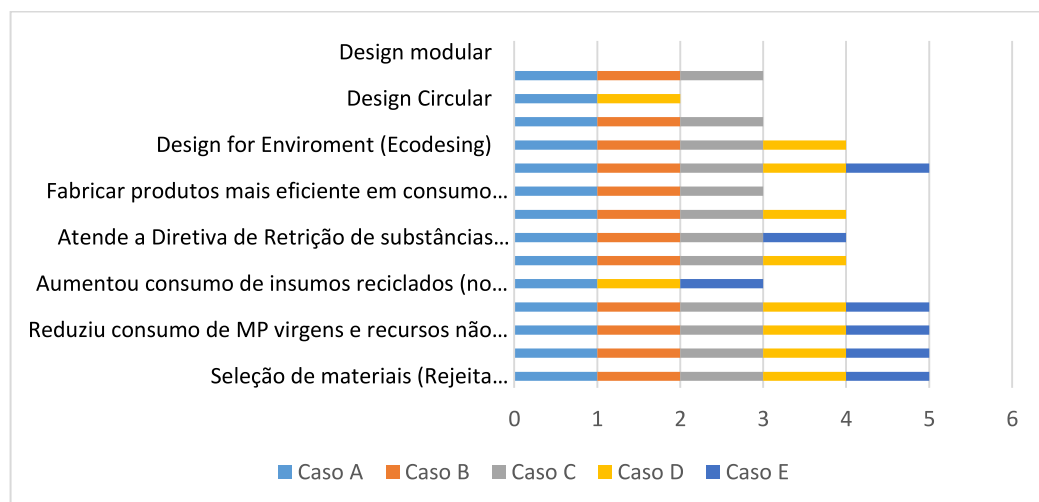
Quadro 19 - Práticas na dimensão desenvolvimento e design de produtos nas cinco empresas do estudo de caso

	<b>Práticas na dimensão Desenvolvimento e design de produtos</b>	<b>Caso A</b>	<b>Caso B</b>	<b>Caso C</b>	<b>Caso D</b>	<b>Caso E</b>
1	Seleção de materiais (Rejeita/ Substitui insumos perigosos/ substâncias tóxicas)	Y	Y	Y	Y	Y
2	Reduzir o consumo de MP virgens e recursos não renováveis	Y	Y	Y	Y	Y
3	Eliminou o uso de Compostos orgânicos voláteis (VoC);	Y	Y	Y	Y	Y
4	Aquisição Verde	Y	Y	Y	Y	Y
5	Maior participação de insumos renováveis e recicláveis;	Y	Y	Y	Y	Y
6	Aumentou consumo de insumos reciclados (nas embalagens)	Y	Y	Y	Y	
7	Aumentou consumo de insumos reciclados (no produto)	Y			Y	Y
8	Atende a Diretiva de Restrição do uso de substâncias perigosas (ROHS)	Y	Y	Y		Y
9	Realiza Avaliação do Ciclo de vida (ACV)	Y	Y	Y	Y	
10	Ecodesign	Y	Y	Y	Y	N.A
11	Fabricar produtos mais Eficientes (reduzir consumo de energia);	Y	Y	Y		N.A
12	Design para durabilidade	Y	Y	Y		N.A
13	Design para desmontagem (DfD);	Y	Y	Y		N.A
14	Design Circular	Y			Y	N.A
15	Design Modular					N.A
	<b>Total de estratégias e práticas</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>7</b>

Obs. N.A – “Não se aplica à empresa”

Fonte: Dados da pesquisa realizada pela autora (2021).

Gráfico 1 - Práticas na dimensão *design* e desenvolvimento de produtos



Fonte: Dados da pesquisa realizada pela autora (2021).

Com exceção do design modular, a empresa do caso A tem implementado 14 das 15 práticas identificadas nesta dimensão; a empresa do Caso B (12 práticas), Caso C (12 práticas), Caso D (10 práticas) e Caso E (7 práticas). Observa-se que as cinco empresas aplicam práticas e estratégias relacionadas ao uso de insumos circulares ao fazerem: a) “seleção de materiais para rejeitar/substituir insumos/substâncias perigosas e tóxicas”; b) “Reduzir o consumo de matérias-primas virgens e de recursos não renováveis”; c) maior participação de insumos renováveis e recicláveis no produto; d) “eliminar uso de Compostos orgânicos Voláteis (VOC) e e) adotar a aquisição Verde; estas práticas foram identificadas no trabalhos de diversos autores (McDONOUGH; BRAUNGART, 2010; MURA *et al.*, 2020; WEETMAN, 2016; ZHU *et al.*, 2010), confirmando a necessidade de mudança para uso de insumos circulares.

A Seleção de materiais e *eliminação de substâncias tóxicas* trouxe diversos benefícios para as empresas e para o meio ambiente, pois proporcionou maior possibilidade de reaproveitamento dos materiais e redução de custos de reciclagem; este resultado está de acordo com os resultados de pesquisas realizados por Mura *et al.*, (2020), Souza-Zhomer *et al.*, (2018) e Zhu *et al.*, (2010). Os entrevistados de A, B e D informaram que utilizam métodos como a Análise do Fluxo de material (*Material Flow Analysis*, MFA) que auxiliam na identificação de fluxos de substâncias perigosas. adoção destas práticas são preconizadas por Braungart e McDonough (2010), da Escola de Pensamento *Cradle to Cradle*, que afirmam que “nenhum ecossistema é capaz de absorver materiais prejudiciais de forma segura”.

A estratégia de “Redução do consumo matérias-primas virgens e recursos não renováveis” (ELLEN MACARTHUR *et al.*, 2015), resulta do “Princípio Reduzir” do *Framework R* que, ao ser usado no estágio do design de produtos, minimiza a entrada de energia primária, uso de recursos não renováveis e de matérias-primas virgens; esta estratégia também atende aos três princípios da economia circular. A estratégia “Reduzir” refere-se às três primeiras etapas do ciclo de vida dos produtos, ou seja, “utilização reduzida de recursos em pré-fabricação, redução da utilização de energia, materiais e outros recursos durante a fabricação, e a redução das emissões e resíduos durante a fase de utilização (JAWAHIR; BRADLEY, 2016).

As estratégias identificadas em quatro empresas foram: a) “Aumento da participação de insumos reciclados nas embalagens” (em A, B, C e D); b) Atender a

Diretiva de Restrição do uso de substâncias perigosas (ROHS); e c) Realizar Avaliação do Ciclo de vida. A eliminação de substâncias tóxicas e perigosas é uma das exigências da diretiva ROHS adotada nas empresas de eletro-eletrônicos (casos A, B, C e D) e atende ao terceiro princípio da EC (ver seção 3.1.1). Quanto à Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), utilizada para avaliar os impactos ambientais de um produto, serviço, negócio e processos, os entrevistados de A e B enfatizaram:

[...] A ACV, além de ser exigência da ISO 14.001, nos auxilia a verificar onde o produto é mais impactante (danos ao meio ambiente), se consome menos energia, se permite no final do consumo, pelo primeiro cliente, ser reutilizado, ser reparado e por fim ser reciclado”. (*entrevistado empresa A*).

“Através dos princípios do “*Design for Environment*”, temos uma matriz para avaliação do ciclo de vida (ACV): pré-manufatura, manufatura, distribuição e embalagem, uso do produto e manutenção, fim de vida”. (*entrevistados de B*).

O entrevistado da empresa A entende que a ACV surgiu como uma abordagem de integração dos princípios sustentáveis no processo de *design*, de forma a avaliar os impactos ambientais em cada estágio do ciclo de vida para o produto (ANTIKAINEN; VALKOKARI, 2016; MORENO *et al.*, 2016). A empresa A utiliza metodologias, softwares e acesso à banco de dados para realizar a ACV, realizando este trabalho no seu Centro de Inovação de Produtos. O entrevistado afirma que:

[...] pouco se pensa sobre o impacto que o produto tem durante a manufatura, no final de vida e no final de utilização, principalmente no modelo linear [...] hoje existem diversas metodologias para avaliar os impactos para tentar reduzir todos os impactos, em todo o ciclo de vida; isso é multidisciplinar com apoio de toda a empresa (do setor de Meio ambiente, segurança, marketing, área de logística, área financeira), além de pensar no usuário (nas especificações)”.

As estratégias identificadas em três empresas foram: i) Aumento da participação de insumos reciclados nos produtos (A, D e E); ii) Fabricar produtos mais eficientes (reduzindo consumo de energia); iii) Design para desmontagem; iv) Design para durabilidade. Quanto ao Aumento da participação de insumos reciclados nos produtos, os entrevistados de A, D e E afirmaram que possuem metas definidas pelo Corporativo e pela Alta administração de utilizar, no mínimo, 30% de insumos reciclados na fabricação de novos produtos; no entanto, afirmam que ainda é muito difícil alcançar essa meta aqui no Brasil, pois enfrentam diversos desafios para obter o material e de realizar a logística reversa. Os entrevistados das empresas B e C



informaram desconhecer a existência de projetos que incluía equivalentes reciclados como matéria-prima para produção dos primários, que apenas as embalagens utilizam insumos reciclados. O uso de insumos reciclados é destacado no estudo de Pauliuk (2018), como um indicador importante para medir a EC, com base na norma britânica BS 8000:2017 e métodos como o MFA (*Material Flow Analysis*), SFA (*Substance Flow Analysis*) e ACV. Estes resultados estão de acordo com a pesquisa de Stewart e Niero (2018) que, ao revisarem 46 relatórios de sustentabilidade corporativa com adoção de práticas de EC, verificaram que o uso de insumos reciclados e o uso de material renovável está no grupo da segunda atividade mais difundida nas empresas pesquisadas.

A pesquisa também trouxe informações quanto às estratégias de *Design* de produtos adotada nas empresas. O *Design* para a durabilidade e o *Design* para desmontagem são adotados por A, B e C; enquanto as empresas A e D adotam o *Design* Circular e o *Ecodesign*. Em alguns casos, observou-se a adoção de mais de uma estratégia de design por parte das empresas. O *Ecodesign* ou *Design ecológico* (DE LOS RIOS; CHARNLEY, 2017; MORENO *et al.*, 2016) é adotado pelas empresas A, B, C e D. Para Den Hollander *et al.*, (2017) os atuais princípios orientadores, estratégias e métodos propostos pelo eco-design estão enraizados na economia linear, o qual ainda é apontado na literatura recente sobre design circular como o design mais adotado pelas empresas que estão implementando a EC (GHISELLINI *et al.*, 2016).

Os entrevistados das empresas A, B e C entendem, que adotam a estratégia de aumentar a durabilidade dos produtos e estender o ciclo de vida durante a fase de consumo, através dos serviços oferecidos pela Rede de assistência técnicas, como as manutenções e reparo dos produtos, estendendo a vida útil dos produtos (BIANCHINI *et al.*, 2019; BOCKEN *et al.*, 2016). A adoção desta estratégia está de acordo com BOCKEN *et al.*, (2016) e KALMYKOVA *et al.*, (2018). Considerando que os produtos fabricados e comercializados por estas empresas são produtos de bens de consumo duráveis (impressoras, notebooks, televisor, aparelhos de celular, freezers, geladeiras, condicionador de ar), podem ser desenvolvidos para ter o ciclo de vida estendido; isso é entendido por Bianchini *et al.*, (2019) como uma criação de valor importante na economia circular; permitindo ciclos consecutivos de vida. Os entrevistados da empresa B também entendem que a empresa aumentou a vida útil do produto usando “material de alta qualidade para fabricação dos mesmos.

As empresas A, B e C também adotam o *design* para desmontagem (BOCKEN *et al.*, 2016; DE LOS RIOS; CHARNLEY, 2017; MORENO *et al.*, 2016) que facilita o trabalho de montagem e desmontagem dos produtos, facilita a manufatura reversa e entrada dos materiais no ciclo tecnológico (BOCKEN *et al.*, 2016; McDONOUGH; BRAUNGART, 2010); mas, os entrevistados apontaram que a quantidade de produtos/materiais que retornam para os ciclos tecnológicos (para remanufatura, reparar, reciclar) ainda é pequena (verificar estudo que aponta esta limitação).

As práticas e estratégias realizadas pelas empresas tem impacto direto na melhoria da *Eficiência de recursos e energia* (BOCKEN *et al.*, 2016; KIRCHHER *et al.*, 2017) e auxiliam no fechamento do Ciclo de produção e uso, pois permitirão a Extensão da vida útil dos produtos (BOCKEN *et al.*, 2016; KIRCHHER *et al.*, 2017; MURA *et al.*, 2020). Os achados, também, apontam que as empresas estudadas estão redesenhando seus produtos e serviços para minimizar o uso de materiais virgens e aumentar o uso de insumos reciclados (PAULIUK, 2018; STEWART; NIERO, 2018).

#### 4.2.2 Design de processo circular

Em relação às práticas e estratégias identificadas no processo produtivo das empresas, a nossa pesquisa evidenciou que as empresas adotam uma série de estratégias e práticas sustentáveis como forma de minimizar os impactos de suas operações. Como já mencionado, as empresas possuem SGA consolidado, portanto adotam práticas industriais com abordagem preventiva, conciliando os interesses produtivos, econômicos, ambientais e sociais.

O Quadro 20 apresenta as estratégias e práticas identificadas nos processos das cinco empresas e o Gráfico 2 apresenta a síntese das práticas organizadas pela ocorrência nos casos.

Quadro 20 - Síntese das estratégias e práticas no processo produtivo

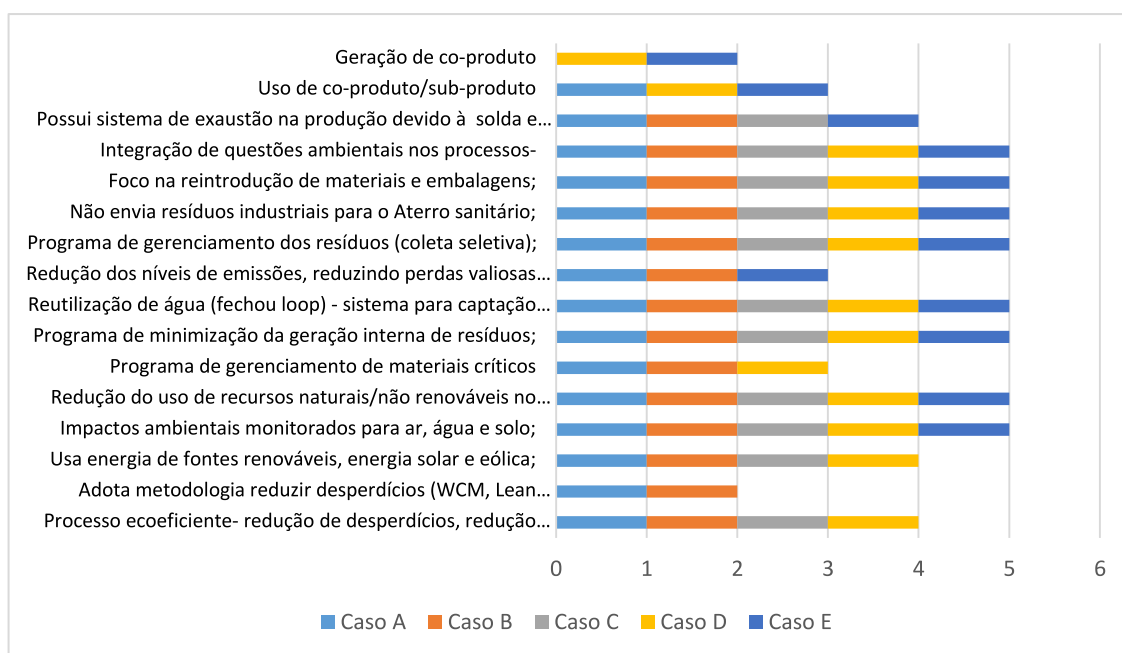
	<b>Estratégias e Práticas encontradas na dimensão Processos sustentáveis</b>	<b>Caso A</b>	<b>Caso B</b>	<b>Caso C</b>	<b>Caso D</b>	<b>Caso E</b>
1	Processo ecoeficiente- redução consumo de energia, reduzir consumo de materiais, redução de qualquer tipo de desperdícios;	γ	γ	γ	γ	γ
2	Programa interno de minimização de resíduos;	γ	γ	γ	γ	γ
3	Programa de gerenciamento dos resíduos (coleta seletiva);	γ	γ	γ	γ	γ
4	Não envia resíduos industriais para o Aterro sanitário;	γ	γ	γ	γ	γ

5	Integração de questões ambientais nos processos produtivos	γ	γ	γ	γ	γ
6	Impactos ambientais monitorados para ar, água e solo;	γ	γ	γ	γ	γ
7	Possui sistema de exaustão na produção devido à solda e uso de produtos químicos	γ	γ	γ	γ	γ
8	Reutilização de água (fechou <i>loop</i> ) - sistema para captação de água de chuva e refrigeração e através de ETE.	γ	γ	γ	γ	γ
9	Usa energia de fontes renováveis	γ	γ	γ	γ	
10	Foco na reintrodução de materiais e embalagens;	γ	γ	γ	γ	γ
11	Redução do uso de recursos naturais/não renováveis no processo de fabricação;	γ	γ	γ		γ
12	Programa de gerenciamento de materiais críticos	γ	γ	γ	γ	
13	Uso de co-produto/sub-produto	γ			γ	γ
14	Adota metodologia reduzir desperdícios (WCM, <i>Lean Manufacturing</i> ) e melhoria contínua	γ	γ			
15	Redução dos níveis de emissões, reduzindo perdas valiosas de materiais;	γ	γ			
16	Geração de co-produtos ou subprodutos				γ	γ
	<b>Total de Estratégias e práticas adotadas</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>12</b>

Fonte: Dados da pesquisa realizada pela autora (2021).

Um conjunto de nove práticas, das dezesseis identificadas nas entrevistas, estão presentes nas cinco empresas, conforme Quadro 20. Estas práticas fazem parte das orientações para uma indústria mais limpa e ecoeficiente, do Programa das Nações unidas para o Meio Ambiente (Pnuma). De acordo com o Pnuma, a empresa deve adotar práticas industriais que mantenham a lucratividade do empreendimento sem perder de vista os cuidados com a sociedade e o meio ambiente; práticas como as identificadas na nossa pesquisa: i) “Reduzir o consumo de materiais e geração de resíduos no processo”;ii) Não enviar resíduos industriais para o aterro sanitário municipal; iii) Programa de gerenciamento dos resíduos (coleta seletiva); iv) programa interno de minimização de resíduos; v) Impactos ambientais monitorados para ar, água e solo, vi) Integração de questões ambientais nos processos de produção; vii) Processos ecoeficientes; viii) Reutilização de água, e/ou captação de água de chuva e refrigeração e ix) reintrodução de materiais e embalagens.

Gráfico 2 - Estratégias e práticas para design de processo circular



Fonte: Dados da pesquisa realizada pela autora (2021).

A ecoeficiência, nos casos aqui investigados, é alcançada através dos princípios da Manufatura Enxuta, práticas de Produção mais limpa, *Ecodesign*, além dos design para durabilidade, desmontagem e circular; sendo apontada em diversos trabalhos (BOCKEN *et al.*, 2014; GEISENDORF; PIETRULLA, 2017; GEISSDOERFER *et al.*, 2018) como uma estratégia essencial para a economia circular. Assim, a pesquisa evidenciou que as empresas pesquisadas tornaram seus processos mais ecoeficientes, introduzindo novas tecnologias, fabricando produtos mais compactos e leves, embalagens simplificadas, eletrodomésticos e produtos eletrônicos mais eficientes em energia (empresa A, B e C); *reduzir o desperdício de consumo de energia, água e outros* (casos A,B,C e D) (SU *et al.*, 2013). Estes resultados estão de acordo com diversas pesquisas sobre práticas de EC em empresas de manufatura (GHISELINNI *et al.*, 2016; SOUSA-ZOMER *et al.*, 2018; SU *et al.*, 2013; YUSUP *et al.*, 2013).

A *reintrodução de materiais e embalagens no processo* é um aspecto primordial da EC; ao reintroduzir o que seria resíduo ou desperdício no circuito de produção, tornando-o um recurso de entrada na mesma empresa ou em outra empresa (GEISENDORF; PIETRULLA, 2017; GEISSDOERFER *et al.*, 2018).

Quatro das empresas pesquisadas (empresas A, B, C e D) utilizam-se de energia de fontes renováveis (hidrelétrica, solar e/ou eólica). Este resultado está de

acordo com a Agenda 2030 da ONU, para o uso de energias renováveis; que o Brasil já detém participação elevada de energias renováveis na sua matriz energética; Enquanto que pesquisas na Europa apontam que apenas 15,8 % das empresas pesquisadas adotavam energia renovável no ano de 2015 e que 67% das empresas estavam em processo de adoção (BASSI; DIAS, 2019). A entrevistada da empresa D falou com entusiasmo os resultados alcançados pela empresa:

Usamos eletricidade de fontes 100% renovável. Nosso fator de emissão de GHG (Gás efeito estufa) é zero [...] Nós usamos, também, gás natural (que não é renovável), mas temos meta de redução deste tipo de energia nos nossos processos;

A empresa A possui um número maior de práticas implementadas, devido à adoção de princípios da Manufatura Enxuta. O entrevistado aponta alguns projetos de melhorias devido o *Lean Manufacturing*:

[...] vou te dá exemplo de práticas do *Lean* que agente consegue demonstrar lá na operação; nós temos a cadeia de suprimentos dos moldadores que nos fornecem peças plásticas, eles tinham diferentes caixas de papelão; de diferentes tipos, isto gerava muito resíduo. Criamos um programa, para padronizar as caixas de papelão; Hoje elas são padronizadas. Estas caixas são reutilizadas até onze vezes (vai e vem); depois de usar onze vezes, ela ainda é recuperada ou reciclada, virando caixa novamente.

#### 4.2.3 Modelo de negócios Circular

A literatura revisada sobre modelos de negócios para a Economia circular (seção 3.3.5) aponta que as organizações precisam dar uma nova abordagem para gerar valor econômico, social e ecológico ao negócio de forma mais sustentável (BOCKEN *et al.*, 2014; BOCKEN *et al.*, 2016; GEISSDOERFER *et al.*, 2017; GHISELLINI *et al.*, 2016).

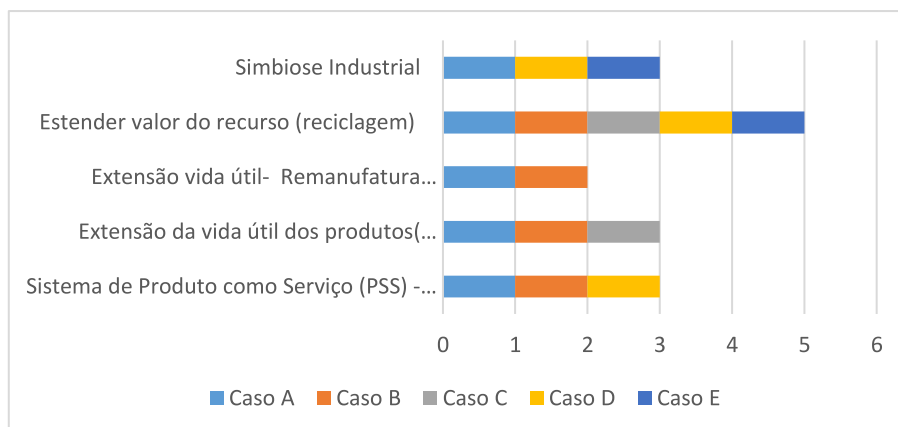
O Quadro 21 organiza os modelos de negócios circular identificados nos estudos de caso, com base na proposta de Bocken *et al.*, (2016). Em seguida, o Gráfico 3 apresenta as estratégias de modelos de negócios circulares adotadas pelas cinco empresas.

Quadro 21 - Modelo de negócios circular nas empresas pesquisadas

<b>Empresas</b>	<b>Desacelerar o Loop</b>	<b>Fechar o Loop</b>
<b>Caso A</b>	<p>Extensão da vida útil dos produtos, através dos serviços da Rede de assistências técnicas (manutenção);</p> <p>Sistema de Produto como Serviço (PSS) para notebooks;</p> <p>Extensão do valor dos produtos- Remanufatura de celulares, impressoras e notebooks na fábrica.</p>	<p>Estender o valor dos recursos - reciclagem interna, empregando o valor residual dos recursos;</p> <p>Simbiose Industrial - envia resíduos e subprodutos não utilizados na empresa para parceiros;</p>
<b>Caso B</b>	<p>Extensão da vida útil dos produtos, utilizando insumos de qualidade e através dos serviços da Rede de assistências técnicas;</p> <p>Sistema de Produto como Serviço (PSS) – leasing de purificadores de água;</p> <p>Extensão do valor do produto (Remanufatura dos purificadores de água) – realizado na própria fábrica.</p>	<p>Estender o valor dos recursos (reciclagem) de partes plásticas e motor de máquinas de lavar e geladeira – em parceria com a ABREE (Associação Brasileira de reciclagem de eletroeletrônicos e eletrodomésticos).</p>
<b>Caso C</b>	<p>Extensão da vida útil dos produtos, utilizando insumos de qualidade e através dos serviços da Rede de assistências técnicas;</p> <p>Extensão do valor do produto (remanufatura, reparo)- Programa de devolução de aparelhos antigos (celular) na compra de um novo.</p>	<p><b>Estender valor do recurso</b> (reciclagem) de componentes eletrônicos, partes metálicas e plásticas de televisores, <i>smartphones</i> e outros produtos – em parceria Rede de assistências técnicas e com terceirizadas que fazem a manufatura reversa e reciclagem de componentes.</p>
<b>Caso D</b>	<p>Sistema de Produto como Serviço (PSS) de pisos vinílicos para grandes eventos (de forma esporádica)</p>	<p>Estender o valor do Recurso, através da reciclagem interna dos pisos e de pisos que retornam de pós-instalação;</p> <p>Simbiose Industrial- aquisição de insumos PVC de parceiros; envio de seus resíduos para outros parceiros (fábrica cimento).</p>
<b>Caso E</b>		<p>Estender o valor do Recurso, através da recuperação da borra de solda (reciclagem);</p> <p>Simbiose Industrial- aquisição da borra de solda gerada no processo produtivo dos clientes. O que não é recuperado (escórias) na empresa, é vendido para fabricantes de cimento.</p>

Fonte: Dados da pesquisa realizada pela autora (2021).

Gráfico 3 - Modelos de negócios circular adotados nas empresas



Fonte: Dados da pesquisa realizada pela autora (2021).

Resumindo temos: Caso A (5 CBM), Caso B (4 CBM), Caso C (3 CBM), Caso D (3 CBM) e Caso E (2 CBM). As empresas A, B, C e D possuem estratégias para *Desacelerar o Loop*, sendo: a) Extensão da vida útil dos produtos ao utilizarem insumos de qualidade e oferecer uma Rede de Assistências técnicas para manutenção dos produtos (*casos A, B e C*); b) Extensão do valor do produto, através da remanufatura (*casos A, B e C*) e vendendo o “Produto como serviço (PSS)” (*casos A, B e D*). As empresas do caso A e B (ramo eletroeletrônico) estão combinando a extensão da vida útil do produto com o modelo de Produto como Serviço, para facilitar serviços que simultaneamente aumentam a longevidade do produto (através da reutilização, manutenção e remanufatura), mantendo a posse do produto com a empresa. Estas estratégias estão de acordo estudos de Bocken *et al.*, (2014) e Mentik (2014) que afirmam que oferecer funcionalidade, em vez de propriedade através do PSS, garante que o produto retorne e seja remanufaturado após uso (MENTIK, 2014; PLANING, 2015). No entanto, o modelo de produto como serviço (PSS) oferecido pelas empresas dos casos A, B e D, ainda não está bem consolidado. Os entrevistados enfatizaram que estão testando este modelo e que ainda enfrentam diversos problemas, conforme apontado nos trechos das entrevistas:

Nossa empresa está “pilotando” diferentes modelos de negócios, tais como: Remanufatura e Produto como Serviço (PSS), para que possamos entender como funciona cada modelo de negócios. Por enquanto a nossa comercialização destes produtos é feita apenas para os colaboradores da nossa empresa e é realizada internamente. (entrevistado do caso A).

[...]Como tornar nossos clientes usuários, ao invés de serem consumidores? É uma tratativa que nossa empresa já está realizando com a alta direção, pesquisadores, centro de pesquisa; [...]como faremos, num futuro próximo,

para tornar os nossos clientes usuários do produto e não proprietários? Estamos olhando mais para a frente mesmo [...], por exemplo, durante as olimpíadas em 2016, nós fomos responsáveis por colocar o piso lá no estádio do Maracanã no Rio de Janeiro. Fizemos todo o gerenciamento logístico disso: instalar e depois desinstalar [...] é importante ressaltar que, no nosso caso, a venda do serviço de produtos (PSS), no momento só é possível para grandes clientes e que ainda é realizado de forma muito esporádica; mas é muito rentável para a empresa e para a sociedade pois reduz o consumo de recursos e a geração de resíduos. (entrevistada do caso D).

Para Rosa, Sassanelli e Terzi (2019) e Galvão *et al.*, (2020) os CBMs baseados em PSS são reconhecidos como os mais adequados para maior circularidade; além disso, atuam como capacitadores para uma indústria mais sustentável e eficiente em termos de recursos.

As cinco empresas do estudo de caso *estendem o valor dos recursos através da reciclagem*, caracterizando o arquétipo de *fechamento do Loop de produção* (BOCKEN *et al.*, 2016; KIRCHHER *et al.*, 2017; PIERONI; McALOONE; PIGOSSO, 2020). Neste modelo a proposição de valor está na exploração do valor residual dos recursos e sua conversão em novas formas de valor (BOCKEN *et al.*, 2016; MORENO *et al.*, 2016). As empresas A, D e E realizam a reciclagem dos produtos e materiais retornados, internamente; já as empresas B e C realizam esta operação externamente, através de parceiros (recicladores, associações ou cooperativas). A reciclagem é o modelo de negócios ou prática mais comum identificada nos estudos empíricos realizado em diversos países, principalmente nos países desenvolvidos (GHISELLINI *et al.*, 2016; GEISENDORF; PIETRULLA, 2017), este resultado vai de encontro às pesquisas recentes realizadas em empresas de manufatura (GUSMEROTTI *et al.*, 2019; MURA *et al.*, 2020); este resultado vai de encontro com a afirmação de que “a implementação da EC, em todo o mundo, está nos estágios iniciais, focada em reciclar ao invés de reutilizar” (GHISELLINI *et al.*, 2016; KIRCHHER *et al.*, 2017; STEWART; NIERO, 2018).

Ainda no arquétipo de Loop de fechamento tem-se a Simbiose Industrial (SI) (BOCKEN *et al.*, 2016; BSI, 2017; CHERTOW; EHRENFELD, 2012; PIERONI; McALOONE; PIGOSSO, 2020), praticada pelas empresas do caso A, D e E. Este modelo de negócios costuma ser implementado em empresas pertencentes à um Parque Eco-industrial (CHERTOW; EHRENFELD, 2012), no qual há o incentivo de cooperação através da troca dos resíduos ou subprodutos (RUGGIERI *et al.*, 2016), mas isto não impede que a simbiose seja realizada por empresas individuais. A empresa do caso D utiliza-se de parceiros empresas intermediárias para adquirir o



PVC (resíduo da indústria farmacêutica e de empresas fabricantes de SIM CARDS); enquanto a empresa do caso E, faz todo o processo diretamente com seus clientes ao comprar a borra da solda e fazer a logística reversa até as unidades da empresa. A literatura enfatiza a necessidade de uma vantagem competitiva mútua entre os dois sujeitos que participam na Simbiose (CHERTOW, 2000; RUGGIERI *et al.*, 2016). Ruggieri *et al.*, (2016) identificou diversos fatores (questões regulatórias, os estímulos fiscais e financeiros e comportamento do consumidor) para a inovação organizacional e adoção da Simbiose Industrial. Neste modelo o valor é capturado por meio de economias potenciais com uso de subprodutos e resíduos que seriam desperdiçados (PIERONI; McALOONE; PIGOSSO, 2020).

Para Antikainen e Valkokari (2016) a inovação do modelo de negócios é muitas vezes fragmentada ou incremental, ao invés de transformacional em todo o ecossistema. Inovações em todo o sistema só podem ser realizadas em conjunto com inovações complementares relacionadas. Assim, a introdução de uma única inovação resultará em uma inovação sistêmica, se gerar ou exigir mudanças em mais áreas de um sistema (ANTIKAINEN; VALKOKARI, 2016).

Para Mura, Longo e Zanni (2020) apenas a adoção integrada e sistemática dos princípios da EC: extensão da vida útil dos produtos, usos de recursos renováveis para promover a regeneração ou aumentar a utilização através da reutilização e reciclagem, promover mudanças no consumo (usar o produto como serviço, compartilhar a utilidade) levará à EC, com o processo de criação de valor circular.

#### 4.2.4 Retenção de valor e fluxos circulares

Nesta dimensão o objetivo foi investigar “como acontece o fechamento de ciclo e a retenção de valor”, ou seja, como a empresa está trabalhando para substituir o conceito de fim de vida do produto, oriundo da economia linear, por novos fluxos circulares de reutilização, restauração, remanufatura, reparação e, por último, a reciclagem.

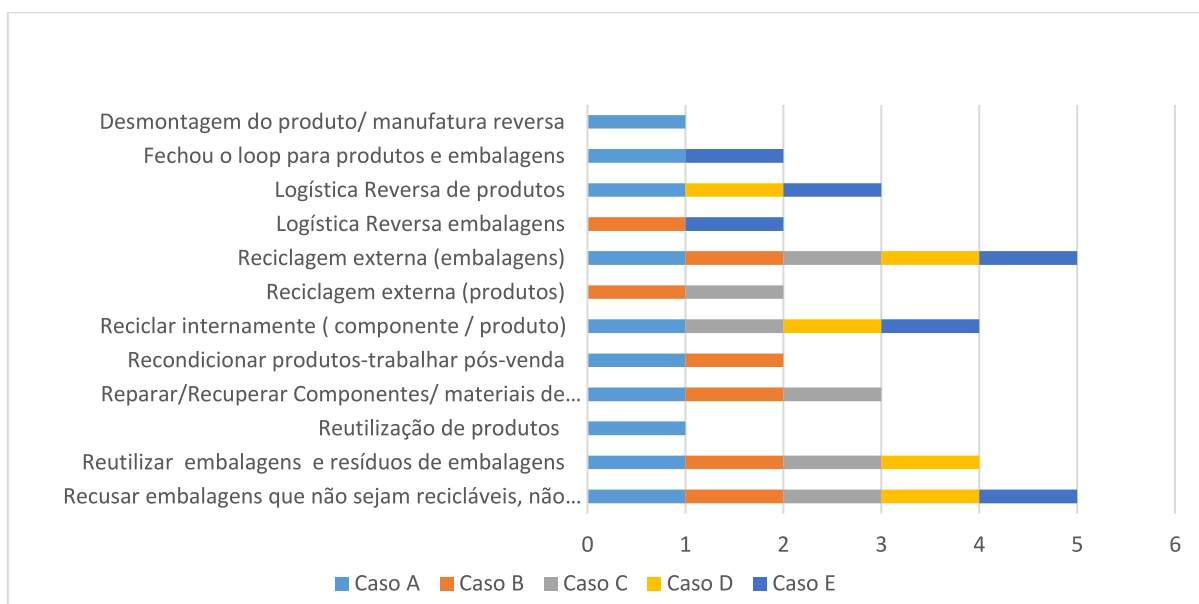
O Quadro 22 e o Gráfico 4 apresentam as práticas para Retenção de valor e Fluxos circulares adotadas pelas 5 empresas, identificadas nesta pesquisa.

Quadro 22 - Práticas de retenção de valor e fluxos circulares

	<b>Práticas de Retenção de valor e Fluxos circular</b>	<b>Caso A</b>	<b>Caso B</b>	<b>Caso C</b>	<b>Caso D</b>	<b>Caso E</b>
1	Recusar embalagens que não sejam recicláveis, não padronizadas	γ	γ	γ	γ	γ
2	Reciclagem externa (embalagens)	γ	γ	γ	γ	γ
3	Reutilizar embalagens e resíduos de embalagens	γ	γ	γ	γ	
4	Reciclar internamente ( componente / produto)	γ		γ	γ	γ
5	Reparar/Recuperar Componentes/ materiais de produtos	γ	γ	γ		
6	Logística Reversa de produtos	γ			γ	γ
7	Fechou o loop para produtos e embalagens	γ				γ
8	Recondicionar produtos-trabalhar pós-venda	γ	γ			
9	Reciclagem externa (produtos)		γ	γ		
10	Logística Reversa embalagens		γ			γ
11	Desmontagem do produto/ manufatura reversa	γ				
12	Reutilização de produtos	γ				
	<b>Total de práticas adotadas</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>6</b>

Fonte: Dados da pesquisa realizada pela autora (2021).

Gráfico 4 - Práticas de retenção de valor e Fluxos circulares



Fonte: Dados da pesquisa realizada pela autora (2021).

A empresa do caso A apresenta mais práticas (10) que as demais empresas. As práticas identificadas nos cinco casos foram: i)Recusar embalagens que não sejam

recicláveis, não padronizadas; ii) Reciclagem externa (embalagens). Os entrevistados da empresa B, reforçaram que o Pilar ambiental do *WCM* tem foco na total eliminação de desperdícios e reduzir geração de resíduos internamente. Já os entrevistados das demais empresas, enfatizaram que aplicam, pelo menos, os princípios 4R (Rejeitar, reduzir, reutilizar e reciclar), para diversos materiais e embalagens e que, atualmente, a reutilização de materiais, produtos ou alguns resíduos é, sempre que possível, realizada internamente pois gera vantagem econômica e ambiental. Esta ação vai de encontro com a pesquisa de Bassi e Dias (2019), que apontou que *minimizar resíduos* através da reutilização, reciclagem ou vendendo-os para outras empresas é a prática de EC mais adotada pelas PMEs em 55,4% das empresas pesquisadas por eles na Europa.

Quanto às práticas identificadas em quatro casos foram: i) reutilizar embalagens e resíduos de embalagens (Casos A, B, C e D); ii) reciclar internamente componentes/produtos( Casos A, C,D e E). As empresas A, D e E realizam a *reciclagem interna* de componentes e produtos. A empresa do caso A faz a manufatura reversa de diversos produtos para realizar a reciclagem (interna) dos materiais, extraindo metais preciosos das placas de circuito impresso (*upcycling*). A empresa D recicla internamente as aparas do piso e os pisos que retornam de sobras de pós-instalação (vendidos para grandes clientes) e a empresa E faz a reciclagem interna da borra da solda.

No que se refere à reciclagem, Bocken *et al.*, (2016) enfatizam que os recursos “residuais” devem ser reciclados, tornando-se materiais com propriedades equivalentes às do material original. Isso requer reciclagem primária (de circuito fechado), também conhecida como *upcycling*” ou “reciclagem terciária (reciclagem química)” de materiais, pois somente essas formas de reciclagem podem gerar materiais com propriedades equivalentes; também enfatizam que a reciclagem secundária (*downcycling*), que gera um material de baixo valor, deve ser evitada. Observou-se que a reciclagem de produtos realizada pelas empresas do caso A, caso D e caso E, tendem a proposta do modelo econômico circular; as demais empresas ainda estão com o foco apenas na reciclagem de embalagens.

A prática de *reutilização de produtos* está presente apenas na empresa do caso A. O entrevistado da empresa A afirma que a empresa está constantemente desenvolvendo projetos de melhorias para reutilização de embalagens e produtos, conforme verificado no trecho a seguir:

[...]Temos diversos Parceiros, o quais entregavam peças em *palletes* de madeira com um certo padrão. Eu tinha que comprar um outro padrão de *pallett* para entregar o produto final para as lojas. Então conseguimos “alinhar com estes parceiros” para eles mudarem o *pallet* para o padrão que utilizamos para enviar para os produtos para os clientes, fazendo assim o reaproveitamento do pallet dele”[...] Para caixas de papelão, criamos um programa, para padronizar as caixas[...] hoje estas caixas são reutilizadas até onze vezes (vai e vem); depois de usar onze vezes, ela ainda é recuperada ou reciclada, virando caixa novamente.

Para que aconteça o efetivo fechamento do ciclo, é de suma importância a implementação do sistema de retorno de produtos/componentes através da Logística reversa (LR), praticada pelas empresas dos casos A, D e E. Ambos os entrevistados do Caso A e D ressaltaram a dificuldade para retornar produtos em condições para serem reutilizado, pois não há um cuidado com o produto, conforme trecho a seguir:

“não há um zelo ou mordomia na devolução; são misturados produtos em condições de uso com produtos velhos, sem condições”(Entrevistado Caso A).  
 [...]considerando que o nosso material retorna de “canteiro de obras”, vem, muitas vezes, misturado com outras coisas (marmitas com sobras de comida, pisos de outros fornecedores etc) contaminando o material e dificultando a reciclagem (Entrevistado Caso D)

Os entrevistados das empresas A, D e E afirmaram haver a *gestão para recuperação e retorno dos produtos usados e/ou em fim de vida*”; e que estabeleceram parceria com operadores logísticos e/ou transportadoras para gestão e operacionalização do serviço. Mas, que a quantidade retornada ainda é muito inexpressiva (menos de 10% nas empresas A e D) e cerca de 30% no caso E. Os entrevistados das empresas do caso B e C alegaram que a empresa está aguardando ser sancionado os Acordos Setoriais de LR para seus produtos; mas, afirmaram que estão fechando parcerias com operadores logísticos, de forma a atender as orientações da PNRs.

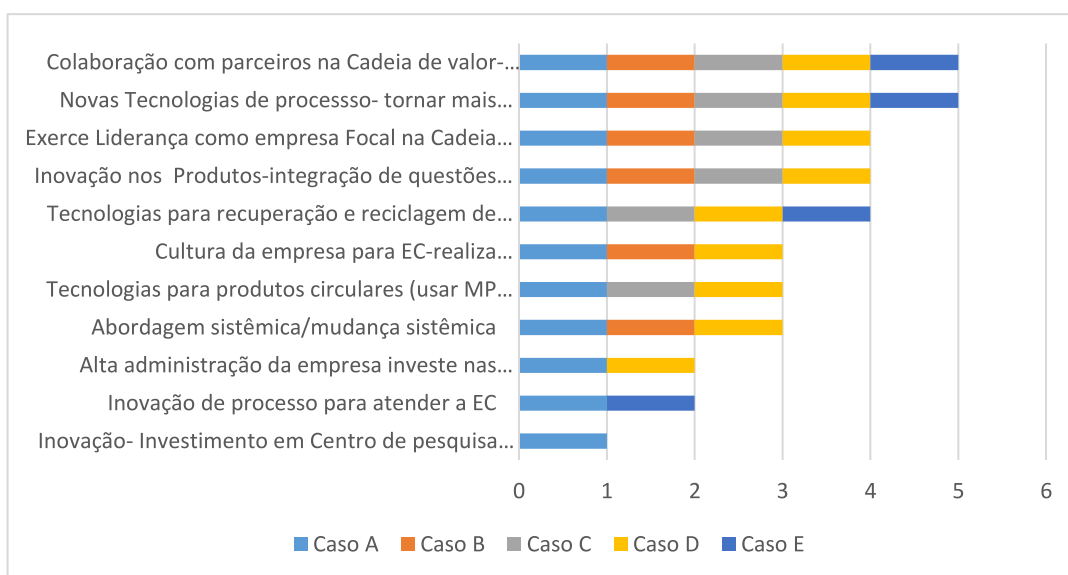
Quanto à prática *recuperar Componentes/ materiais de produtos*, realizado nas empresas A, B e C ; pode se referir tanto à “reparação interna” (Caso C) e em outras situações, a remanufatura (Caso A e B). Observou-se que as empresas implementaram linha/processo produtivo específico para a recuperação/reparação de produtos; por exemplo, na empresa C existe uma linha para recuperar as telas das TV (*opencell*) que são danificadas no processo produtivo.

As práticas de *reutilização de produtos* e *Desmontagem do produto/manufatura reversa*, foram identificadas apenas na empresa A. Enquanto que *recondicionar produtos* foi identificado nas empresas A e B.

#### 4.2.5 Elementos habilitadores (*Enablers*)

Diversos fatores são apontados como habilitadores para que a transição aconteça. Também foram realizadas muitas pesquisas sobre os *drivers*, *enablers* e barreiras à EC (AGYEMANG *et al.*, 2019; BIANCHINI *et al.*, 2019; KORHONEN *et al.*, 2018; MURA *et al.*, 2020; RIZOS *et al.*, 2016), as quais foram utilizadas neste estudo e durante as entrevistas. Os elementos identificados com maior frequência nas empresas investigadas são apresentados no Gráfico 5 e discutidos a seguir.

Gráfico 5 - Elementos Habilitadores para a EC identificados nas empresas



Fonte: Dados da pesquisa realizada pela autora (2021).

A *Colaboração com parceiros na cadeia de valor*, presente nos cinco casos, foi apontada como um elemento-chave para a transição para o modelo circular. Os entrevistados destacaram que sua empresa tem implementado ações para estreitar a relação de colaboração com os *stakeholders* e parceiros da cadeia de valor, estabelecendo, por exemplo *transparência* em relação aos processos e insumos utilizados. Uma das entrevistadas da empresa B, enfatizou que:

“No nosso caso, existe colaboração em toda a cadeia e internamente no processo produtivo. Aproveitamos o pilar ambiental, do WCM, para gerenciarmos o incentivo às práticas sustentáveis; por isso o WCM é trabalhado em conjunto com os princípios da EC, pois é considerado uma ferramenta de gestão completa”.

A entrevistada de D, ressaltou a importância das empresas intermediárias e recicladores, conforme trecho a seguir:

“Com certeza, se não fosse os intermediários, as nossas ações voltadas para a sustentabilidade não seriam possíveis. Com certeza, tanto para o programa *Restart* como para operacionalizar a simbiose industrial[...] sem eles, a simbiose não seria possível. Não teríamos como operacionalizar. A colaboração dos intermediários (empresas que focam neste ramo), é muito importante.

O entrevistado da empresa A afirmou que os fornecedores são reconhecidos como parceiros estratégicos que ajudam a obter resultados e, para que estejam engajados e comprometidos, mantêm contato diretamente com eles através de reuniões presenciais para alinhar expectativas e tarefas e facilitar compartilhamento de informações relevantes. Estas ações expressadas por A, B e D, estão alinhadas com os resultados de diversos trabalhos (BOCKEN *et al.*, 2014; FONSECA *et al.*, 2018; GENOVESE *et al.*, 2017; RUGGIERI *et al.*, 2016) que apontaram a colaboração e/ou a cooperação entre os parceiros como um elemento alavancador para que a EC se estabeleça. Fonseca *et al.*, (2018) destacaram que a adoção da EC aumentará a complexidade logística e de governança da cadeia de suprimentos, exigindo práticas mais intensas de colaboração entre as empresas e um apoio mais forte de agentes da cadeia de suprimentos e dos consumidores. O entrevistado de A também apontou a necessidade de “Colaboração entre a empresa e as Universidades/Centros de pesquisa”; além das universidades, a empresa estabeleceu colaboração com empresas do setor varejista, organizações sociais, e operadores de logística. Este *modelo colaborativo* permitiu que a empresa A criasse *um ecossistema integrado* com soluções sustentáveis voltado para o mercado de produtos eletrônicos; integrando logística reversa, processamento de materiais e investimentos em pesquisa e desenvolvimento, garantindo também a qualidade do material produzido e permitindo que seus clientes (empresas) acessem essa infraestrutura para suas pesquisas.

A adoção de *Novas tecnologias* é apontada pelos entrevistados como o segundo fator no processo de transição para a EC. O investimento em tecnologias para tornar os processos mais ecoeficientes (A, B, C, D e E), tecnologias para

desenvolver produtos circulares, usando insumos reciclados (caso A, C e D), tecnologias para recuperação e reciclagem (casos A, C, D e E). A empresa do caso A faz uso de tecnologia de identificação de produtos por rádio frequência (*RFID*) para a rastreabilidade e integração de informações dos produtos e outras tantas ações e investimentos em tecnologias. Estas ações reduziram gastos e geraram ganhos financeiros significativos, com redução de perdas nos processos, redução dos *scraps* e maior aproveitamento dos materiais. Este resultado está alinhado com diversos trabalhos (AGYEMANG *et al.*, 2019; BRESSANELLI *et al.*, 2017; DE SOUSA JABBOUR *et al.*, 2018) que abordam o uso das tecnologias, principalmente tecnologias da informação (Big Data, IoT, tecnologia móvel, análise de dados), como um elemento habilitador que pode impulsionar a EC. As novas tecnologias permitem que as empresas obtenham vantagem competitiva com as iniciativas/práticas da EC (AGYEMANG *et al.*, 2019); podendo apoiar os modelos de negócios *servitizados* (PSS) (BRESSANELLI *et al.*, 2018).

A inovação é outro elemento identificada como habilitador da EC. A principal inovação apontada é no modelo de negócios que desencadeou a inovação no *desenvolvimento de produtos circular; conforme observou-se* no discurso dos entrevistados de A, B, C e D. O entrevistado de A enfatiza:

Inovamos em tudo! Trabalhamos em todos os tipos de inovação. Inovação está no nosso DNA! A nossa empresa tem a cultura Lean incorporada no seu DNA; **trabalhamos melhoria contínua** em todos os elos. Trabalhamos inovação em produto ajudando os nossos clientes a repensarem o design de seus produtos, trabalhando para que sejam mais circular. Quando falamos em processo, a nossa operação, ela é viva, dinâmica; a cada três meses remodelamos os processos, sempre pensando na questão do circular e **melhoria contínua**, ser mais ecoeficiente; fazer mais com menos.

Percebeu-se que os entrevistados de A e D possuem um entendimento sobre a mudança necessária no modelo de negócios e que os produtos precisam ser projetados para muitos ciclos de vida e usuários e para o meio ambiente. Os demais entrevistados enfatizaram que *a empresa está o tempo todo inovando*, mas não necessariamente com foco em sustentabilidade ou para atender os princípios da EC. Assim, os resultados nos casos A e D estão em linha com os trabalhos que abordaram a inovação como um habilitador para a EC (BLOMSMA *et al.*, 2019; DE JESUS; MENDONÇA, 2018; KONIETZKO; BOCKEN, 2020; PRIETO-SANDOVAL; JACA; ORMAZABAL, 2018). No entanto, para Konietzko e Bocken (2020) é necessário mais

conhecimento sobre como inovar em direção a ecossistemas circulares, através da colaboração, experimentação e interação através de plataformas *on-line*.

A *Liderança*, ou seja, *atuação da empresa como líder (focal) na sua rede de valor nas questões de sustentabilidade*, foi um outro fator chave apontado durante as entrevistas (Caso A, B, C e D). Um papel fundamental dos líderes e orquestradores de ecossistemas tem a ver com coordenar e gerenciar interesses diversos e garantir o alinhamento entre os parceiros do ecossistema (FRISHAMMAR; PARIDA, 2019). As entrevistadas de B, C e D, afirmam que a empresa “exerce liderança, como empresa focal nas questões de sustentabilidade na sua cadeia de valor”; no entanto o tema da EC ainda é, timidamente, trabalhado externamente nas empresas B e C. Os entrevistados de A e D demonstraram ter um entendimento maior de que a transição deve inicia com as empresas líderes de cada setor/mercados e dos governos, conforme narrativa do entrevistado de A, a seguir:

“O que a gente fala bastante é que, se grandes líderes entenderem a proposta da EC e puxarem este tema, a gente tem grande chance de fazer a transição de forma mais séria. Por isso focamos muito em trabalhar as lideranças: governos e “liderança” de grandes empresas, para que eles possam “setar” os times deles e suas operações no sentido circular”.

Quanto ao compromisso da Alta direção das empresas para as questões da EC, apenas os entrevistados de A e D, enfatizaram que há este compromisso. Este resultado demonstra que os gestores da empresa do caso A estão conscientes de seu papel e de como atuar, como empresa líder; no entanto, os entrevistados e gerentes das demais empresas (B, C, D e E) não estão tão conscientes e nem bem informados sobre seu papel como orquestradores de um ecossistema. Estes resultados vão de encontro com os resultados dos trabalhos de Zhu *et al.*, (2010), Govindan e Hasanagic, 2018, Agyemang *et al.* (2019), que aponta que a liderança e o comprometimento da Alta administração são fatores chave para qualquer mudança organizacional e que o desconhecimento por parte dos gerentes sobre a EC pode potencialmente levar à falta de vontade de implementar a EC, “tornando-se barreiras altamente significativas que, ao invés de alavancar, se tornam obstáculo impedindo a capacidade das empresas de implementar iniciativas de EC” (AGYEMANG *et al.*, 2019).

Quando questionados sobre as mudanças necessárias para a transição, muitos foram unânimes quanto à necessidade de uma “mudança sistêmica” e a necessidade



de uma abordagem sistêmica. Para a entrevistada de B “é necessário uma reformulação interna dos processos produtivos do topo à base; a mudança para a EC precisa acontecer em todos os níveis hierárquicos”. Os gestores e analistas entrevistados percebem que será preciso repensar todas as estratégias da empresa, principalmente quanto à modelo de negócios e conscientização da sociedade para este novo paradigma, pois a mudança é radical. No caso A, o entrevistado explicou o que estão fazendo:

“Estamos *pilotando* diferentes modelos de negócios como: Remanufatura e Produto como serviço (PSS), para entender COMO faremos o “shift” (a mudança) do linear para o circular; e como que o nosso modelo de atuação, de operações vai se comportar nesta mudança. Imagina que hoje somos 10K funcionários, que trabalham aqui; 80% deste contingente trabalha com MONTAGEM, fabricação, montam produtos. Seu eu fizer a transição do linear para o circular, como vai se comportar a minha operação nesta mudança? pois não iremos precisar montar mais tantos produtos[...] seu eu vender o serviço, com certeza iremos "reparar mais e remanufaturar mais estes produtos"[...] acreditamos que somente com tecnologia, inovação e educação é que iremos mudar para este novo modelos”.

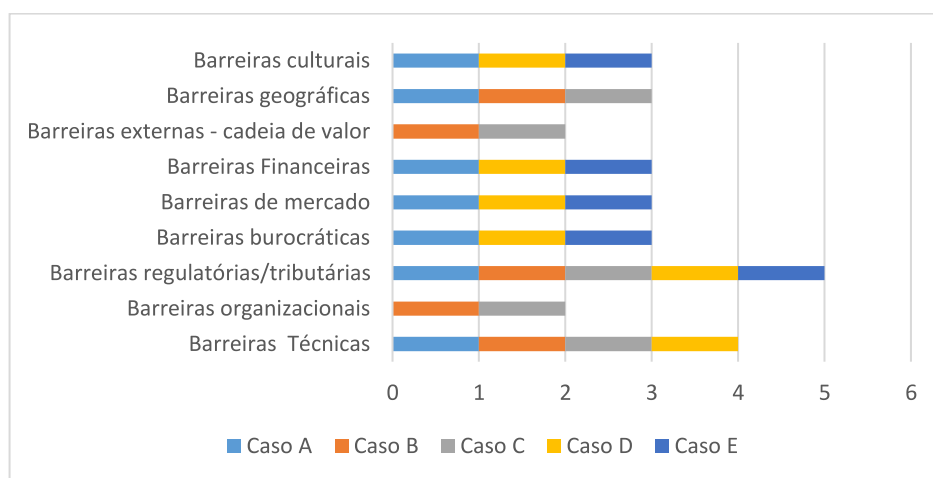
Um outro habilitador apontado pelos entrevistados de A e D foi a *cultura da empresa para a Economia Circular*. Os entrevistados de A, B e D informaram que a Alta administração investe em treinamento para entendimento da EC por parte de gerentes, engenheiros e equipe multidisciplinar (designers, engenheiros químicos, compradores etc), participação em workshops e a disseminação destes conteúdos nas reuniões e treinamentos internos. No caso A, foi criada uma Unidade de negócios independente, além do Centro de Inovação e Tecnologia para consolidar as ações da EC; criando novos processos com pessoas capacitada e investimento em tecnologias, com recursos de P&D disponibilizado pela Lei de Informática (8.248/1991). A questão da cultura é apontada, em muitos estudos, como um facilitador, mas também como uma barreira (RITZÉN; SANDSTRÖM, 2017; GOVINDAN; HASANAGIC, 2018; OGHAZI; MOSTAGHEL, 2018), quando a questão da “cultura circular” não é bem trabalhada junto aos gestores. Rizos *et al.*, (2016) destacaram diversos fatores para alavancar a transição EC, incluindo a cultura da empresa, o comprometimento da equipe, o trabalho em rede, o retorno financeiro e o apoio do governo local. A mentalidade, ou mudança de *mindset* e o comprometimento da equipe são aspectos importantes para facilitar a transição para um modelo de economia circular (RIZOS *et al.*, 2016; CNI, 2018).

Apesar de termos identificado uma série de elementos habilitadores para a EC, também foram identificadas uma série de barreiras nos casos investigados. Estas barreiras serão discutidas na próxima seção.

#### 4.2.6 Barreiras à implementação da EC

Durante as entrevistas, ao serem questionados sobre os desafios e barreiras que a empresa tem enfrentado na adoção de estratégias para a EC, os entrevistados construíram narrativas e apontaram, quase sempre, as mesmas barreiras já relatadas na literatura especializada (RIZOS *et al.*, 2016; RITZEN; SANDSTROM, 2017; GOVINDAN; HASANAGIC, 2018; DE JESUS; MENDONÇA, 2018; KIRCHHERR *et al.*, 2018; AGYEMANG *et al.*, 2019; WERNING; SPINLER, 2020), e confirmadas nos casos aqui investigados. O Gráfico 6 mostra a frequência de ocorrência das barreiras nas empresas.

Gráfico 6 - Barreiras para a implementação da EC



Fonte: Dados da pesquisa realizada pela autora (2021).

Das nove barreiras identificadas, o entrevistado da empresa A apontou sete barreiras; os entrevistados das empresas B, C e E apontaram cinco barreiras e no caso D verificou-se seis barreiras. A principal barreira apontada nas cinco empresas foi a *Barreira Regulatória*. Os entrevistados foram unânimes quanto a *falta de incentivos para o uso de insumos reciclados, que o torna mais caro que a matéria-prima virgem*; e que “o sistema tributário brasileiro é pensado para modelo linear, ainda, falta incentivos para devolução dos produtos/embalagens etc” (entrevistado de B e C); *as políticas para a reciclagem são ineficazes* (casos B, C e E); além de

complexidade das regulamentações, falta de sistema legal favorável e estrutura institucional deficiente. Os entrevistados demonstram a dificuldade em diversos trechos das entrevistas:

[...] quando você coloca uma resina reciclada ou produto reciclado, no mesmo patamar de um produto virgem, é desleal. O material reciclado é muito melhor ambientalmente e socialmente; ele tem muito mais benefícios do que o virgem e aí o governo tributa igual, onera igual [...] É complexo isto. Aí ele deixa de ser competitivo! Extrair da natureza é muito mais impactante, mas acaba sendo mais barato, pois tem uma estrutura estabelecida a muitos anos (entrevistado de A).

Sim, uma das maiores barreiras é a questão regulatória, pois o material reciclado acaba sendo bi-tributado (entrevistado de E).

[...]os materiais e produtos que retornam para serem reciclados e utilizados, são bi-tributados; os processos legais são complexos. Falta legislação que oriente de forma prática as questões de Resíduos sólidos, logística Reversa etc [...] quando você pega uma legislação para ler sobre PGRS ou de logística reversa, não tem como praticar. Os órgãos de regulamentação no Brasil ainda não entendem o que é retorno, o que é circularidade. [...] o setor tributário e fiscal aqui da empresa passou meses fazendo alinhamento com órgãos públicos para definir como seria para criar um código na Nota fiscal para conseguir retornar este produto. É muito complicado; dá vontade de desistir. (entrevistada de D).

Estes resultados vão de encontro aos resultados das pesquisas realizadas por Pheifer (2017), Mont *et al.*, (2017), Ritzen e Sandstrom, (2017), Govindan e Hasanagic, 2018 e Agyemang *et al.* (2019) quanto à complexidade das legislações, políticas de reciclagem ineficazes e políticas governamentais e regulamentações ineficazes para coleta e tratamento de materiais recicláveis; o que limita o potencial das empresas transitarem com sucesso do sistema linear para o circular.

A segunda mais citada foi a *barreira tecnológica*. Os entrevistados das empresas A e D apontaram que foi necessário vencer barreiras quanto à falta de capacidade técnica e falta de qualificação dos colaboradores para adoção de princípios da EC, principalmente, dos projetistas (*designers*). O entrevistado da empresa A enfatiza:

“Durante décadas os produtos foram projetados para o modelo da economia linear, ou seja, não eram projetados para serem duráveis, para facilitar a desmontagem, para serem reutilizados ou remanufaturados [...] também tem a questão da tecnologia para transformar o que já existe (resíduos) em matéria-prima de qualidade; isto também é um desafio. São inúmeros desafios!”

Estas barreiras também foram identificadas nas pesquisas de Mont *et al.*, (2017), Ritzen e Sandstrom, (2017), Govindan e Hasanagic, (2018), Kirchher *et al.* (2019) que enfatizam que “o modelo linear ainda está enraizado nas empresas e nos projetistas; ainda há dificuldades em integrar a EC ao processo de *design* e produção dos produtos”. A literatura também aponta a *falta de tecnologia para rastrear resíduos e o retorno dos produtos* (RITZÉN; SANDSTRÖM, 2017; JABBOUR *et al.*, 2020), entre outras barreiras tecnológicas que não foram exploradas no momento da entrevista.

As barreiras de mercado e as barreiras culturais foram apontadas em três dos casos (casos A, D e E). As principais observações quanto a barreiras culturais foram que “as pessoas ainda não estão preparadas para realizar atividades simples, tais como: coleta seletiva, separar materiais; a falta de mordomia/cuidado com os produtos e no momento da devolução, para que sejam remanufaturado ou reutilizado (entrevistada de D); a “falta de atratividade e falta qualidade para adquirir produtos remanufaturados (por parte da sociedade)” (entrevistado de A). Quanto às Barreiras de mercado, os entrevistados entendem que as empresas e o governo precisarão convencer os consumidores que o modelo de EC é bom, que irá agregar valor para todos (entrevistada de D), que os consumidores precisam estar dispostos a comprar produto remanufaturados (entrevistado de A); também tem a necessidade de um trabalho adicional de *marketing* verde por parte das empresas, entre outros desafios conforme narrativa a seguir:

“tem a questão do material reciclado costumar ser mais caro (exemplo do papel reciclado), devido a preço do insumo reciclado ser comparativamente maior do que dos materiais virgens, com melhor qualidade (entrevistados de A, D e E).

“ [...] o cliente prefere comprar produto mais barato, não vê o valor agregado que nosso produto tem. (entrevistado de E).

[...] a baixa quantidade e a qualidade do material que retorna para remanufatura, que por enquanto é de apenas 4% de tudo que é vendido (entrevistado A).

As questões apontadas como barreiras culturais e de mercados se assemelham aos resultados apontados nos trabalhos de Mont *et al.*, (2017), Ritzen e Sandstrom, (2017), Govindan e Hasanagic, (2018), Kirchher *et al.* (2019) e Jabbour *et al.*, (2020), da falta de interesse do consumidor por questões ecológicas e ambientais, e também a falta de interesse por produtos remanufaturados.

Quanto às *barreiras burocráticas*, foram apontadas em três dos casos (casos A, D e E). As respostas e comentários dos entrevistados são unânimes, quanto à “exigência de muitos documentos por diversos órgãos governamentais brasileiros, para realizar a Logística reversa, por exemplo, e outras ações para implementação da EC”. As dificuldades burocráticas e de aplicação da legislação sobre sustentabilidade (resíduos, água e uso de energia limpas) também foram apontadas em diversos estudos (GOVINDAN; HASANAGIC, 2018; KIRCHHER *et al.*, 2018; MURA *et al.*, 2020). Os entrevistados apontaram a questão do alto investimento nas diversas mudanças para atendimento das legislações, além do investimento em tecnologias para a produção mais sustentável, investimentos para coleta, segregação e recuperação dos materiais; sendo caracterizadas como *barreiras financeiras*. O entrevistado da empresa A, reforça tal dificuldade:

“Se você for olhar o custo de fazer uma logística reversa, o custo de desenvolvimento de novos produtos, no final você não consegue viabilizar a coisa por que você não tem incentivos para estas mudanças; é complexo! A nossa empresa e nossos clientes estão, nestes últimos anos de parceria, operando estas ações e soluções como um investimento, não como algo que está dando retorno financeiro, mas ainda como investimento”.

Rizos *et al.*, (2016), Ritzén e Sandstrom, (2017), Govindan e Hasanagic, (2018), De Jesus e Mendonça (2018) e Kirchher *et al.* (2019) identificaram nos seus estudos a necessidade de altos investimentos iniciais, custos mais elevados relacionado à mudança no modelo de negócios, bem como a dificuldade de mensurar os benefícios financeiros e a lucratividade potencial derivada da adoção da EC porque o preço baixo de diversos insumos virgens, ainda impede que os produtos com foco na EC superem seus equivalentes lineares ( KIRCHHER *et al.*, 2019).

As barreiras geográficas foram apontadas pelos entrevistados das empresas B e C. Os entrevistados apontaram que falta infraestrutura de logística reversa para atender todas as regiões do Brasil e que as dimensões continentais do nosso país dificultam e tornam a logística reversa muito cara (entrevistados de C). O problema da falta de infra-estruturas reversas, os processos de gestão e planejamento mais complexos devido à EC, também são apontados nas pesquisas de Rizos *et al.*, (2016), Ritzén e Sandstrom, (2017), Govindan e Hasanagic, (2018). A falta de clareza quanto às responsabilidades de cada parceiro na cadeia de suprimentos, apontado pelos entrevistados de B e C, é uma barreira externa, relacionada à cadeia de suprimentos.

Esta barreira está relatada nos trabalhos de Vermunt *et al.* (2019), presente na literatura.

As barreiras identificadas neste estudo podem ser organizadas em dois grupos: barreiras relacionadas à fatores internos e barreiras relacionadas à fatores externos, conforme apresentado na Figura 11. As barreiras causadas por fatores internos, podem ser solucionados com um esforço da Alta administração da empresa e dependem diretamente do esforço da empresa para alcançar a EC. Já as de fatores externos independem das ações empresariais, dependem de ações governamentais relacionadas às questões regulatórias e burocráticas; questões comportamentais dos consumidores, barreiras de mercado e culturais e questões das distâncias geográficas dos mercados consumidores para a logística direta e reversa.

Figura 11 - Agrupamentos das barreiras identificadas na pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Apesar das barreiras apontadas nas entrevistas, os entrevistados ressaltaram diversos benefícios econômicos, econômicos-ambientais, ambientais e sociais e a criação de valor.

## 5 DIRETRIZES PARA IMPLANTAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA ECONOMIA CIRCULAR EM EMPRESAS DE MANUFATURA

Considerando os achados da pesquisa empírica, a literatura pesquisada, bem como documentos de referência publicados em outros países, pode-se elaborar um conjunto de diretrizes com o intuito de orientar a transição para este novo paradigma, em empresas de manufatura no contexto brasileiro.

As diretrizes estão agrupadas conforme as dimensões que foram trabalhadas ao longo desta tese e, conforme o método de trabalho proposto. Importante ressaltar que estas diretrizes foram validadas por um grupo de especialistas empíricos.

### 5.1 Diretrizes gerais

- i. **A organização precisa estar consciente do que é Economia Circular e seus princípios** – Conhecer e avaliar os princípios da economia circular para verificar “se” e “como” a empresa pode iniciar a construção para o modelo circular;
- ii. **Compreender o ecossistema no qual a empresa está inserida** – Fazer uma análise de todo o ecossistema (parceiros, *stakeholders*, seus interesses e necessidades para transicionar), de forma a identificar as oportunidades de negócios circulares;
- iii. **Promover a circularidade interna** – A empresa deve identificar maneiras para fechar o *loop* no consumo de diversos recursos, tais como: fechar *loop* de consumo de água, fechar o *loop* de materiais fazendo o reaproveitamento, reduzindo a reciclagem e o envio de resíduos para o aterro sanitário;
- iv. **Fazer a Integração parcial da cadeia e inovar em Rede** – Identificar se há empresas que possam trabalhar com troca de resíduos/materiais, em simbiose, com outras empresas da cadeia de valor;
- v. **Avaliar as oportunidades de modelos de negócios circular que a empresa pode adotar para alcançar resultados financeiros triplos** - sustentabilidade econômica, sustentabilidade ambiental e sustentabilidade social;
- vi. **Inovar a estrutura organizacional**- Desenvolver novas práticas organizacionais e de gestão para apoiar a estratégia ambiental. Esta inovação deve levar ao aumento da sustentabilidade ambiental, na forma de redução do uso de recursos e

reutilização de resíduos; e sustentabilidade social, gerando novas oportunidades de renda e postos de trabalho indiretos.

- vii. **Estabelecer uma cultura para a EC na empresa:** A Alta administração deve investir em treinamentos/educação para entendimento da EC por parte de gerentes, engenheiros e equipe multidisciplinar (Designers, engenheiros químicos, compradores etc), participação em workshops e a disseminação destes conteúdos nas reuniões e treinamentos internos.
- viii. **Empresas orquestradoras de ecossistema podem liderar a transição** – A atuação da empresa líder ou orquestradora de um ecossistema, na sua rede de valor nas questões de sustentabilidade, é essencial para gerenciar os diversos interesses e garantir o alinhamento entre os parceiros do ecossistema;
- ix. **Estabelecer a colaboração/cooperação com parceiros da cadeia de valor-** A colaboração entre os diversos parceiros, inclusive com universidades, permitirá a criação de ecossistemas de inovação que buscam soluções sustentáveis;
- x. **Investir e adotar o uso de novas tecnologias da informação, de produtos e processos** - As novas tecnologias permitem que as empresas obtenham maior vantagem competitiva com as iniciativas/práticas da EC. Investir em novas tecnologias para tornar os processos mais ecoeficientes e, também em tecnologias para desenvolver produtos circulares, usando insumos reciclados.

## 5.2 Diretrizes para inovar o modelo de negócios para a EC

As diretrizes aqui propostas estão pautadas nos modelos de negócios identificados nos estudos de caso e nos modelos de *CBM* propostos na literatura. Para que realmente os princípios da EC sejam atendidos, o ideal é a empresa implementar mais de um modelo, que desacelere, estreite e/ou feche o *loop* de produção e consumo (BOCKEN *et al.*, 2016).

- a) **Mapear o modelo de negócios atual:** A Alta administração e as pessoas envolvidas no processo de implementação precisam conhecer bem a *Proposta de valor* atual, a *criação e entrega de valor* atual e a *captura de valor* para clientes e segmento de clientes. O conhecimento do modelo de negócios atual facilitará a redefinição destes elementos para a proposta de um Modelo de negócios circular;



- b) **Usar os princípios da EC para redefinir a Proposta de valor, Criação e entrega de valor e a captura de valor com foco na sustentabilidade tripla (econômica, ambiental e social)** – A inovação no modelo de negócios para a EC deve ter como objetivo a proposição e a captura de valores em diferentes aspectos do design do produto, manufatura, uso e as várias formas de reuso;
- c) **A inovação no modelo de negócios deve gerar valor e não, necessariamente, novos produtos** – esta inovação deve ir além da introdução de novos produtos ou serviços, deve abrir oportunidades para participar de uma rede de valor;
- d) **Revisar o modelo de negócios circulares** – a empresa deve pesquisar e avaliar, internamente, como fará a transição, escolhendo um produto para iniciar a mudança:
  - a. **Modelo clássico de longa vida/Extensão da vida útil do produto**- através da utilização de insumos de qualidade e manutenção através de uma Rede de assistências técnicas
  - b. **Extensão vida útil através da Reutilização/Remanufatura/Recondicionamento** - em conjunto com o Modelo de produto como Serviço (PSS), por exemplo.
  - c. **Modelo de acesso e desempenho, produto como serviço ou modelos baseados em resultados** – Diversificar para oferecer a venda do serviço e não a venda de produtos; desta forma manterá a posse do produto, facilitando o retorno para manutenção, remanufatura, reciclagem e recuperação de materiais e energia;
  - d. **Criar valor a partir do resíduo** - reduzir o impacto ambiental da empresa reduzindo demanda por recursos e fechando o loop de materiais através da Simbiose Industrial e modelos de ciclo fechado. A empresa também deve oferecer serviço de logística reversa para os clientes/consumidores de seus produtos;
  - e. **Regenerar** -significa a mudança para energias renováveis e materiais. Está relacionado ao retorno dos recursos biológicos recuperados à biosfera;
  - f. **Compartilhar** - maximizar a utilização de produtos, compartilhando-os entre os usuários. Compartilhar também significa reutilizar produtos desde que sejam tecnicamente aceitáveis para uso e prolongar sua vida útil por meio de manutenção, reparo e durabilidade de aprimoramento do projeto.

- g. **Virtualizar/Desmaterializar** – Pressupõe entregar uma utilidade particular virtualmente em vez de materialmente. A disponibilidade de tecnologias da informação é considerada um facilitador na desmaterialização da economia;
- h. **Trocar (Exchange)**: As ações de troca estão focadas na substituição de materiais antigos por materiais renováveis avançados e/ou por aplicação de novas tecnologias (por exemplo, impressão 3D) e escolha de novos produtos e serviços.

### 5.3 Diretrizes para o projeto e desenvolvimento de produtos circular

Um dos principais desafios da adoção da EC é considerar os materiais ou componentes e seu fim de vida útil durante o processo de Design. O Design e Desenvolvimento dos produtos é o estágio mais relevante, na medida em que a relativa sustentabilidade do produto depende principalmente das escolhas feitas no estágio inicial do projeto (RAMANI *et al.*, 2010; GISELLINI *et al.*, 2016). Assim, quanto às diretrizes relativas ao Projeto e desenvolvimento de produtos, a Alta administração da empresa deve:

- a) **Priorizar a utilização de insumos que sejam seguros, eliminando o uso de substâncias tóxicas e perigosas** - eliminar ou substituir por substâncias puras, não tóxicas e segregáveis (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2013) que atendam Leis e Normas nacionais e internacionais. A circularidade dos materiais é maximizada quando as substâncias são puras dando maior possibilidade de reaproveitamento e redução de custos de reciclagem. Para isso, é necessário: i) Obter/ fornecer informações corretas sobre as substâncias utilizadas; ii) elaborar e gerenciar uma lista de materiais proibidos (como arsênio, cádmio, chumbo, berílio, retardantes de chamas bromados, amônia, mercúrio) e disponibilizar para todos os envolvidos na aquisição (área de compras);
- b) **Priorizar a Eficiência dos Recursos e Avaliar os impactos ambientais dos produtos através da ACV (Avaliação do Ciclo de Vida)** - Aumentar a participação de insumos renováveis, recicláveis e reciclados nos produtos e nas embalagens; reduzir consumo de Matérias-primas virgens, reduzir a demanda contínua por recursos, fazer uso, sempre que possível, de

subprodutos de outras empresas (simbiose industrial). Realizar a avaliação da ACV em todos os produtos;

c) **Adotar *Design DfX* com foco na Economia circular**– Levar em consideração os princípios e contexto da Economia circular, adotando as seguintes diretrizes de *Design* em produtos eletro-eletrônicos, com base no estudo de Bovea e Pèrez-Belis (2018):

- a) **Extensão da vida útil** – promover maior vida útil e durabilidade dos produtos, adaptando seu *Design* de forma a possibilitar novas versões ou *Design* atemporal (garantir que o produto seja usado pelo maior tempo possível)
- b) **Desmontagem** – relacionadas à estrutura do produto e acesso aos componentes, através de: usar juntas e conectores padronizados e desmontáveis, minimizar juntas, minimizar uso de ferramentas para desmontagem; adotar projetos modulares, minimizar número de componentes,
- c) **Reutilização do produto** – facilitar a reutilização completa do produto, facilitando tarefas de manutenção ou limpeza e seus componentes, tais como: projete para evitar o acúmulo de sujeira, minimizar o uso de peças que requerem reparos/substituições frequentes, use componentes com vida útil semelhante.
- d) **Reutilização de componentes** – inclui as recomendações das diretrizes de *Design* para facilitar a reutilização dos componentes do produto, através do uso de componentes padronizados, minimizando as variações de peças nos aparelhos.
- e) **Reciclagem de materiais** – usar materiais compatíveis para reciclagem, unificar os materiais nos componentes unidos por juntas fixas, minimizar o uso de materiais perigosos.

d) **Projetar para circular/durar o máximo possível** - Adotar uma perspectiva de design circular para combater a obsolescência programada, estendendo a vida útil dos produtos, e aproveitar o potencial de criação de valor das várias formas de circularidade: reutilização, remanufatura, reparo e por último facilitar a reciclagem;

e) **Conectar *Designers* e fornecedores** - Os *Designers* e gerentes de inovação precisam abordar o design para reutilização e remanufatura para permitir vendas repetidas e usar todas as combinações de produtos e materiais.

#### 5.4 Diretrizes para processos de produção sustentáveis e fluxos circulares

- a) **Priorizar a Eficiência dos Recursos e uso de recursos renováveis e promover a regeneração nos processos de produção** - maximizar a produtividade material e a eficiência energética (sempre que possível a empresa deve usar resíduos como recurso, reduzir a demanda de extração primária e usar insumos reciclados); Otimizar o uso de energia e preferir energias de fontes renováveis;
- b) **Estabelecer programas de gerenciamento de resíduos, minimizar a geração interna de resíduos e o envio de resíduos para o Aterro sanitário** - A empresa deve fazer uso em cascata de matérias e resíduos durante a produção. Os subprodutos e fluxos de resíduos da produção devem ser reutilizados em outros produtos ou reciclados para produzir recursos secundários. A reutilização, reciclagem e recuperação fazem parte da hierarquia de gerenciamento de resíduos, que fornece diretrizes para o gerenciamento de recursos;
- c) **Integrar as questões ambientais nos processos produtivos**- as empresas precisam garantir que a produção seja eficiente e que os recursos não são perdidos durante o processo de produção.
- d) **Ter foco na reintrodução de materiais e embalagens** – padronizar embalagens; estabelecer embalagens vai e vem com os parceiros da Rede de valor, principalmente os fornecedores Just-in-time;
- e) **A empresa precisa oferecer serviço de logística reversa para facilitar o Retorno, reuso, desmontagem e reciclagem dos produtos** – o vendedor do produto deve fornecer a logística reversa para facilitar ao máximo o retorno dos materiais por parte dos compradores. Além disso, é importante que as empresas possam aumentar e manter significativamente os volumes de fornecimento das cadeias de retorno ou destinar os produtos retornados para empresas parceiras que fechem o ciclo, através da simbiose industrial ou desmontagem e reciclagem dos materiais;

- f) **Estabelecer indicadores de circularidade nos processos** – Identificar indicadores para avaliar as economias referente a uso da água, energia, uso de reciclados no processo e outros resíduos;
- g) **Coletar feedback indicativos da circularidade** – criar indicadores para avaliar o nível de circularidade. Fazer acompanhamento de externalidades negativas ou positivas, como impacto de ruído, efluentes, resíduos e emissões, além de desenvolvimento local e relacionamento com a comunidade.

Além das diretrizes propostas elaborou-se uma estrutura que facilite o entendimento quanto aos processos necessários para iniciar a transição, a qual será apresentado e descrita na seção 5.4, a seguir.

## 5.5 Framework para orientar a transição

As empresas pesquisadas estão investindo em estratégias para inovar em todos os aspectos. A partir dos resultados da pesquisa identificou-se que a questão principal para a transição está na inovação. Uma inovação verdadeira muda o curso do ramo de atividade de uma empresa e até da sociedade (SINEK, 2018). Inovar significa desbravar caminhos até então inexplorados, colocando novas ideias em prática sejam focadas em processos, modelos de negócios ou na cadeia de valor (BRITISH STANDARD INSTITUTION, 2017).

A inovação do modelo de negócios é a principal ação para definir as demais estratégias a serem adotadas; para isso as empresas precisam inovar a proposta de valor dos produtos e serviços oferecidos, a criação e entrega, a captura e estabelecer uma rede de valor ao adotarem os princípios da EC o que mudará *o jeito de fazer negócios* ao invés de mudar *o que fazer*; envolvendo um conjunto mais amplo de partes interessadas, com uma perspectiva de rede de valor.

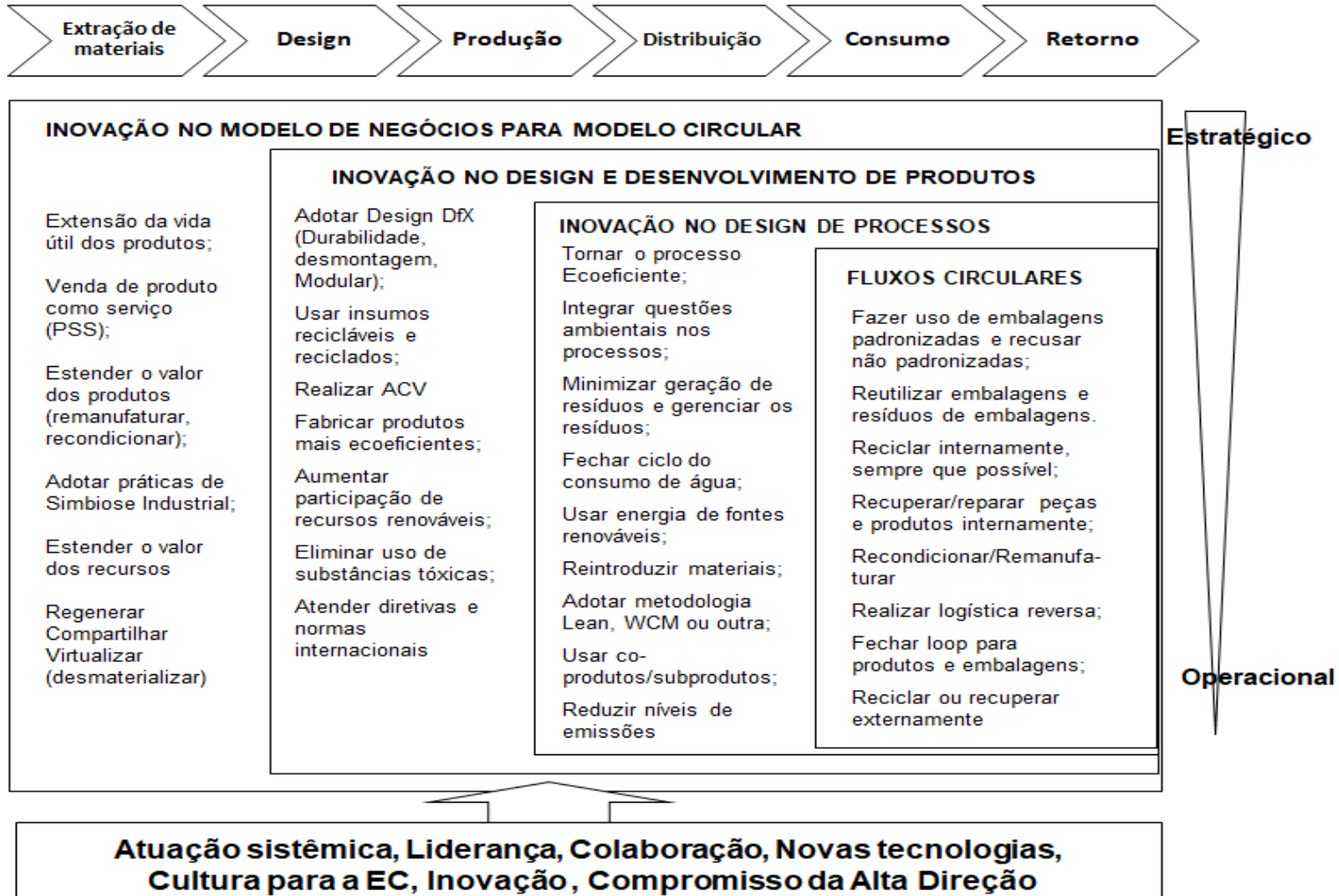
A inovação no *design* e desenvolvimento de produtos acontecerá com a priorização de uso de insumos circulares (recicláveis, reciclados e renováveis). As empresas podem priorizar projetar produtos para muitos ciclos de vida, usuários e para o meio ambiente; além de facilitar o reprocessamento no final de vida (BOCKEN *et al.*, 2016; MORENO *et al.*, 2016; DE LOS RIOS; CHARLEY, 2017; DEN HOLANDER; BAKKER; HULTINK, 2017).

A inovação no *design* de processos ocorrerá ao identificar novas ou melhores formas de realizar as etapas dos processos que constituem a cadeia de valor de uma empresa; isto pode incluir mudanças radicais na fabricação e na atuação com parceiros na rede de valor estabelecida, facilitando a mudança da proposta de valor. Ao adotar modelos de negócios circulares (CBM) as empresas precisam considerar se determinados insumos são totalmente restauráveis ou renováveis e qual é a pegada ambiental” e a toxicidade destes materiais; assim devem ter foco na ecoeficiência, nas práticas de produção mais limpa, no uso de energias renováveis, além de fechar o ciclo internamente de insumos para o processo, componentes, embalagens e produtos e realizar a troca de materiais ou resíduos com outras indústrias ou empresas (simbiose industrial).

De forma concomitante, tem-se o estabelecimento dos fluxos circulares e a retenção de valor com a aplicação, plena, dos princípios de Rs (repensar, reduzir consumo, reutilizar, remanufaturar, recondicionar, reparar, reciclar e recuperar energia), bem como, estratégias para aumentar, expressivamente, os volumes de fornecimento de materiais e produtos nas cadeias de retorno (pós-consumo), além de investir em estruturas com parceiros para a logística reversa.

A Figura 12 apresenta o *Framework* final que, em conjunto com as diretrizes, podem auxiliar outras empresas na transição.

Figura 12 - *Framework* para orientar a transição



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

A figura descreve que a transição e a implementação da circularidade nos negócios é alavancada por um conjunto de elementos (drivers e/ou aceleradores) que foram identificados na literatura e confirmados nos casos estudados, tais como: a Colaboração entre os parceiros da cadeia de suprimentos e de valor, bem como a colaboração com Instituições de pesquisa, ensino e com os órgãos governamentais; o uso das novas tecnologias (Internet das coisas, tecnologias da indústria 4.0, tecnologias para rastrear retorno de produtos, tecnologias para facilitar a reciclagem de materiais); o compromisso da Alta direção da empresa, que irá investir em treinamento e educação dos seus colaboradores para atuarem neste novo paradigma, estabelecendo uma cultura para a EC (mudança de *mindset*); liderança da empresa focal da cadeia de valor nas questões de sustentabilidade, incentivando demais parceiros; a abordagem sistêmica da EC pois requer que as ações sejam implementadas de forma sistêmica para a criação e captura do valor circular nos processos e na cadeia de valor e de suprimentos; a inovação, que levará a empresa a reformular seu modelo de negócios, o design dos produtos e seus processos

Na figura 12, a inovação no modelo de negócios está englobando as demais dimensões, pois ela é a mais estratégica. É através da inovação no modelo de negócios que será apontado 'como a mudança' promoverá a criação de valor circular. Assim, após a empresa mapear o modelo de negócios atual e utilizar os princípios da EC para redefinir seus elementos (proposta, criação e entrega de valor circular), desencadeará a proposição, a criação e a captura de valores em diferentes aspectos do design e desenvolvimento de produtos, dos processos de fabricação, uso e nas várias formas de reuso do produtos e fluxos para retorno dos produtos ao fim de vida. O framework aponta alguns negócios circulares que podem ser adotados: extensão da vida útil dos produtos, oferecer venda de produto como serviço (PSS), estender o valor dos produtos através da remanufatura, de recondicionamento etc.

A inovação no design e desenvolvimento de produtos está vinculada ao modelo de negócios circular adotado. Por exemplo, no modelo de negócios de extensão da vida útil do produto, um design para durabilidade é crucial. O design apoia o modelo adotado pela empresa para criar valor, explorando o valor residual dos produtos usados (BOCKEN et al., 2016), para isso são utilizadas as estratégias de reutilização, remanufatura e recondicionamento de produtos; também pode ser interessante adotar um design para a desmontagem ou outro que facilite os serviços



de manutenção e reparo. Além das questões de design, deve ser priorizado o uso de insumos que sejam seguros, eliminando as substâncias tóxicas, conforme as diretrizes da seção 5.3.

A inovação no design de processos também está vinculada ao modelo de negócios circular adotado. As estratégias para o design de processos seguem as diretrizes para tornar os processos circulares (fechamento de ciclo para recursos como a água) e sustentáveis, de forma a ser: ecoeficientes, com foco na minimização da geração de resíduos; com foco no uso de energias e recursos renováveis; sempre que possível utilizar subprodutos ou coprodutos e integrar as questões ambientais nos processos, bem como reduzir as emissões.

A inovação para um modelo de negócios circular, norteará as ações para fechamento de ciclos através dos fluxos circulares através de: utilização de embalagens padronizadas e recusar não padronizadas, reutilizar embalagens, reciclar a maior quantidade de materiais e produtos, reparar/recuperar peças, oferecer serviços de logística reversa para seus produtos e embalagens, reciclar e recuperar produtos com parceiros externos.

O framework da figura 12 em conjunto com as diretrizes propostas poderão auxiliar as empresas no processo de entendimento e preparação para a implementação dos princípios da EC, gerando melhores resultados para as empresas que estão investindo na EC como solução estratégica para problemas ambientais, sociais e econômicos.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo possibilitou a elaboração de um conjunto de diretrizes com o objetivo de orientar as empresas de manufatura brasileiras na transição para o modelo econômico circular. Sendo essa contribuição originada de lacunas identificadas na literatura que apontaram haver poucas evidências empíricas sobre quais as estratégias, práticas circulares e os elementos habilitadores e como estão sendo utilizados para acelerar a transição para a EC em empresas de manufatura no contexto brasileiro.

A partir da realização do estudo de caso múltiplo em cinco empresas multinacionais foi possível concluir que as empresas investigadas demonstraram que já estão buscando maneiras de desenvolver seus produtos, produzir e comercializar além do modelo clássico da economia linear. As empresas estão implementando uma série de práticas como forma de minimizar os impactos gerados pelo seu negócio; apesar disto, verificou-se na maioria das empresas, que ainda falta o entendimento da abrangência da EC; de que a transição requer uma mudança sistêmica e o comprometimento de todos na organização. Esta é a primeira grande contribuição e entrega relevante deste estudo.

As grandes empresas de manufatura aqui pesquisadas, pertencentes à corporações globais, estão implementando estratégias e práticas que elas conseguem atender, dentro da realidade delas; visto que, estão recebendo orientações/diretrizes, de forma corporativa, para adotar os princípios da EC em suas unidades instaladas no Brasil, como forma de atender à uma agenda de transição da corporação. Este movimento rumo à EC, nas grandes empresas de manufatura, está acontecendo em outras unidades da organização em países da Europa, nos EUA, na China, na Coreia e Japão. Apesar disso, conclui-se que no Brasil a transição está acontecendo de forma muito lenta.

As informações foram obtidas a partir de um estudo qualitativo com análise de conteúdo com conceitos sensibilizadores guiando a análise, que permitiram atingir os objetivos geral e específicos da pesquisa e é um resultado expressivo do trabalho, visto a dificuldade de obtenção de dados e informações gerenciais de grandes empresas. Esta é a primeira grande contribuição e entrega relevante deste estudo.

Quanto a modelo de negócios, verificou-se que as empresas estão diversificando para modelos que desacelerem ou fechem o *loop* de produção de forma

híbrida, ou seja, em conjunto com o modelo clássico (linear) desenvolvido por ela, e que permitam retorno econômico e vantagem competitiva; no entanto, a pesquisa revelou que a criação de valor ecológico tem sido maior que o valor econômico, ou seja, o retorno econômico no modelo circular ainda é baixo. Os achados também apontaram que, como a orientação à mudança vem da empresa matriz, há pouco entendimento sobre a necessidade de mudança na proposição, criação, entrega e captura de valor, o que pode causar falhas na implantação do modelo circular, na prática, no contexto brasileiro. Nem todos os envolvidos neste processo (*stakeholders*) compreendem as mudanças que são necessárias, as oportunidades de valor circular e a criação de valor (benefícios advindos com a EC).

Conclui-se que no Brasil, assim como em outros países emergentes, a EC ainda enfrenta vazios institucionais e paradoxos da sustentabilidade (JABBOUR *et al.*, 2020); o que vai de encontro ao estudo de Gusmerotti *et al.*, (2019) de que o paradigma da EC ainda está longe de ser institucionalizado, mesmo em grandes empresas de manufatura.

## 6.1 Implicações acadêmicas

Este estudo avançou no conhecimento com contribuições acadêmicas para a literatura sobre EC ao analisar, a partir de construtos identificados na revisão da literatura, o funcionamento interno de grandes empresas de manufatura na transformação para a economia circular no contexto brasileiro. Contribui-se, deste modo, para suprir a carência de informações empíricas sobre como está acontecendo a transição para a EC em empresas de manufatura no contexto de países emergentes conforme sinalizado em diversos estudos (LIEDER; RASHID, 2016; MERLI *et al.*, 2018; FRISHAMMAR; PARIDA, 2019). Neste contexto, este estudo busca contribuir com a teoria sobre a transição para a EC, a partir dos seguintes tópicos:

- a) A pesquisa confirmou que as grandes empresas de manufatura estão internalizando os princípios da EC com práticas sustentáveis nos processos internos de forma a torná-los mais ecoeficientes e/ou ecoefetivos, através de inovações e melhorias nas fases de desenvolvimento de produtos, nos processos produtivos e no fechamento de *loop* internamente;

- b) A pesquisa sobre a implantação da EC, nas grandes empresas de manufatura de eletroeletrônicos e químicos, apontou que estas empresas estão alcançando resultados positivos e vantagem competitiva, devido aos ganhos ambientais; no entanto, o ganho financeiro decorrente da adoção das práticas e estratégias da EC, ainda é baixo (alto investimento para implantação das estratégias);
- c) As empresas que adotam filosofias com foco na redução de desperdícios como o *Lean Manufacturing* ou *WCM* estão conseguindo melhor resultado na transição para a EC, ou seja, associar a EC com filosofias como o *Lean* melhora o desempenho ambiental e econômico decorrente da cultura para eliminação de desperdícios e aumento da produtividade do trabalho;
- d) As empresas que possuem certificação em padrões (norma) de qualidade (SGQ) e/ou ambiental (SGA) estão conseguindo melhor resultado na implantação das práticas de EC, bem como melhor resultado financeiro e ambiental;
- e) A pesquisa empírica confirmou que a inovação, a adoção das novas tecnologias, a colaboração através de redes colaborativas, a colaboração com universidades e ações para estreitar a relação de colaboração com os *stakeholders* e parceiros da cadeia de valor são elementos-chave que alavancam a transição; sendo que o principal alavancador da EC é a inovação;
- f) Este trabalho contribui para a literatura ao sinalizar que a inovação do modelo de negócios é o principal indutor das demais estratégias e práticas da EC e avança os aspectos apontados na literatura sobre CBM;
- g) As empresas de eletroeletrônicos estão investindo em produtos com *design* durável e desmontável, e utilizam matéria-prima de qualidade e não tóxicas que tornam o produto durável e facilitam a reciclagem; apesar disto, falta mais investimento em infraestrutura e conscientização para devolução dos produtos e logística reversa de seus produtos ao final da vida; visto que a quantidade de produtos que retornam, ao fim de vida, ainda é muito pequena;
- h) Das cinco empresas pesquisadas, apenas três empresas possuem um sistema de logística reversa implementado para seus produtos no fim de vida. Duas empresas de eletroeletrônicos estavam aguardando a

- obrigatoriedade do Acordo setorial instituído pelo Decreto no. 10.240 de 12 de fevereiro de 2020 para implementar a logística reversa de seus produtos;
- i) As grandes empresas estão criando unidades independentes e Centro de pesquisas com foco na EC, de forma a facilitar as estratégias adotadas e a adoção de Modelo de negócio Circular (CBM);
  - j) O estudo também confirmou que o desenvolvimento de ecossistemas de negócios com parceiros da cadeia de valor e o estabelecimento de uma maior transparência e troca de informações na busca de soluções sustentáveis, tem facilitado a transição para a EC; devido à complexidade e interdependência entre os atores neste modelo;
  - k) A pesquisa confirmou que as grandes empresas pesquisadas instaladas no Brasil têm enfrentado diversas barreiras internamente (cultural, organizacional, financeira, tecnológicas) e externamente (relacionadas à legislação ambiental e tributária brasileira, questões culturais, de mercado e geográficas); apesar disto, elas possuem boa vontade na adoção dos princípios EC *'enxergando'* a implantação como um investimento de longo prazo.

## 6.2 Implicações gerenciais

É esperado que o *Framework* e as diretrizes, bem como os achados da pesquisa possam auxiliar os gestores das organizações no entendimento deste tema que tem sido muito debatido na academia, mas ainda é tão complexo na prática e no dia a dia das empresas. Assim, as empresas que querem avançar rumo à EC precisam investir e implementar, internamente, uma série de práticas sustentáveis em seus processos produtivos de forma a minimizar o impacto de suas operações, como: minimizar a geração de resíduos, reduzir o consumo de água e energia, utilizar energia e insumos de fontes renováveis, aumentar a reutilização e/ou reciclagem de embalagens e recuperação de energia.

Quanto à inovação do modelo de negócios, a empresa deve avaliar a mudança do foco nos elementos de proposição, criação de valor e entrega de valor, de forma a criar valor a partir dos resíduos, de tal forma a desacelerar o consumo de insumos virgens, estreitar ou fechar o *loop* de produção. Outra opção é verificar a possibilidade

de deixar de fornecer um produto físico para entregar funcionalidade (venda de produto como serviço- PSS).

Outra contribuição gerencial é de que a adoção das estratégias e práticas EC podem promover o alcance de diversos objetivos da Agenda 2030 da ONU, os 17 Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS) (MERLI *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2019), contribuindo com o desenvolvimento sustentável do ecossistema onde a empresa atua; pois pode ajudar no atendimento de diversos objetivos, como o ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura), ODS 11 (cidades e comunidades sustentáveis), ODS 12 (consumo e produção responsável), ao assegurar padrões sustentáveis de produção e consumo, através do uso eficiente dos recursos naturais, mitigação da poluição e seu impacto, industrialização inclusiva, implementação de práticas que impeçam a geração de resíduos, promoção de consumo sustentável, ações de responsabilidade social;

### **6.3 Implicações políticas/governamentais**

É interessante pontuar que, se houvesse estruturas e políticas formais promovendo a EC para as empresas no Brasil, teríamos resultados melhores nesta pesquisa; as empresas teriam um desempenho sustentável ainda melhor. A transição para uma EC será realizada a partir de diferentes ações de políticas, legislações, acordos voluntários e investimentos por parte dos poderes públicos, com a identificação dos principais setores que devem iniciar esta transição, definindo metas e monitorando o progresso.

Os governos devem estabelecer critérios relevantes para os negócios, incluindo medidas de incentivo, diretrizes para as questões relacionadas à extensão da vida útil dos produtos (recondicionamento, remanufatura), além de estabelecer estratégias e políticas para promover a EC em uma aplicação mais ampla. Atualmente as políticas enfatizam, principalmente, o uso eficiente dos recursos, ao invés de reduzir a demanda pelos recursos (KIRCHERR *et al.*, 2017; AGUILAR-HERNANDES *et al.*, 2018). Assim, os formuladores de políticas devem estabelecer novos regulamentos que incorporem os princípios da EC de forma gradativa e substancial em todos os níveis (macro, meso e micro), reforçando a necessidade de estudar criticamente a EC e direcionar esforços, estabelecendo atribuições para cada nível.

Durante a elaboração desta tese, identificou-se uma iniciativa do governo do estado de São Paulo, condicionando a renovação da Licença de Operação (LI) das indústrias à existência de sistemas de Logística Reversa, com termo de compromisso e metas anuais progressivas, que força a empresa a demonstrar que está cumprindo a legislação estadual e federal (PNRS, Lei 12.305/2010).

#### **6.4 Limitações e sugestões de pesquisas futuras**

Este estudo apresenta algumas limitações. A primeira refere-se ao número de empresas (cinco), o número de pessoas entrevistadas por empresa (uma ou duas) e o cargo/ função, apenas da área de sustentabilidade (gerente de EHS e analistas ambientais); embora algumas conclusões valiosas tenham sido retiradas, há limitação na abrangência das discussões e opiniões dos aspectos relevantes na transição para o novo modelo de produção e comercialização.

Uma segunda limitação foi não incluir outros parceiros da cadeia de valor das empresas pesquisadas. A maior dificuldade enfrentada foi conseguir a autorização, por parte da Alta Direção das empresas contatadas. A aprovação para participação na pesquisa dependia de pessoas, em cargos de diretoria, com abrangência nas plantas da América Latina. Quando o Diretor da planta de Manaus autorizava, vinha uma resposta negativa por parte da gerência/diretoria corporativa. No entendimento deles, as ações de implantação da EC são estratégicas e o que pode ser divulgado, está comunicado no Relatório de Sustentabilidade da Corporação.

Uma terceira limitação está relacionada à necessidade de mudança de paradigma e *mindset* devido à sociedade e aos consumidores. O paradigma de consumir e descartar, da economia linear, está *enraizado* na mente das pessoas. Por muitos anos fomos acostumados a trocar, com frequência, produtos que seriam duráveis (carro, aparelhos eletrônicos, roupas, sapatos) devido à uma questão de modismo. Criou-se uma sociedade que quer comodidade e facilidades, onde tudo é descartável ou não que não vale a pena ser consertado; comprar outro produto sai mais barato que consertar. Também existe a obsolescência programada de *software* de produtos eletrônicos como *smartphones* que força o consumidor a trocar de produto com mais frequência. Neste contexto, as empresas e os governos precisarão investir mais em educação para que haja uma mudança de comportamento das pessoas.

Para a condução de trabalhos futuros, sugere-se o uso do *framework* e aplicação das diretrizes em empresas que queiram transicionar e adotar os princípios da EC. Também sugerimos: a) identificar outras dimensões, estratégias e práticas para a transição; b) a investigar o nível de apoio dos consumidores para comprar produtos remanufaturados, reconicionados e qual a aceitação por parte destes consumidores para “comprar” o serviço e não o produto, tornando-se usuários.

Outra sugestão para futuros trabalhos, é a replicação desta investigação em mais empresas de manufatura instaladas no Brasil, as quais informam em seus relatórios de sustentabilidade que adotam práticas sustentáveis com foco na economia circular.



## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA (ABRELPE). **Overview of solid waste in Brazil**. São Paulo: ABRELPE, 2018. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br>. Acesso em: 16 abr. 2019.

AGYEMANG, Martin *et al.* Drivers and barriers to circular economy implementation: an explorative study in Pakistan's automotive industry. **Management Decision**, [s. l.], v. 57, n. 4, p. 971-994. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/MD-11-2018-11782019>. Acesso em: 16 abr. 2020.

ALLWOOD, Julian M. Squaring the circular economy: the role of recycling within a hierarchy of material management strategies. *In*: WORRELL, Ernst; REUTER, Markus A. (ed.). **Handbook of recycling**. [S. l.]: Elsevier, 2014. p. 445-477. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-396459-5.00030-1>. Acesso em: 18 jul. 2018.

ALBUQUERQUE, Vitor Baluz S. **Gestão de resíduos eletroeletrônicos: a cadeia de reciclagem na cidade do Rio de Janeiro**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – Departamento de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental; Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: [http://www.urb.puc-rio.br/upload/dissertations/dissertacao\\_vitor\\_albuquerqueLTPneT\\_SA0tZwMNYKI3.pdf](http://www.urb.puc-rio.br/upload/dissertations/dissertacao_vitor_albuquerqueLTPneT_SA0tZwMNYKI3.pdf). Acesso em: 05 nov. 2018.

ANDERSEN, Mikael Skou. An introductory note on the environmental economics of the circular economy. **Sustainability Science**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 133-140, 2007. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11625-006-0013-6>. Acesso em: 16 mar. 2019.

ANTIKAINEN, Maria; VALKOKARI, Katri. A *Framework* for sustainable circular business model innovation. **Technology Innovation Management Review**, [s. l.], v. 6, n. 7, 2016. Disponível em: <https://www.timreview.ca/article/1000>. Acesso em: 05 abr. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR ISO 14001: sistemas de gestão ambiental: requisitos com orientações para uso**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

BACOVIS, Márcia M. C. *et al.* *Framework* proposal to organize sustainability strategies towards a transition to the circular economy. *In*: THOMÉ, Antônio Márcio Tavares *et al.* (ed.). **International Joint conference on Industrial Engineering and Operations Management**. [S. l.]: Springer, 2020. p. 257-272. Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-56920-4\\_21](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-56920-4_21). Acesso em: 25 set. 2020.

BACOVIS, Márcia M. C; BORCHARDT, Miriam. Assessing the Influence of Circular Economy Practices in Companies that Orchestrate an Ecosystem of a Brazilian Industrial Cluster. *In*: THOMÉ, Antônio Márcio Tavares *et al.* (eds.). **International Joint conference on Industrial Engineering and Operations Management**,

Springer Proceedings in Mathematics & Statistics 367. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-78570-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-78570-3_2). Acesso dia: 18 de ago. 2021.

BAKKER, Conny *et al.* Products that go round: exploring product life extension through *design*. **Journal of Cleaner Production**. [S. l.], v. 69, p. 10-16, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.028>. Acesso em: 16 de mar. de 2019.

BARDIN, Laurance. **Análise de conteúdo**. 3. ed. Lisboa: Edições, v. 70, 2011.

BASSI, Francesca; DIAS, José G. The use of circular economy practices in SMEs across the EU. **Resources, Conservation and Recycling**. [S. l.], v. 146, p. 523-533, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.019>. Acesso em: 01 de outubro de 2018.

BAUDET, Yannick. Circular Pioneers in a Linear Economy The transition in value creation in circular business models. 2017. Dissertação de mestrado em Administração de Empresas: Gestão estratégica. Radbound Universiteit Nijmegen. Disponível em: [https://theses.uibn.ru.nl/bitstream/handle/123456789/7137/Baudet%2C\\_Yannick\\_1.pdf?sequence=1](https://theses.uibn.ru.nl/bitstream/handle/123456789/7137/Baudet%2C_Yannick_1.pdf?sequence=1). Acesso em: 28 de outubro de 2020.

BENYUS, Janine M. Biomimicry: Innovation inspired by nature. In: **BENYUS, J.M.** Echoing nature. New York: Harper Collins, 1997. Disponível em: <https://locn.pw/biomimicryinnovation.pdf>. Acesso em: 15 de maio de 2018.

BENYUS, Janine. Biomimicry: What would nature do here. Nature's Operating Instructions: The true biotechnologies. **Sierra Club Books**, San Francisco, p. 3-16, 2004. Disponível em: <https://locn.pw/biomimicryinnovation.pdf>. Acesso em: 15 de maio de 2018.

BERTASSINI, Ana Carolina. **Captura de valor em uma economia circular: guia para a identificação de oportunidades de valor circular**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) do Departamento de Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18156/tde-09112018-102145/en.php>. Acesso em: 20 de abr. 2020.

BLOMSMA, Fenna *et al.* Developing a circular strategies *Framework* for manufacturing companies to support circular economy-oriented innovation. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 241, p. 118271, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118271>. Acesso em: 08 de fev.2021.

BOCKEN, Nancy MP *et al.* A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes. **Journal of cleaner production**, [s. l.], v. 65, p. 42-56, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.039>. Acesso em: 26 de nov. 2018.

BOCKEN, Nancy MP *et al.* Product *design* and business model strategies for a circular economy. **Journal of Industrial and Production Engineering**, [s. l.], v. 33, n. 5, p. 308-320, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124>. Acesso em: 26 de nov. 2018.

BOCKEN, Nancy MP *et al.* Taking the circularity to the next level: a special issue on the circular economy. **Journal of Industrial Ecology**. [S. l.], v. 21, n. 3, p. 476-482, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jiec.12606>. Acesso em: 07 de mar. 2018.

BOONS, Frank; LÜDEKE-FREUND, Florian. Business models for sustainable innovation: state-of-the-art and steps towards a research agenda. **Journal of cleaner production**, [s. l.], v. 45, p. 9-19, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.07.007>. Acesso em: 06 de set. 2018.

BOVEA, María D.; PÉREZ-BELIS, Victoria. **Identifying design guidelines to meet the circular economy principles: A case study on electric and electronic equipment**. *Journal of environmental management*, [s. l.], v. 228, p. 483-494, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.08.014>. Acesso em: 23 de fev. de 2021.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2010. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm). Acesso em: 17 set. 2019.

BRENNAN, Geraldine. 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. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jiec.12603>. Acesso em: 15 maio 2019.

BRESSANELLI, Gianmarco *et al.* Exploring how usage-focused business models enable circular economy through digital technologies. **Sustainability**, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 639, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su10030639>. Acesso em: 22 de maio 2018.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION - BSI 8001 - Framework for implementing the principles of the circular economy in organizations. Guide, 2017. Disponível em: <https://www.bsigroup.com/en-GB/standards/benefits-of-using-standards/becoming-more-sustainable-with-standards/BS8001-Circular-Economy>. Acesso em: 11 de fev. 2019.

CHARNLEY, Fiona; LEMON, Mark; EVANS, Steve. Exploring the process of whole system design. **Design Studies**, [s. l.], v. 32, n. 2, p. 156-179, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.destud.2010.08.002>. Acesso em: 15 de maio 2019.

CHERTOW, Marian R. Industrial symbiosis: literature and taxonomy. **Annual review of energy and the environment**, [s. l.], v. 25, n. 1, p. 313-337, 2000. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.energy.25.1.313>. Acesso em: 15 de maio 2019.

CHERTOW, Marian R. "Uncovering" industrial symbiosis. **Journal of industrial Ecology**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 11-30, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1162/jiec.2007.1110>. Acesso em: 19 de maio 2019.

CHERTOW, Marian; EHRENFELD, John. Organizing self-organizing systems: Toward a theory of industrial symbiosis. **Journal of industrial ecology**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 13-27, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00450.x>. Acesso em: 19 de maio 2019.

COLE, Raymond J. Transitioning from green to regenerative *design*. **Building Research & Information**, [s. l.], v. 40, n. 1, p. 39-53, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09613218.2011.610608>. Acesso em: 07 de mar. 2019.

COLLIS, Jill; HUSSEY, Roger. Pesquisa em administração: um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação. **Bookman**: Porto Alegre, 2005.

DEN HOLLANDER, Marcel C.; BAKKER, Conny A.; HULTINK, Erik Jan. Product design in a circular economy: Development of a typology of key concepts and terms. **Journal of Industrial Ecology**, [s. l.], v. 21, n. 3, p. 517-525, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jiec.12610>. Acesso em: 24 de abr. de 2020.

DE JESUS, Ana *et al.* Eco-innovation in the transition to a circular economy: An analytical literature review. **Journal of cleaner Production**, [s. l.], v. 172, p. 2999-3018, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.111>. Acesso em: 24 de ago. 2018.

DE LOS RIOS, Irel Carolina; CHARNLEY, Fiona JS. Skills and capabilities for a sustainable and circular economy: The changing role of *design*. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 160, p. 109-122, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.130>. Acesso em: 17 de set. 2018.

DE MATTOS, Claudia Aparecida; DE ALBUQUERQUE, Thiago Lourenço Meira. Enabling factors and strategies for the transition toward a circular economy (CE). **Sustainability**, [s. l.], v. 10, n. 12, p. 4628, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su10124628>. Acesso em: 25 de mar. 2020.

DE SOUSA JABBOUR, Ana Beatriz Lopes *et al.* Industry 4.0 and the circular economy: a proposed research agenda and original roadmap for sustainable operations. **Annals of Operations Research**, [s. l.], v. 270, n. 1, p. 273-286, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10479-018-2772-8>. Acesso em: 17 de set. 2019.

DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; JÚNIOR, José Antônio Valle Antunes. **Design Science Research**: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia. Porto Alegre: Bookmann Editora, 2015.

DI MAIO, F.; REM, P.C. A Robust Indicator for promoting Circular Economy through Recycling. **Journal of Environmental Protection**, [s. l.], v.6, 2015. Disponível em: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>. Acesso em: 25 de fev. 2018.

EEA (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY). Circular Economy in Europe: Developing the Knowledge Base. [S. l.], **EEA**, 2016. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/publications/circular-economy-in-europe>. Acesso em: 22 de nov. 2018.

EISENHARDT, Kathleen M. Building theories from case study research. **Academy of management review**, [s. l.], v. 14, n. 4, p. 532-550, 1989. Disponível em: <https://doi.org/10.5465/amr.1989.4308385>. Acesso em: 17 de set. 2019.

EISENHARDT, Kathleen M.; GRAEBNER, Melissa E.; SONENSHEIN, Scott. **Grand challenges and inductive methods: Rigor without rigor mortis**. New York: 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5465/amj.2016.4004>. Acesso em: 17 de set. 2019.

ELLEN MACARTHUR *et al.* Towards the circular economy. **Journal of Industrial Ecology**, [s. l.], v. 2, p. 23-44, 2013. Disponível em: [https://www.werktrends.nl/app/uploads/2015/06/Rapport\\_McKinsey-Towards\\_A\\_Circular\\_Economy.pdf](https://www.werktrends.nl/app/uploads/2015/06/Rapport_McKinsey-Towards_A_Circular_Economy.pdf). Acesso em: 22 de mar. 2018.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, E.; ZUMWINKEL, K.; STUCHTEY, M. R. **Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe**. Ellen MacArthur Foundation, 2015. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy>. Acesso em: 22 de mar. 2018.

ELIA, V.; GNONI, M. G.; TORNESE, F. Measuring circular economy strategies through index methods: A critical analysis. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 142, p. 2741–2751, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.196>. Acesso em: 29 de maio 2019.

EVANS, J.; BOCKEN, N. Circular Economy Toolkit. **Cambridge Institute for Manufacturing**. Reino Unido. Disponível em: <http://circulareconomytoolkit.org>, 2013. Acesso em: 22 de mar. 2018.

FRISHAMMAR, Johan; PARIDA, Vinit. Circular business model transformation: A roadmap for incumbent firms. **California Management Review**, [s. l.], v. 61, n. 2, p. 5-29, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0008125618811926>. Acesso em: 24 de fev. 2020.

GALVÃO, Graziela Darla Araujo *et al.* Towards a value stream perspective of circular business models. **Resources, Conservation and Recycling**, [s. l.], v. 162, p. 105060, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105060>. Acesso em: 06 de abr. 2021.

GEISENDORF, S.; PIETRULLA, F. The circular economy and circular economic concepts-a literature analysis and redefinition. **Thunderbird International Business Review**, [s. l.], p. 1–12, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/tie.21924>. Acesso em: 26 de out. 2018.

GEISSDOERFER, Martin *et al.* The Circular Economy—A new sustainability paradigm?. **Journal of cleaner production**, [s. l.], v. 143, p. 757-768, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>. Acesso em: 25 de set. 2018.

GEISSDOERFER, Martin; VLADIMIROVA, Doroteya; EVANS, Steve. Sustainable business model innovation: A review. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 198,

p.401-416, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.240>. Acesso em: 25 de set. 2018.

GEISSDOERFER, Martin *et al.* Business models and supply chains for the circular economy. **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], v. 190, p. 712-721, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.159>. Acesso em: 25 de set. 2018.

GEISSDOERFER, Martin *et al.* Circular business models: A review. **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], p. 123741, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123741>. Acesso dia: 25 de ago. 2020.

GENOVESE, Andrea *et al.* Sustainable supply chain management and the transition towards a circular economy: Evidence and some applications. **Omega**, [s.l.], v. 66, p. 344-357, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2015.05.015>. Acesso em: 25 de ago. 2020.

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: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>. Acesso em: 22 de nov. 2018.

GIL, A.C. **Metodologia do ensino superior**. São Paulo: Atlas, 2010.

GOVINDAN, Kannan; SOLEIMANI, Hamed; KANNAN, Devika. Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future. **European Journal of Operational Research**, [s.l.], v. 240, n. 3, p. 603-626, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.07.012>. Acesso em: 18 de nov. 2019.

GOVINDAN, Kannan; HASANAGIC, Mia. A systematic review on drivers, barriers, and practices towards circular economy: a supply chain perspective. **International Journal of Production Research**, [s.l.], v. 56, n. 1-2, p. 278-311, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1402141>. Acesso em: 18 de nov. 2019.

GREGSON, Nicky *et al.* **Interrogating the circular economy: the moral economy of resource recovery in the EU**. *Economy and Society*, [s.l.], v. 44, n. 2, p. 218-243, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/03085147.2015.1013353>. Acesso em: 12 de fev. 2019.

HAWKEN, Paul; LOVINS, Amory B.; LOVINS, L. Hunter. **Natural capitalism: The next industrial revolution**. London: Routledge, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.4324/9781315065755>.

HOMRICH, Aline Sacchi *et al.* The circular economy umbrella: Trends and gaps on integrating pathways. **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], v. 175, p. 525-543, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.064>. Acesso em: 24 de maio 2018.

HUPPES, Gjalte; ISHIKAWA, Masanobu. Eco-efficiency guiding micro-level actions towards sustainability: ten basic steps for analysis. **Ecological Economics**, [s.l.], v. 68, n. 6, p. 1687-1700, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.01.007>. Acesso em: 24 de maio 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Demográfico 2018. Disponível em: <https://ibge.gov.br/>. Acesso em: 22 de maio 2019.

IRITANI, Diego Rodrigues. Modelo de gestão orientado à economia circular e à melhoria de desempenho ambiental do ciclo de vida de produtos. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade. Universidade de São Paulo, 2017. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18156/tde-04122017-100309/en.php>. Acesso em: 04 de out. 2018.

IWASAKA, Fernanda Yumi. **Políticas públicas e economia circular: levantamento internacional e avaliação da Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade. Universidade de São Paulo, 2018. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18156/tde-08102018-110158/en.php>. Acesso em: 16 de abr. 2019.

JABBOUR, Charbel Jose Chiappetta *et al.* Unlocking the circular economy through new business models based on large-scale data: An integrative *Framework* and research agenda. **Technological Forecasting and Social Change**, [s.l.], 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.09.010>. Acesso em: 26 de out. 2017.

JABBOUR, Charbel Jose Chiappetta *et al.* Stakeholders, innovative business models for the circular economy and sustainable performance of firms in an emerging economy facing institutional voids. **Journal of environmental management**, [s.l.], v. 264, p. 110416, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110416>. Acesso em: 01 de abr. 2020.

JAWAHIR, I. S.; BRADLEY, Ryan. Technological elements of circular economy and the principles of 6R-based closed-loop material flow in sustainable manufacturing. **Procedia Cirp**, [s.l.], v. 40, p. 103-108, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.067>. Acesso em: 26 de out. 2017.

KALMYKOVA, Yuliya; SADAGOPAN, Madumita; ROSADO, Leonardo. Circular economy—From review of theories and practices to development of implementation tools. **Resources, conservation and recycling**, [s.l.], v. 135, p. 190-201, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.034>. Acesso em: 03 de jun. 2019.

KALVERKAMP, Matthias; PEHLKEN, Alexandra; WUEST, Thorsten. Cascade use and the management of product lifecycles. **Sustainability**, [s.l.], v. 9, n. 9, p. 1540, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su9091540>. Acesso em: 22 de maio 2018.

KAZANCOGLU, Yigit; KAZANCOGLU, Ipek; SAGNAK, Muhittin. A new holistic conceptual Framework for green supply chain management performance assessment based on circular economy. **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], v.

195, p. 1282–1299, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.015>. Acesso em: 03 de jun. 2019.

KIRCHHERR, Julian; REIKE, Denise; HEKKERT, Marko. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. **Resources, Conservation and Recycling**, [s.l.], v. 127, p.221-232, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>. Acesso em: 03 de nov. 2019.

KIRCHHERR, Julian *et al.* Barriers to the circular economy: evidence from the European Union (EU). **Ecological Economics**, [s.l.], v. 150, p. 264-272, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.04.028>. Acesso em: 03 de nov. 2019.

KONIETZKO, Jan; BOCKEN, Nancy; HULTINK, Erik Jan. Circular ecosystem innovation: An initial set of principles. **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], v. 253, p. 119942, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119942>. Acesso em: 20 de abr. 2020.

KORHONEN, Jouni; HONKASALO, Antero; SEPPÄLÄ, Jyri. 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: 03 de jun. 2019.

KRIKKE, Harold; BLANC, Ieke le; VAN DE VELDE, Steef. Product modularity and the *design* of closed-loop supply chains. **California management review**, [s.l.], v. 46, n. 2, p. 23-39, 2004. Disponível em: [https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.2307/41166208?casa\\_token=FOQBQitbiP8AAAAA:QdJEQUJK1qs5\\_Jk8\\_DeQdXzYIL1rby3qtkCdFYghch4flqZWJbTMqpWX5P2dF8ljm5tq8cfbsGwsQ](https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.2307/41166208?casa_token=FOQBQitbiP8AAAAA:QdJEQUJK1qs5_Jk8_DeQdXzYIL1rby3qtkCdFYghch4flqZWJbTMqpWX5P2dF8ljm5tq8cfbsGwsQ). Acesso em: 04 de out. 2018.

LACY, Peter; RUTQVIST, Jakob. Waste to wealth: The circular Economy Advantage. **Accenture Strategy**, [s.l.], v. 293, 2015. *E-book*.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de A. **Metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2011.

LINDER, M.; WILLIANDER, M. Circular Business Model Innovation: Inherent Uncertainties. **Business Strategy and the Environment**, [s.l.], v. 26, n. 2, p. 182–196, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/bse.1906>. Acesso em: 24 de maio 2018.

LEWANDOWSKI, Mateusz. *Designing the business models for circular economy—Towards the conceptual Framework*. **Sustainability**, [s.l.], v. 8, n. 1, p. 43, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su8010043>. Acesso em: 24 de set. 2018.

LIEDER, Michael; RASHID, Amir. 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: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.042>. Acesso em: 24 de maio 2018.

LÜDEKE-FREUND, Florian; GOLD, Stefan; BOCKEN, Nancy MP. A review and typology of circular economy business model patterns. **Journal of Industrial**



**Ecology**, [s.l.], v. 23, n. 1, p. 36-61, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jiec.12763>. Acesso em: 24 de set. 2019.

MCDONOUGH, William; BRAUNGART, Michael. Cradle to cradle: Remaking the way we make things. **North point press**, [s.l.], 2010. E-book.

MASI, Donato *et al.* Towards a more circular economy: exploring the awareness, practices, and barriers from a focal firm perspective. **Production Planning & Control**, [s.l.], v. 29, n. 6, p. 539-550, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1449246>. Acesso em: 24 de set. 2018.

MENTINK, B. A. S. Circular business model innovation: a process *Framework* and a tool for business model innovation in a circular economy. 2014. Master thesis (Industrial Design Engineering), Delft University of Technology. Disponível em: <http://resolver.tudelft.nl/uuid:c2554c91-8aaf-4fdd-91b7-4ca08e8ea621>. Acesso em: 13 de set. 2019.

MERLI, Roberto; PREZIOSI, Michele; ACAMPORA, Alessia. How do scholars approach the circular economy? A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], v. 178, p. 703-722, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.112>. Acesso em: 4 de jan. 2019.

MICHELINI, Gustavo *et al.* From linear to circular economy: PSS conducting the transition. **Procedia CIRP**, [s.l.], v. 64, p. 2-6, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.012>. Acesso em: 4 de set. 2018.

MORENO, Mariale *et al.* A conceptual *Framework* for circular design. **Sustainability**, [s.l.], v. 8, n. 9, p. 937, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su8090937>. Acesso em: 17 de abr. 2019.

NAUSTDALSLID, Jon. Circular economy in China—the environmental dimension of the harmonious society. **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, [s.l.], v. 21, n. 4, p. 303-313, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/13504509.2014.914599>. Acesso em: 7 de jan. 2019.

NESS, David. Sustainable urban infrastructure in China: Towards a Factor 10 improvement in resource productivity through integrated infrastructure systems. **The International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, [s.l.], v. 15, n. 4, p. 288-301, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.3843/SusDev.15.4:2a>. Acesso em: 17 de mar. 2019.

OGHAZI, Pejvak; MOSTAGHEL, Rana. Circular business model challenges and lessons learned—An industrial perspective. **Sustainability**, [s.l.], v. 10, n. 3, p. 739, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su10030739>. Acesso em: 10 de fev. 2019.

OSTERWALDER, Alexander; PIGNEUR, Yves; TUCCI, Christopher L. Clarifying business models: Origins, present, and future of the concept. **Communications of the association for Information Systems**, [s.l.], v. 16, n. 1, p. 1, 2005. Disponível em <https://aisel.aisnet.org/cais/vol16/iss1/1/>. Acesso em: 27 de mar. 2019.

PAGOROPOULOS, A.; PIGOSSO, D. C. A.; MCALOONE, T. C. The Emergent Role of Digital Technologies in the Circular Economy: A Review. **Procedia CIRP**, [s.l.], 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.02.047>. Acesso em: 20 de set. 2018.

PAULI, Gunter A. The blue economy: 10 years, 100 innovations, 100 million jobs. Report to the Club of Rome. **Paradigm Publications. Taos: New Mexico**, 2010. Disponível em: [www.paradigm.pubs.com](http://www.paradigm.pubs.com).

PEARCE, David W.; TURNER, R. Kerry. Economics of natural resources and the environment. **JHU Press. Baltimore, MD (USA)**, 1990.

PIERONI, Marina PP; MCALOONE, Tim C.; PIGOSSO, Daniela CA. From theory to practice: systematising and testing business model archetypes for circular economy. **Resources, Conservation and Recycling**, [s.l.], v. 162, p. 105029, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105029>. Acesso em: 28 de mar. 2021.

PLANING, Patrick. Business model innovation in a circular economy reasons for non-acceptance of circular business models. **Open journal of business model innovation**, Germany. v. 1, n. 11, p. 1-11, 2015. Acesso em: 14 de maio 2018.

POTTING, José *et al.* Circular economy: measuring innovation in the product chain. **Policy report. PBL Publishers**. Netherlands, 2017. Disponível em: <https://dspace.library.uu.nl/handle/1874/358310>. Acesso em: 24 de set. 2018.

PRIETO-SANDOVAL, Vanessa; JACA, Carmen; ORMAZABAL, Marta. **Towards a consensus on the circular economy**. Journal of Cleaner Production, [s. l.], v. 179, p. 605-615, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.224>. Acesso em: 14 de out. 2019.

RANTA, Valtteri; AARIKKA-STENROOS, Leena; MÄKINEN, Saku J. Creating value in the circular economy: A structured multiple-case analysis of business models. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 201, p. 988-1000, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.072>. Acesso em: 10 de out. 2019.

REAP, John; BAUMEISTER, Dayna; BRAS, Bert. Holism, biomimicry and sustainable engineering. In: ASME 2005 International Mechanical Engineering Congress and Exposition. **American Society of Mechanical Engineers**, [s. l.], 2005. p. 423-431. Disponível em: <https://doi.org/10.1115/IMECE2005-81343>. Acesso em: 27 de mar. 2018.

REIKE, Denise; VERMEULEN, Walter JV; WITJES, Sjors. The circular economy: new or refurbished as CE 3.0?—exploring controversies in the conceptualization of the circular economy through a focus on history and resource value retention options. **Resources, Conservation and Recycling**, [s. l.], v. 135, p. 246-264, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.027>. Acesso em: 10 de out. 2019.

RITZÉN, S.; SANDSTRÖM, G. Ö. **Barriers to the Circular Economy - Integration of Perspectives and Domains**. Procedia CIRP, [s. l.], v. 64, p. 7–12, 2017.

Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.005>. Acesso em: 27 de mar. 2018.

RIZOS, Vasileios et al. Implementation of circular economy business models by small and medium-sized enterprises (SMEs): Barriers and enablers. **Sustainability**, [s. l.], v. 8, n. 11, p. 1212, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su8111212>. Acesso em: 27 de jun. 2018.

ROSA, Paolo; SASSANELLI, Claudio; TERZI, Sergio. Towards Circular Business Models: A systematic literature review on classification frameworks and archetypes. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 236, p. 117696, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117696>. Acesso em: 17 de fev. 2021.

RUGGIERI, Alessandro *et al.* A meta-model of inter-organisational cooperation for the transition to a circular economy. **Sustainability**, [s. l.], v. 8, n. 11, p. 1153, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su8111153>. Acesso em: 10 de out. 2019.

SAIDANI, Michael *et al.* A taxonomy of circular economy indicators. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 207, p. 542-559, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.014>. Acesso em: 22 de novembro de 2018.

SEELOS, C.; MAIR, J. Profitable business models and market creation in the context of deep poverty: A strategic view. **Academy of management Perspectives**, [s. l.], 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.5465/amp.2007.27895339>. Acesso em: 10 de out. 2019.

SINEK, Simon. *Comece pelo porquê*; tradução de Paulo Geiger. Rio de Janeiro: sextante, 2018.

SPRING, Martin; ARAUJO, Luis. Product biographies in servitization and the circular economy. **Industrial Marketing Management**, [s. l.], v. 60, p. 126-137, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2016.07.001>. Acesso em: 24 de set. 2018.

SILVA, Flavia Cristina *et al.* Circular economy: analysis of the implementation of practices in the Brazilian network. **Revista de Gestão**, [s. l.], 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/REGE-03-2018-0044>. Acesso em: 10 de out. 2019.

SOUSA-ZOMER, Thayla T. *et al.* Cleaner production as an antecedent for circular economy paradigm shift at the micro-level: evidence from a home appliance manufacturer. **Journal of cleaner production**, [s. l.], v. 185, p. 740-748, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.006>. Acesso em: 28 de dezembro de 2018.

STAHEL, Walter. *The performance economy*. 2ª. Edição. **Springer**, 2010.

STEWART, Raphaëlle; NIERO, Monia. 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. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/bse.2048>. Acesso em: 10 de mar. 2019.

STINDT, Dennis. A generic planning approach for sustainable supply chain management-How to integrate concepts and methods to address the issues of sustainability?. **Journal of cleaner production**, [s. l.], v. 153, p. 146-163, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.126>. Acesso em: 20 de mar. 2020.

SUFRAMA. **Perfil das empresas do PIM**. Disponível em: <http://site.suframa.gov.br/assuntos/modelo-zona-franca-de-manaus/o-que-e-o-projeto-zfm>. Acesso em: 01 de março de 2018.

SU, Biwei *et al.* A review of the circular economy in China: moving from rhetoric to implementation. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 42, p. 215-227, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.020>. Acesso em: 10 de out. 2019.

TUKKER, A. **Product services for a resource-efficient and circular economy - A review**. *Journal of Cleaner Production*, [s. l.], jun. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.049>. Acesso em: 15 de ago. 2018.

ÜNAL, Enes; URBINATI, Andrea; CHIARONI, Davide. Managerial practices for designing circular economy business models. **Journal of Manufacturing Technology Management**, [s. l.], v.30, p. 561-589, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/JMTM-02-2018-0061>. Acesso em: 10 de mar. 2019.

URBINATI, Andrea; CHIARONI, Davide; CHIESA, Vittorio. Towards a new taxonomy of circular economy business models. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 168, p. 487-498, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.047>. Acesso em: 10 de mar. 2019.

VAN RENSWOUDE, Koen; TEN WOLDE, Arthur; JOUSTRA, Douwe Jan. Circular Business Models—Part 1: **An introduction to IMSA's circular business model scan**. IMSA: Amsterdam, The Netherlands, 2015. Acesso em: 20 de jul. 2018.

VERMUNT, D. A. *et al.* Exploring barriers to implementing different circular business models. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 222, p. 891-902, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.052>. Acesso em: 20 de jan. de 2021.

WEETMAN, Catherine. **Economia Circular: conceitos e estratégias para fazer negócios de forma mais inteligente, sustentável e lucrativa**; tradução Afonso Celso da Cunha Serra- 1 ed. São Paulo: Autêntica Business, 2019.

WERNING, Jan Philipp; SPINLER, Stefan. Transition to circular economy on firm level: Barrier identification and prioritization along the value chain. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 245, p. 118609, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118609>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2020.

WITJES, Sjors; LOZANO, Rodrigo. Towards a more Circular Economy: Proposing a *Framework* linking sustainable public procurement and sustainable business models. **Resources, Conservation and Recycling**, [s. l.], v. 112, p. 37-44, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.04.015>. Acesso em: 24 de jun. 2018.

ZHAO, Senlin; ZHU, Qinghua. Remanufacturing supply chain coordination under the stochastic remanufacturability rate and the random demand. **Annals of Operations Research**, [s. l.], v. 257, n. 1-2, p. 661-695, 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10479-015-2021-3.pdf>. Acesso em: 27 de maio de 2019.

ZHU, Qinghua; GENG, Yong; LAI, Kee-hung. Circular economy practices among Chinese manufacturers varying in environmental-oriented supply chain cooperation and the performance implications. **Journal of Environmental Management**, [s. l.], v. 91, n. 6, p. 1324-1331, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479710000411?via%3Dihub>. Acesso em: 27 de set. de 2018.

YIN, Robert. K. **Estudo de caso: Planejamento e Métodos**. 2. edição, Porto Alegre: Bookman, 2015.

YUSUP, Muhamad Zaki *et al.* The implementation of cleaner production practices from Malaysian manufacturers' perspectives. **Journal of Cleaner Production**. [s. l.], v. 108, p. 659-672, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.102>. Acesso em: 5 de mar. 2019.

## APÊNDICE A – PROTOCOLO DA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Protocolo da Revisão Sistemática da literatura			
<b>Tema central:</b> O tema central da pesquisa é como avaliar a presença dos princípios da Economia circular e os novos modelos de negócios propostos, de forma a alcançar um modelo onde os produtos possam circular por mais tempo, reduzindo/eliminando o envio de resíduos para o meio ambiente além de gerar renda e mais empregos para sociedade.			
<b>Modelo conceitual</b>	O pensamento do modelo econômico circular propõe auxiliar as empresas a alcançarem a sustentabilidade nas três dimensões: econômica, ambiental e social. Para isto, as empresas precisam adotar seus princípios, buscar novas alternativas de modelos de negócios e <i>design</i> de produtos para a circularidade (durabilidade, remanufatura, reutilização, renovação etc).		
<b>Contexto</b>	Adoção dos Princípios da Economia Circular e novos modelos de negócios para EC, por empresas de Manufatura.		
<b>Horizonte de busca:</b>	Não será utilizado delimitação quanto ao ano de publicação		
<b>Idiomas</b>	Os idiomas, considerados no processo de busca, foram o português e o inglês		
<b>Questão da Revisão:</b>	Como avaliar a presença dos princípios da Economia circular em empresas de Manufatura do polo industrial de Manaus?		
<b>Estratégia de revisão</b>	(X ) Configurativa ( ) Agregativa		
<b>Termos de busca:</b>	Economia circular - <i>Circular Economy</i> ; Economia circular/Estrutura – <i>Circular Economy/ Framework</i> ; Economia circular/ Avaliação dos princípios- <i>Circular economy/Assessment of principles</i> Modelos de negócios circular -“ <i>Circular Business model</i> ”; Inovação no modelo de negócios- “ <i>Business model innovation</i> ”; Economia circular/ Projeto circular- <i>Circular Economy/design circular</i>		
<b>Critérios de Seleção:</b>	<b>Inclusão:</b> artigos de revisão ou empíricos com conteúdo diretamente relacionado a adoção dos princípios da Economia circular, novos modelos de negócios e <i>design</i> circular por empresas de manufatura		
	<b>Exclusão:</b> Artigos que tratem do tema da EC de forma genérica ou aplicação com foco apenas em gerenciamento de resíduos, na agricultura e/ou outros setores que não seja manufatura.		
<b>Critérios de qualificação</b>	Artigos mais citados; sub-areas: “ <i>Environmental Science, Business, management and accounting, Engineering</i> ”.		
Fontes de busca			
Base de Dados	Anais	Internet	Outras
( X ) Periódicos CAPES ( ) EBSCO ( ) Web of Science ( X ) Scopus/Elsevier ( ) Scielo ( ) ProQuest ( X ) Emerald	( ) SIGEP ( ) ENEGEP ( )	( X ) Google Acadêmico	Relatórios de Conferências sobre Meio-ambiente;  Relatórios da Fundação Ellen MacArthur  Relatórios de sustentabilidade de empresas



## APÊNDICE C – ROTEIRO UTILIZADO PARA AS ENTREVISTAS COM GESTORES DAS EMPRESAS

Universidade do Vale do Rio dos sinos – UNISINOS  
Pesquisadora: Marcia Bacovis  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas  
e-mail: [mmbacovis@ifam.edu.br](mailto:mmbacovis@ifam.edu.br)  
[mmbacovis@gmail.com](mailto:mmbacovis@gmail.com)

### 1.A Pesquisa

Este protocolo faz parte do procedimento metodológico do projeto de doutorado intitulado **“Proposição de um conjunto de diretrizes para orientar a transição do modelo linear de produção para o modelo circular em empresas de manufatura no Brasil”** o qual está estruturado em cinco blocos. Durante a entrevista, o pesquisador pode explorar e aprofundar as questões conforme sentir necessidade (questionário semiestruturado). O tempo médio de aplicação é de 50 minutos a uma hora. Caso o entrevistado se sinta confortável, o pesquisador pode gravar a entrevista para fins de analisar seu conteúdo posteriormente.

Todo o material coletado será armazenado e utilizado somente para essa pesquisa e contextualização dos estudos de caso. Esse conteúdo, assim como o nome da empresa e de pessoas entrevistadas, será preservado. Os resultados deste estudo serão utilizados na referida tese de doutorado.

Caso seja de seu interesse, o material resultante da pesquisa poderá ser enviado aos participantes e o mesmo poderá ser utilizado pela organização. Sua participação é de grande importância para o aprimoramento dos conhecimentos sobre o tema da Economia Circular no Brasil.

#### Bloco 1- Questões Gerais sobre a empresa e entrevistado

1. Nome:
2. Cargo:
3. Formação Acadêmica:
4. Empresa:
5. Área de atuação da empresa:

#### Bloco 2 – Projeto de produtos e processos

1. Como a empresa investe em padrões mais sustentáveis para o projeto de produtos (Design ecologicamente correto)? Ela se preocupa em analisar o impacto ambiental do produto em cada etapa da cadeia de valor (usa alguma ferramenta LCA “life Cycle Assessment)?
2. A empresa utiliza insumos reciclados (algum percentual) na fabricação de novos produtos (substituindo materiais virgens por equivalentes reciclados)? Caso negativo, tem projetos para tal?
3. O projeto (design) dos produtos estão enquadrados como DfX (DfA-Design para montagem, DfM-design para a manufatura; DfD-design para desmontagem), Design para durabilidade, design modular, insumos recuperados/reciclados)?
4. Em relação aos processos produtivos. Como os processos da empresa estão organizados para serem mais ecoeficientes (Redução de consumo de insumos virgens, gerar menos resíduo, uso de recursos renováveis, uso de sub-produtos, simbiose industrial)? Quais as principais práticas?
5. A empresa está substituindo a utilização de recursos não-renováveis por recursos de fontes renováveis? Exemplifique.

#### Bloco 3 - Modelo de negócios

1. A empresa revisou, recentemente, seu modelo de negócios para incorporar os princípios da EC na sua “proposta de valor”? Isto gerou vantagem competitiva? Explique.
2. Qual(is) o(s) modelo(s) de negócio(s) atual da empresa? Esse modelo é circular?



3. A empresa já considerou ou considera a possibilidade de diversificar seu modelo de negócios, para oferecer: a) aluguel do produto ou venda por assinatura ( o cliente é apenas usuário); b) realizar Recuperação/ Regeneração de recursos materiais úteis; c) uso de plataformas de compartilhamento; d) estender a vida útil dos produtos (produtos mais duráveis)

#### Bloco 4- Fluxos Circulares

1. Quais as iniciativas da empresa quanto a aumentar a eficiência dos recursos através dos princípios "Rs" (repensar consumo, reduzir consumo, reutilizar, remanufaturar e reciclar)? Estes princípios são implementados nos produtos ou apenas em embalagens?
2. A empresa investe em sistema de coleta de seus produtos ao fim de uso/vida (logística reversa de pós-consumo)? Caso afirmativo, descreva como acontece, se tem parceria com outras empresas. Caso negativo, o que tem impedido?
3. Como a empresa trabalha com o conceito de fechamento de *Loop* e retenção de valor dos produtos/materiais?
4. A empresa realiza, ou considera a possibilidade de realizar, a recuperação/ remanufatura de seus próprios produtos ou partes dele ? Se sim, descreva como acontece ou se tem parceria com outras empresas. Há pagamento para incentivar o cliente a devolver o produto antigo?
5. A empresa incentiva a reutilização ou reciclagem de seus produtos/ componentes, para uso em outra aplicação ? Em caso afirmativo, como isto acontece?

#### Bloco 5- Drivers e Barreiras

1. Existe colaboração na Cadeia de suprimentos/ cadeia de valor de forma a incentivar a EC? Como acontece a colaboração
2. A empresa entende que a transição para a EC requer uma mudança com enfoque sistêmico? Explique.
3. Você considera importante que o governo crie políticas e regulamentos que incentivem a EC? Explique.
4. Como as novas tecnologias (*IoT*, *Big data*, plataformas digitais etc) podem impulsionar a transição e a otimização de recursos para a transição e implementação deste novo modelo?
5. Você considera que precisa haver mais investimento em inovação (inovação em materiais, produtos e processos) para alavancar a EC? Explique.
6. De que maneira sua organização tem sido direcionada a implementar a EC (quais os principais motivos- alto preço das Matérias-primas escassas, custos ambientais devido à recuperação de solo, água)?
7. Na sua opinião, quais as principais barreiras para a adoção de modelos de negócios circulares? Barreiras técnicas, barreiras de mercado, barreiras operacionais, comportamentais- voltados para o consumidor.
8. Como estas barreiras dificultam ou interferem na implementação da EC? Como a empresa busca minimizar ou eliminar essas barreiras?
9. Como a empresa mede os benefícios, valores advindos, com a implementação da EC? Foram estabelecidos indicadores?

## APÊNDICE D – PROTOCOLO PARA VALIDAÇÃO ACADÊMICA DAS DIRETRIZES E *FRAMEWORK*

### **Proposição de um conjunto de diretrizes para orientar a transição do modelo de produção linear para o Modelo circular em empresas de manufatura no Brasil**

Universidade do Vale do Rio dos sinos – UNISINOS  
Pesquisadora: Marcia Maria Costa Bacovis  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas  
e-mail: [mmbacovis@ifam.edu.br](mailto:mmbacovis@ifam.edu.br)  
Cel. (92) 981586410

---

Prezado (a) especialista,

Você está sendo convidado (a) a participar como avaliador dos resultados da tese intitulada **“Proposição de um conjunto de diretrizes para orientar a transição do modelo de produção linear para o modelo circular em empresas de manufatura no Brasil.**

A revisão da literatura da tese teve como elementos norteadores os blocos de construção propostos pela Fundação Ellen MacArthur (ELLEN MACARTHUR, 2013; ELIA *et al.*, 2017; SAIDANI *et al.*, 2019). Os blocos de construção (*Design* e Desenvolvimento de produtos, *Design* dos processos internos, Inovação no modelo de negócios, fluxos circulares e retenção de valor e elementos habilitadores (*enablers*)) foram utilizados como dimensões, a partir das quais identificou-se, na literatura, um conjunto de práticas sustentáveis e estratégias que orientam o processo de transição para a EC.

Com base nos objetivos, a pesquisa teve uma abordagem qualitativa sendo classificada como exploratória e descritiva, e utilizou como método o estudo de casos múltiplos. A pesquisa, com entrevistas semiestruturadas, foi realizada em cinco grandes empresas multinacionais de manufatura, três do setor eletroeletrônico e duas do setor químico; três estão localizadas no Polo Industrial de Manaus e duas localizadas em São Paulo; as quais informam adotar práticas inovadoras com foco na EC. O Quadro abaixo apresenta as principais bases teóricas utilizadas na revisão da literatura, em cada dimensão, que orientaram as entrevistas nas empresas.

Solicito sua colaboração no sentido de avaliar o conjunto de diretrizes, bem como o *Framework* apresentado, os quais serão disponibilizados para as empresas pesquisadas e ficarão à disposição para orientar outras empresas no processo de transição.