CENTRO UNIVERSITÁRIO FEI
RICARDO LUIZ CARLOS

O PAPEL DO USO DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS NA EXECUÇÃO DE PRÁTICAS DE ECONOMIA CIRCULAR

São Bernardo do Campo
2022

RICARDO LUIZ CARLOS

O PAPEL DO USO DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS NA EXECUÇÃO DE PRÁTICAS DE ECONOMIA CIRCULAR

Dissertação apresentada ao Centro Universitário FEI, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica. Orientado pela Profa. Dra. Cláudia Aparecida de Mattos

São Bernardo do Campo

2022

Carlos, Ricardo Luiz.
O PAPEL DO USO DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS NA EXECUÇÃO DE PRÁTICAS DE ECONOMIA CIRCULAR / Ricardo Luiz Carlos. São Bernardo do Campo, 2022.
121 p. : il.

Dissertação - Centro Universitário FEI.
Orientador: Prof. Dr. Cláudia Aparecida de Mattos.

1. Economia Circular. 2. Tecnologias Digitais. 3. Práticas de Economia Circular. I. de Mattos, Cláudia Aparecida, orient. II. Título.

Elaborada pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da FEI com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

centro universitário FEI

APRESENTAÇÃO DE DISSERTAÇÃO
ATA DA BANCA EXAMINADORA

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Mecânica

Mestrado

PGM-10

Aluno: Ricardo Luiz Carlos **Matrícula:** 220309-9

Título do Trabalho: O papel do uso das tecnologias digitais na execução de práticas de economia circular.

Área de Concentração: Produção

Orientador: Profª Drª Claudia Aparecida de Mattos

Data da realização da defesa: 30/05/2022

ORIGINAL ASSINADA

Avaliação da Banca Examinadora:

O aluno Ricardo Luiz Carlos foi aprovado pela banca examinadora. Para versão final serão realizados ajustes na redação (correções no texto) e alguns apontamentos feitos pela banca no capítulo de metodologia

São Bernardo do Campo, / / .

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA	
Profª Drª Claudia Aparecida de Mattos	Ass.: _____
Profª Drª Fernanda Cristina Vianna	Ass.: _____
Profª Drª Anapatrícia Morales Vilha	Ass.: _____

A Banca Julgadora acima-assinada atribuiu ao aluno o seguinte resultado:

APROVADO ☒ REPROVADO ☐

VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO

APROVO A VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO EM QUE FORAM INCLUÍDAS AS RECOMENDAÇÕES DA BANCA EXAMINADORA

_____

Aprovação do Coordenador do Programa de Pós-graduação

_____

Prof. Dr. Rodrigo Magnabosco

Dedico este trabalho a minha família, minha esposa Sônia, meu filho Guilherme e meu amigo Luiz Henrique que me apoiaram e incentivaram a buscar meus objetivos durante toda a jornada do mestrado.

AGRADECIMENTOS

A minha família, minha mãe Elza, meu pai Washington, meu irmão Eduardo, minha sobrinha Maria Clara, minhas tias Célia e Natalina, agradeço por todos vocês terem feito parte da construção dos valores e caminhos que trago em minha vida. Obrigado por toda a compreensão, amor, amizade e dedicação que vocês me proporcionam todos os dias.

A minha esposa Sônia, por ter sido a maior incentivadora desta jornada, com muita paciência, amor, dedicação e por não me permitir desistir. Obrigado por permanecer a meu lado e por se fazer presente em minha vida, simplesmente me apoiando em tudo. Me sinto orgulhoso e privilegiado por ter uma pessoa tão especial a meu lado.

A meu filho Guilherme sempre a meu lado me apoiando, torcendo com muito entusiasmo por mim nesta caminhada e dizendo que as vezes também tenho que parar um pouco para descansar. Meu amor por você é incondicional, nunca se esqueça disso.

A meu grande amigo Luiz Henrique por estar a meu lado na Noite mais Densa e agora no Dia mais Claro, obrigado pelo coração tão bom e gigante que você tem. Sou muito grato por tê-lo em minha vida, sempre sendo meu parceiro durante as grandes aventuras.

A minha orientadora Profa. Dra. Cláudia Aparecida de Mattos, minha gratidão pela oportunidade de realizar este trabalho ao lado de alguém tão sábia e dedicada, meu respeito e admiração pela sua serenidade e direcionamento durante todas as etapas deste trabalho, sempre buscando os melhores caminhos para que o resultado final fosse o melhor possível e que venha o doutorado, seguindo com sua orientação.

Aos membros da banca examinadora, Profa. Dra. Anapatrícia Morales Vilha e Profa. Dra. Fernanda Cristina Vianna que tão gentilmente aceitaram participar da banca de qualificação e da banca de defesa. Agradeço imensamente as contribuições que foram fundamentais para a qualidade final deste trabalho.

Aos meus amigos do grupo de estudo André Monteiro e Luiz Alberto Barberini, muito obrigado pela troca de experiências, aprendizado e por todas as noites e sábados que dedicamos aos estudos. Aos demais colegas de turma o meu muito obrigado.

Ao Centro Universitário FEI pelo acolhimento e por nos ter fornecido as ferramentas necessárias para o bom andamento do curso e para o desenvolvimento da dissertação.

Aos professores da FEI por toda a dedicação, competência e por todo o conhecimento compartilhado, agregando muito para o resultado final deste trabalho. As secretárias e bibliotecárias por toda a paciência e ajuda durante o curso, meu muito obrigado à todos.

Por fim, a todos aqueles que contribuíram, apoiaram e torceram para que eu concluísse essa esta etapa, o meu sincero agradecimento.

“Os únicos limites das nossas realizações de amanhã são as nossas dúvidas e hesitações de hoje.”

Franklin Roosevelt

RESUMO

O planeta caminha em direção crescente para a escassez de seus recursos naturais, assim a economia circular vem recebendo cada vez mais atenção por parte das empresas, sociedades e seus governantes, que buscam novas formas de produção e consumo visando modelos mais sustentáveis e um menor impacto ambiental. Neste contexto as tecnologias digitais como IoT, *Big Data* e *Blockchain* buscam atuar como habilitadoras nesta transição de modelos de economia linear para modelos que utilizem práticas de economia circular, possibilitando o monitoramento, otimização, segurança e rastreabilidade dos processos, produtos e serviços, proporcionando assim uma resposta mais rápida a possíveis barreiras a serem encontradas durante o percurso e para a visualização de oportunidades que possam proporcionar vantagens competitivas. Sendo que neste cenário de transição, os estudos enfatizam que as tecnologias digitais oferecem diversas barreiras e oportunidades no processo de melhoria no desempenho de práticas circulares, assim, ainda existe a lacuna sobre como as tecnologias digitais afetam as práticas circulares e sobre o potencial de mudança que essas tecnologias juntamente a modelos de economia circular podem oferecer para as empresas. Desta forma, o presente estudo tem como objetivo avaliar o papel do uso das tecnologias digitais como IoT, *Big Data* e *Blockchain* na execução das práticas de economia circular e quais mecanismos as empresas estão adotando para integrar as tecnologias digitais no contexto circular. O método de pesquisa consiste em um estudo de caso múltiplo de caráter exploratório com abordagem qualitativa. Os resultados da pesquisa evidenciaram que as tecnologias digitais tem relevância na execução de práticas no contexto de economia circular, onde as tecnologias tiveram relativa importância para o êxito da implementação de práticas circulares nas empresas que fazem parte do estudo. Ocorreram barreiras durante os processos de implementação, onde a grande maioria pode ser contornada através de ações das tecnologias digitais. As oportunidades salientadas pelas empresas, contemplam que a análise de *Big Data* melhorou o desempenho no processamento e gerenciamento dos dados, a IoT adicionou a otimização das práticas e rastreabilidade para as embalagens das empresas, assim, trazendo eficiência para as práticas de reciclagem, recuperação, reutilização e descarte, e o *Blockchain* fornece rastreabilidade, segurança e confiabilidade para a prática implementada. A contribuição teórica da pesquisa está relacionada a inclusão de um construto de tecnologia digital como viabilizador para a implementação de práticas de economia circular, pois, a integração das tecnologias digitais juntamente as práticas

circulares apresentou um diferencial para as organizações que buscavam sua implementação, assim, o desenvolvimento e inclusão de um construto de tecnologias digitais dentro de uma estrutura de economia circular, demonstra-se relevante para apoiar a execução de operações que envolvam práticas circulares. Como contribuição prática, as empresas do estudo compreenderam que a integração com *startups* proporciona benefícios para o desenvolvimento dos projetos, onde além de propostas inovadoras, apresentam as tecnologias digitais como soluções gerenciais para a implementação das práticas de economia circular, visto que a integração com as *startups* teve papel de destaque para o desenvolvimento das áreas de tecnologia, gestão de dados e execução de práticas sustentáveis.

Palavras-chave: Economia Circular. Tecnologias Digitais. Práticas de Economia Circular.

ABSTRACT

The planet is moving towards the increasing scarcity of its natural resources, so the circular economy has been receiving more and more attention from companies, societies and their governments, who seek new forms of production and consumption aiming at more sustainable models and a lower impact. environmental. In this context, digital technologies such as IoT, Big Data and Blockchain seek to act as enablers in this transition from linear economy models to models that use circular economy practices, enabling the monitoring, optimization, security and traceability of processes, products and services, thus providing a faster response to possible barriers to be encountered along the way and for the visualization of opportunities that can provide competitive advantages. Given that in this transition scenario, studies emphasize that digital technologies offer several barriers and opportunities in the process of improving the performance of circular practices, thus, there is still a gap on how digital technologies affect circular practices and on the potential for change. that these technologies together with circular economy models can offer companies. In this way, the present study aims to evaluate the role of the use of digital technologies such as IoT, Big Data and Blockchain in the execution of circular economy practices and what mechanisms companies are adopting to integrate digital technologies in the circular context. The research method consists of an exploratory multiple case study with a qualitative approach. The research results showed that digital technologies are relevant in the execution of practices in the context of a circular economy, where technologies had relative importance for the successful implementation of circular practices in the companies that are part of the study. Barriers occurred during the implementation processes, where the vast majority can be circumvented through actions of digital technologies. The opportunities highlighted by the companies include that Big Data analysis has improved performance in the processing and management of data, IoT has added the optimization of practices and traceability for companies' packaging, thus bringing efficiency to the practices of recycling, recovery, reuse and disposal, and Blockchain provides traceability, security and reliability for the implemented practice. The theoretical contribution of the research is related to the inclusion of a digital technology construct as an enabler for the implementation of circular economy practices, since the integration of digital technologies together with circular practices presented a differential for organizations that sought their implementation, thus, the development and inclusion of a construct of digital technologies within a circular economy framework, proves to be relevant to support the execution of operations that involve circular

practices. As a practical contribution, the companies in the study understood that integration with startups provides benefits for the development of projects, where in addition to innovative proposals, they present digital technologies as managerial solutions for the implementation of circular economy practices, since integration with startups played a prominent role in the development of the areas of technology, data management and implementation of sustainable practices.

Keywords: Circular Economy. Digital Technologies. Circular Economy Practices.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 – Níveis de implementação de práticas de economia circular 20
Figura 1 – Diagrama de sistemas de economia circular 23
Figura 2 – Estrutura ReSOLVE 27
Quadro 2 – Associação das práticas de economia circular com as ações do ReSOLVE..... 30
Quadro 3 – Práticas de circularidade em ordem de prioridade na cadeia produtiva..... 33
Figura 3 – Os 5V's de Big Data 47
Figura 4 – Características do Blockchain 53
Figura 5 – Planejamento e métodos para estudo de caso..... 60
Quadro 4 – Quadro teórico com dimensões e variáveis de pesquisa 62
Quadro 5 – Perfil dos entrevistados..... 66
Figura 6 – Triangulação dos dados..... 67
Quadro 6 – Resumo dos casos..... 72
Quadro 7 – Sumário da apresentação dos resultados..... 73
Quadro 8 – Sumário da análise dos resultados..... 88
Figura 7 – Relatório com codificação das dimensões em formato *Microsoft Word*.....119
Figura 8 – Relatório com codificação das dimensões em formato *Microsoft Excel*.....120
Figura 9 – Cruzamento de dimensão com dados das empresas, startups e secundários.....120

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BD	Big Data
CD	Centro de Distribuição
CEO	Chief Executive Officer
CNI	Confederação Nacional das Indústrias
EC	Economia Circular
EMF	Ellen MacArthur Foundation
GRI	Global Reporting Initiative
IoT	Internet of Things
M2M	Machine to machine
OECD	The Organization for Economic Co-operation and Development
ODS	Objetivo de Desenvolvimento Sustentável
ONG	Organização Não Governamental
ONU	Organização das Nações Unidas
RFID	Radio-Frequency Identification
TBL	Triple Bottom Line
TD	Tecnologias Digitais
TI	Tecnologia da Informação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 16
1.1 OBJETIVO GERAL 17
1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO 18
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 19
2.1 ECONOMIA CIRCULAR 19
2.2 ESTRUTURA ReSOLVE 26
2.3 A EVOLUÇÃO DOS R's DE SUSTENTABILIDADE 30
2.4 TRIPLE BOTTOM LINE 35
2.5 PRÁTICAS DE ECONOMIA CIRCULAR 37
2.6 TECNOLOGIAS DIGITAIS 40
2.6.1 Internet das Coisas 41
2.6.2 Big Data 45
2.6.3 Blockchain 50
2.7 APLICAÇÕES DE TECNOLOGIAS DIGITAIS EM ECONOMIA CIRCULAR 54
2.8 DESAFIOS DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS EM ECONOMIA CIRCULAR 58
3 MÉTODO DE PESQUISA 60
3.1 PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA 60
3.1.1 Quadro Teórico 61
3.1.2 Critérios de seleção das empresas 65
3.1.3 Perfil dos entrevistados 65
3.1.4 Análise dos dados 67
4 APRESENTAÇÃO DOS CASOS 70
4.1 EMPRESA A 70
4.2 EMPRESA B 71
5 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS 73
5.1 DIMENSÃO ECONOMIA CIRCULAR E TRIPLE BOTTOM LINE 74
5.2 DIMENSÃO PRÁTICAS DE ECONOMIA CIRCULAR 76
5.3 DIMENSÃO TECNOLOGIAS DIGITAIS 79
5.4 DIMENSÃO OPORTUNIDADES DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS ATUANDO NO CONTEXTO DE ECONOMIA CIRCULAR 82
5.5 DIMENSÃO BARREIRAS DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS ATUANDO NO CONTEXTO DE ECONOMIA CIRCULAR 84

6 ANÁLISE DOS RESULTADOS 88
6.1 ANÁLISE DA DIMENSÃO ECONOMIA CIRCULAR E TRIPLE BOTTOM LINE 90
6.2 ANÁLISE DA DIMENSÃO DE PRÁTICAS DE ECONOMIA CIRCULAR 91
6.3 ANÁLISE DA DIMENSÃO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS 92
6.4 ANÁLISE DA DIMENSÃO OPORTUNIDADES DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS ATUANDO NO CONTEXTO DE ECONOMIA CIRCULAR 94
6.5 ANÁLISE DA DIMENSÃO BARREIRAS DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS ATUANDO NO CONTEXTO DE ECONOMIA CIRCULAR 96
7 CONCLUSÕES 98
7.1 CONTRIBUIÇÕES TEÓRICAS E PRÁTICAS 100
7.2 LIMITAÇÕES E PESQUISAS FUTURAS 101
REFERÊNCIAS 103
APÊNDICE A – Roteiro de pesquisa 117
APÊNDICE B – Ferramenta de análise de dados 119

1 INTRODUÇÃO

A economia circular [1](EC) vem ganhando cada vez mais espaço entre as empresas, governos e sociedades que buscam alternativas ao modelo de economia linear e consequentemente buscando a redução dos impactos socioambientais de suas operações.

Nesse sentido, a capacidade de produção mundial precisa ser mais eficiente na utilização desses recursos, de modo a reduzir seus impactos socioambientais e garantir níveis de produção e consumo mais sustentáveis (DALÉ; ROLDAN; HANSEN, 2011).

Segundo a CNI – Confederação Nacional das Indústrias (2019) governos de países como China, Japão, Alemanha, Países Baixos, Bélgica, Dinamarca, Finlândia, Espanha, França, Canadá, Estados Unidos, África do Sul e Austrália vem trabalhando na última década suas políticas ambientais para mitigar os impactos ambientais gerados nos níveis micro (consumidores), meso (parques indústrias) e macro (cidades). Os consumidores exigem produtos ecologicamente corretos, levando os fabricantes a integrarem práticas de negócios ecológicas no design do produto (*ecodesign*), na gestão de materiais, nos processos de fabricação, na logística, bem como em alternativas de reprocessamento dos produtos (SEHNEM et al., 2013).

Segundo Pagoropoulos, Pigosso e Mcaloone (2017) o uso de tecnologias digitais (TD) como o IoT, *Big Data* entre outras tem grande relevância para apoiar a transição de economia linear para circular, pois, otimizam os fluxos de materiais e permitem maior eficiência nos fluxos reversos de materiais. A busca em adaptar práticas de IoT junto a modelos de EC podendo vir através de dispositivos inteligentes e conectados que utilizam o sensoriamento como forma de gerar, processar, armazenar e analisar os dados, onde esses resultados servirão para a criação de estratégias e desenvolvimento de processos e produtos amigáveis que tenham as práticas circulares como base. As tecnologias IoT podem gerar grandes quantidades de dados em tempo real automaticamente (BROUS; JANSSEN; HERDER, 2020).

O monitoramento através de TD permite ter uma melhor visão sobre o tempo de vida restante do produto, o status de degradação e os fatores ambientais (REN et al., 2019), que podem ser usados para melhorar as estratégias de *looping* (BRESSANELLI et

[1] A economia circular descreve um sistema econômico baseado em modelos de negócios que substituem o conceito de "fim de vida" pela redução, reutilização, reciclagem e recuperação de materiais nos processos de produção/distribuição e consumo.

al., 2018; Fundação Ellen MacArthur, 2016; SPRING; ARAUJO, 2017).

Embora existam estudos que abordem as oportunidades para o IoT apoiarem estratégias circulares como oferecer suporte para acompanhar e manter registros de produtos em uso e pós-uso, permitir o monitoramento de condições e manutenção preventiva (INGEMARSDOTTER et al., 2020), assim como pesquisas onde as empresas de manufatura devem considerar os interesses, evidente que a Indústria 4.0 tem em sua transição de modelos lineares para modelos circulares, devendo entender e priorizar os interesses e expectativas das partes interessadas, permitindo melhores soluções de inovação socioambientais que apoiem os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (AWAN; SROUFE; SHAHBAZ, 2021).

Segundo Rosa et al. (2020) é apontado que não existe unanimidade sobre com as TD afetam modelos circulares e nem sobre o potencial de mudança que eles oferecem para as empresas. Desta forma, enfatiza-se que as TD oferecem diversas barreiras e oportunidades no processo de melhoria do desempenho circular. Assim Papadopoulos et al. (2021) afirmam que não há trabalhos acadêmicos suficientes ligando as TD à sustentabilidade e poucas pesquisas analisando a relação entre as diferentes TD e práticas de EC (DALENGARE et al., 2018; FETTERMANN et al., 2018; BAG; RETORIUS, 2020).

Pagoropoulos, Pigosso e Mcaloone (2017) afirmam que a intersecção de estudos envolvendo EC e TD ainda é pequena, mas de rápido crescimento, pois, ainda adotam conceitos de outros campos e carece de estudos mais concretos, como a aplicação de modelos de EC e ampliação do uso de tecnologias como IoT, *Big Data* e *Blockchain* nas organizações, observa-se uma lacuna em relação ao melhor entendimento sobre como as TD podem contribuir para a execução das práticas de economia circular. Desta forma, a pesquisa visa responder a seguinte pergunta:

De que forma as empresas podem utilizar as tecnologias digitais para apoiar a execução de práticas circulares? Quais tecnologias digitais estão sendo aplicadas pelas empresas? Quais mecanismos as empresas estão adotando para a integração das tecnologias digitais no contexto da economia circular?

1.1 OBJETIVO GERAL

Partindo da lacuna referente a pesquisa discutida, o estudo tem como objetivo analisar o papel que as tecnologias digitais como IoT, *Big Data* e *Blockchain* tem na

execução das práticas da economia circular e os mecanismos de gerenciamento e integração das tecnologias digitais ao contexto de práticas de economia circular.

1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Para alcançar o objetivo proposto, foram listados alguns objetivos específicos que auxiliaram na obtenção do objetivo geral.

- Analisar as tecnologias digitais e ilustrar seu papel durante a execução de práticas circulares.
- Verificar a integração e gerenciamento das tecnologias digitais na execução de programas circulares.
- Identificar dentro das tecnologias digitais as oportunidades e barreiras que possam estar envolvidas na execução de modelos de economia circular.
- Coletar dados junto às empresas que utilizem tecnologias digitais dentro de modelos de economia circular.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são apresentados conceitos referentes a esta pesquisa, considerando importante a abordagem sobre os seguintes pontos: economia circular, tecnologias digitais como Internet das Coisas (IoT), *Big Data* e *Blockchain*.

2.1 ECONOMIA CIRCULAR

A economia circular é um conceito que tem como proposta a reutilização, reparo, remanufatura e reciclagem de bens, materiais e energia, substituindo o modelo de economia linear onde a produção se baseia em extração, produção, utilização e descarte. Nos últimos anos, diversos países e organizações internacionais vêm adotando princípios da EC como um dos principais componentes de suas agendas de crescimento sustentável (LASKURAIN-ITURBE et al., 2021).

O objetivo principal da EC é transcender o modelo de economia linear atual que se baseia em "extrair, produzir, usar e descartar" para um modelo onde o uso de todos os recursos disponíveis são maximizados (GEISSDOERFER et al., 2018). Na EC os ciclos circulares estão associados a reutilização, restauração e renovação, um conceito que substitui o "fim de vida" dos bens, a EC é vista como elemento chave para a separação dos conceitos entre o crescimento econômico estar associado ao aumento do consumo de recursos.

Conforme Laskurain-Iturbe et al. (2021) a EC é uma mudança de paradigma na forma como os recursos naturais são utilizados. No centro da EC estão os ciclos fechados de materiais, onde são feitos os processos de redução e minimização através de múltiplas fases, entradas como matérias-primas, água, energia e saídas indesejadas geradas pelo sistema como resíduos e emissões (HAUPT; VADENBO; HELLWEG, 2017). Segundo Moriguchi (2007) observou a necessidade de uma abordagem integrada que conectasse a eficiência dos recursos à geração de resíduos e as questões das emissões, destacando que o valor dos produtos, materiais e serviços devem ser mantidos em circulação pelo maior tempo possível por meio dos R's contidos nos princípios de EC.

A economia circular transforma bens que estão no final de sua vida útil em recursos para produção de outros bens, fechando ciclos nos ecossistemas industriais e minimizando o desperdício. Um sistema econômico que minimiza a entrada de recursos, geração de resíduos e emissões, e vazamento de energia do sistema, esperando mitigar os

impactos negativos sem comprometer o crescimento e a prosperidade (GEISSDOERFER et al. 2018). Mudaria a lógica econômica porque substitui a produção pela suficiência: reaproveitar o que pode dos bens, reciclar o que não pode ser reutilizado, consertar o que está quebrado, refabricar o que não pode ser consertado (STAHEL, 2016).

Conforme Kirchherr, Reike e Hekkert (2017), a economia circular é um sistema econômico que se baseia em modelos de negócio que substituem o conceito de "fim de vida" pela redução, mas também tendo como alternativa a reutilização, reciclagem e recuperação de materiais nos processos de produção, distribuição e consumo, com o objetivo de alcançar o desenvolvimento sustentável, o que implica na criação de qualidade ambiental, prosperidade econômica e equidade social, para o benefício das gerações atuais e futuras.

A implementação de práticas de EC devem ocorrer em níveis micro, meso e macro (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016).

Quadro 1 – Níveis de implementação de práticas de economia circular

Nível	Envolvidos	Exemplos de práticas
Micro	Consumidores e empresas individuais	Programas de produção limpa; consumo verde; compras verdes; decompositores, reciclagem e reutilização de produtos; políticas corporativas.
Meso	Parques eco industriais	Sistemas eco industriais e simbiose de distritos e redes industriais; mercado de comércio de resíduos; políticas corporativas entre companhias.
Macro	Cidades, regiões e nações	Eco indústrias regionais, ecocidades e simbiose urbana; consumo colaborativo; programas de "resíduos zero" e sistemas inovadores de gestão de resíduos sólidos urbanos.

Fonte: GHISELLINI, CIALANI e ULGIATI, 2016.

Segundo Ghissellini, Cialani e Ulgiati (2016) a nível micro, a transição para EC implica na adoção de uma produção mais limpa e de *ecodesign* nos produtos. O *ecodesign* leva em consideração todos os impactos ambientais de um produto, desde os estágios do projeto, ele tem o potencial de melhorar a abordagem da EC, pois, favorece a melhoria do uso de materiais e recursos (PRENDEVILLE et al. 2014).

A introdução da produção mais limpa traz benefícios ambientais e econômicos para as empresas, pois, reduz a quantidade de resíduos produzidos e os custos de descarte, assim, a adoção de padrões de produção mais limpos deve ser planejada de forma a equilibrar sua natureza de processo isolado por meio de uma maior integração a outras

estratégias ambientais de uma empresa, de um sistema industrial ou de toda a sociedade (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016).

A implementação de EC em nível meso está ligada à introdução de parques eco industriais, pois, oferecem a oportunidade de melhorias para o desempenho ambiental em áreas industriais (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016). Pesquisas apontam que a simbiose industrial e a melhoria ambiental são realizadas no nível dos parques eco industriais, a adoção de uma perspectiva de ciclo de vida na cadeia de suprimentos da simbiose realizada nos parques eco industriais é importante para a correta avaliação dos desempenhos ambientais, onde devido os mecanismos de mercado a simbiose industrial entre as empresas pode falhar, evidenciando que a viabilidade econômica é um fator decisivo para a adoção de mecanismos de simbiose e obtenção de melhorias ambientais (SHI et al. 2012).

Para Ghissellini, Cialani e Ulgiati (2016) a implementação em nível macro mostra melhorias interessantes nos aspectos de EC, como nas ecocidades japonesas e chinesas, programas de desperdício zero, bem como nos indicadores de EC como índices de resíduos zero e de emissão de poluentes. Para o lado do consumo, o monitoramento de experiências de consumo colaborativo, como por exemplo, o compartilhamento de carro parece sugerir que a qualidade dos padrões de consumo afeta os impactos ambientais. No setor de gestão de resíduos a nível nacional, o caso dos Países Baixos demonstra que é possível alcançar uma alta taxa de reciclagem, ao mesmo tempo que tenta fechar os ciclos de materiais e descartes em aterros.

O foco da EC está em maximizar a circularidade dos recursos e energia dentro dos sistemas de produção, utilizando com base o fato dos recursos naturais serem escassos e que os resíduos no final de vida podem reter algum valor (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016). Conforme a EMF (2015), os ciclos de EC tem com base três princípios, sendo eles, (I) conservação do capital natural, que significa criar um equilíbrio entre o consumo dos recursos renováveis e não renováveis, (II) aumentar o ciclo de vida útil dos recursos por meio de ciclos biológicos e técnicos, onde deve-se aumentar a circularidade dos recursos e da energia utilizados e (III) reduzir os efeitos negativos dos sistemas de produção.

Segundo a OECD - *The Organization for Economic Co-operation and Development* (2018) um modelo de negócio mais sustentável deve auxiliar na transformação dos fluxos de recursos, direcionar para a alteração dos padrões de instalações fabris, transformar a maneira como deve-se consumir e diminuir os efeitos

colaterais da extração de matérias-primas.

A EC é baseada em dois ciclos principais, sendo um ciclo biológico e outro ciclo técnico (EMF, 2015). O ciclo biológico regenera os ecossistemas a partir da redução da extração excessiva de recursos naturais, utilizando materiais renováveis e reaproveitando energia e resíduos orgânicos (DE SOUSA JABBOUR et al., 2018). O ciclo técnico enfatiza a extensão da vida útil de um produto por meio de estratégias circulares que incluem a reutilização, reparo, recondicionamento, remanufatura e reciclagem (ZHAO; ZHU, 2015), onde os ciclos técnicos buscam transformar o que é considerado resíduo em recursos para outros sistemas de produção (BOCKEN et al., 2017).

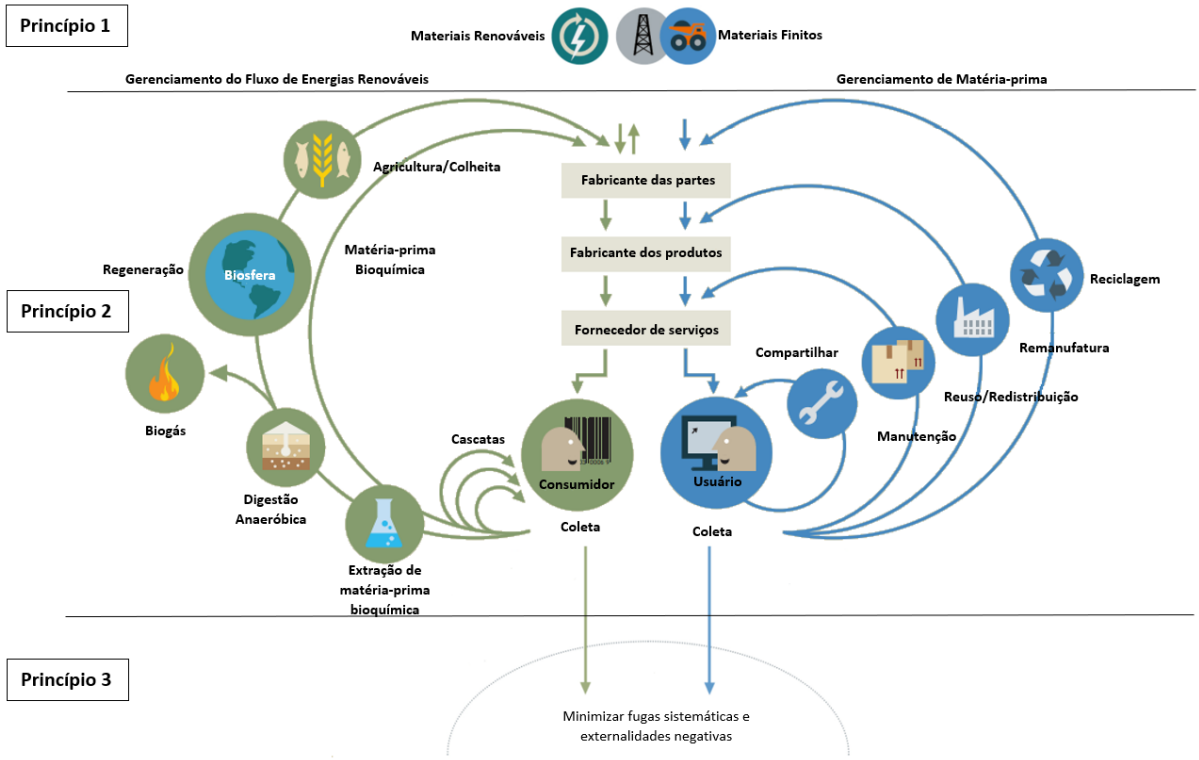
A Fundação Ellen MacArthur (2013) sugere alguns princípios fundamentais que levam a um modelo de negócio baseado em práticas de EC, conforme demonstrado na Figura 1.

Princípio 1: Preservar e aprimorar o capital natural controlando os recursos finitos e equilibrando os fluxos de recursos renováveis. Quando os recursos são necessários, o sistema circular os seleciona com sabedoria e escolhe tecnologias e processos que usam recursos renováveis ou de melhor desempenho, sempre que possível, uma economia circular também aumenta o capital natural, estimulando o fluxo de nutrientes no sistema e criando as condições para a regeneração (EMF, 2015).

Princípio 2: Otimizar os rendimentos de recursos circulando produtos, componentes e materiais com a maior utilidade em todos os ciclos técnicos e biológicos. Isso significa projetar para remanufatura, recondicionamento e reciclagem, desta forma, mantendo componentes e materiais circulando e contribuindo para economia. Os sistemas circulares usam *loops* internos mais justos sempre que possível, preservando assim mais energia, o sistema maximiza o número de ciclos consecutivos, otimizando a reutilização e o compartilhamento aumenta a utilização do produto. Os sistemas circulares encorajam os nutrientes biológicos a reentrarem na biosfera com segurança para a decomposição e tornando-se matéria-prima para um novo ciclo (EMF, 2015).

Princípio 3: Estimular a eficácia do sistema, revelando e antecipando externalidades negativas. Isso inclui a redução de danos em sistemas e áreas como alimentação, mobilidade, abrigo, educação, saúde, entretenimento e gerenciamento de externalidades como o uso da terra, poluição do ar, da água, ruído e liberação de substâncias tóxicas (EMF, 2015).

Figura 1 – Diagrama de sistemas de economia circular



Fonte: Autor “adaptado de” EMF, 2015, p.24

O diagrama de sistemas de economia circular é a representação do ciclo de recursos, onde do lado esquerdo consideram-se os nutrientes (ciclo biológico) que representam os fluxos reversos relacionados aos renováveis e ao aproveitamento em cascatas, já o lado direito está relacionado aos processos industriais e bens duráveis (ciclo técnico) onde podem ser reprocessados continuamente para assim reduzir drasticamente a necessidade de extração de recursos (HOMRICH et al., 2018). Segundo EMF (2015) o ciclo técnico envolve o gerenciamento do estoque de materiais finitos que podem ser recuperados e restaurados.

Conforme Nußholz (2018) o conceito de modelo de negócio circular vem ganhando força como facilitador para empresas que se movem em direção às práticas circulares como prolongar a vida útil dos produtos através de ciclos sucessivos de reciclagem, reutilização, reparo, remanufatura e fechamento de loops dos materiais e componentes dos produtos.

Segundo a OECD (2018) encontramos cinco modelos de negócio que auxiliam de forma eficiente na transição de um modelo de economia linear para um modelo de economia circular:

a) Modelos de suprimento circular, onde são substituídos os insumos de materiais

tradicionais que são derivados de recursos virgens por materiais de base biológica, renováveis ou recuperados.

b) Modelos de recuperação de recursos, onde é feita a reciclagem de matérias-primas secundárias, assim encontrando uma finalidade para os resíduos dos processos e impactando na extração e processamento de recursos naturais.

c) Modelos de extensão de vida útil, onde buscasse prolongar o período de uso dos produtos existentes, assim reduzindo o fluxo de materiais, a extração de recursos, o desperdício energético e a geração de resíduos.

d) Modelos de compartilhamento, facilitam o compartilhamento de produtos subutilizados e podem reduzir a demanda por novos produtos e seus componentes e matérias-primas incorporadas.

e) Modelos de sistema de serviços de produtos, são modelos onde os serviços são comercializados atrelados a produtos ou mesmo no lugar dos produtos, melhoram os incentivos para o eco design dos produtos e o uso mais eficiente dos produtos, assim promovendo um uso mais consciente dos recursos naturais.

Os conceitos de economia circular e sustentabilidade vem ganhando cada vez mais força entre os acadêmicos, corporações e governos, os impactos ambientais vem aumentando gradativamente a pressão sobre as empresas para terem modelos mais sustentáveis e com menor impacto junto ao meio ambiente. O tema economia circular tem se tornado cada vez mais relevante, principalmente na Europa, por este motivo tem-se a expectativa que promova crescimento econômico através da criação de novas empresas e consequentemente novas oportunidades de emprego, economizando com custo de materiais, amortecendo o preço da volatilidade, melhorando a segurança do fornecimento e ao mesmo tempo reduzindo as pressões e impactos (KALMYKOVA; SADAGOPAN; ROSADO, 2018).

O conceito de economia circular está recebendo cada vez mais atenção em áreas como gestão estratégica, gestão de operações e gestão de tecnologia. Este conceito, exige que as empresas projetem seus modelos de negócios (rede de valor, os relacionamentos com os parceiros da cadeia de suprimentos e as propostas de valor para os clientes) em torno de um novo conceito de desenvolvimento sustentável que reduz o consumo de recursos naturais e preserva o meio ambiente (CENTOBELLI et al., 2020). A implementação eficaz das estratégias da economia circular em vários negócios e regiões tem o potencial de fornecer benefícios econômicos, ambientais e sociais.

Segundo Hidalgo-Carvajal, Carrasco-Gallego e Morales-Alonso (2021) o

conceito de economia circular está ligado a uma estrutura integrativa que compreende uma variedade de abordagens e disciplinas desenvolvidas ao longo dos últimos 30 anos em torno da ideia de criar um modelo de produção-distribuição-consumo que seja regenerativo e restaurador por design, embora o discurso acadêmico tenha lidado com reparos, reutilização e renovação por décadas, foi somente com o advento da digitalização que a mudança da mentalidade centrada no produto para um modelo orientado para o serviço se tornou possível.

Conforme Iyer-Raniga (2019) o modelo de EC é caracterizado por abordagens de ciclos fechados, eficiência/produtividade de recursos, eficiência de recursos vs. eficácia de recursos e otimização de bens/ativos. A EC apoia a construção ou o aumento do valor da gestão e ativos, assim apoiando a longevidade e durabilidade que requer um design criado especialmente para suportar essa longevidade e adaptabilidade, fazendo assim que o valor da vida útil seja mantido. Do ponto de vista das emissões, a redução na demanda diminui os recursos incorporados como energia e água, reduzindo as emissões associadas aos gases de efeito estufa e as emissões relacionadas.

Segundo Balkenende, Bocken e Bakker (2017), para a implementação eficaz de estratégias circulares requer não apenas inovação no design dos produtos, mas também foco nos modelos de negócio que devem incentivar as organizações a manterem seus materiais e produtos com o maior valor pelo máximo de tempo possível, assim garantindo o mínimo de impacto ambiental.

Pesquisas demonstram que modelos de negócios circulares e sustentáveis voltados para propostas de valor orientadas para serviços tem grande potencial de separar o lucro dos volumes de produção e desta forma, reduzirem o uso destes recursos (BOCKEN et al., 2017). Os benefícios econômicos podem ser quantificados em termos de otimização de materiais e eficiência energética. O redesenho de processos e operações no sistema industrial traz benefícios ambientais e sociais em termos de novas oportunidades de emprego e alocação uniforme de recursos (BALKENENDE; BOCKEN; BAKKER, 2017).

O paradigma da EC promove o repensar e redesenhar o processo de fabricação, utilização e padrão de descarte de produtos e serviços em uma economia. Nos últimos anos, a economia circular ganhou um grande impulso em termos de pesquisa e implementação. Além do horizonte de expansão da EC em todo o mundo, vários profissionais, políticos e acadêmicos exploraram o escopo para incorporar vários setores de indústrias e negócios dentro do modelo circulares (MHATRE et al., 2021).

Segundo Esmaeilian et al. (2020) na EC existem vários direcionadores de valor que são utilizados para potencializar as práticas em modelos circulares como (1) estender o ciclo de uso de um ativo, (2) melhorar a utilização de ativos por meio de compartilhamento ou produtividade de recursos, (3) *looping* e cascateamento de ativos por meio de reutilização, remanufatura, reciclagem ou mudança para uso secundário e (4) regeneração e preservação dos recursos naturais, devolvendo os elementos biológicos ao seu ecossistema original e evitando o vazamento de nutrientes entre os sistemas, assim a estrutura ReSOLVE tem grande destaque na introdução e implementação destes direcionadores de valor.

Nos últimos anos, o tema sobre EC está sendo amplamente explorado como um caminho possível para aumentar a sustentabilidade do sistema econômico. Reutilização, reparo e reciclagem estão se tornando atividades cruciais em muitos setores. Ao mesmo tempo, as empresas estão mostrando interesse crescente por esse novo modelo econômico. No entanto, ainda temos uma lacuna muito grande de pesquisas profundas sobre avaliação e indicadores de EC, especialmente no nível micro (ELIA; GNONI; TORNESE, 2017).

As práticas de EC surgiram como um princípio de transformação, onde as empresas tornaram-se responsáveis não só pela manufatura dos bens, mas também por todo o ciclo de vida do produto, especialmente pela coleta e disposição dos produtos no fim de vida (CAO; ZHANG, 2018). Os benefícios para as empresas que utilizam práticas circulares podem incluir, benefícios econômicos que afetam o design de produtos, a gestão dos materiais e consequentemente aumentando a vantagem competitiva da empresa, os benefícios ambientais estão ligados a redução do impacto ambiental da geração de resíduos líquidos, sólidos e gasosos, e os benefícios sociais são associados a melhora na relação entre a empresa e comunidades (REN, 2019).

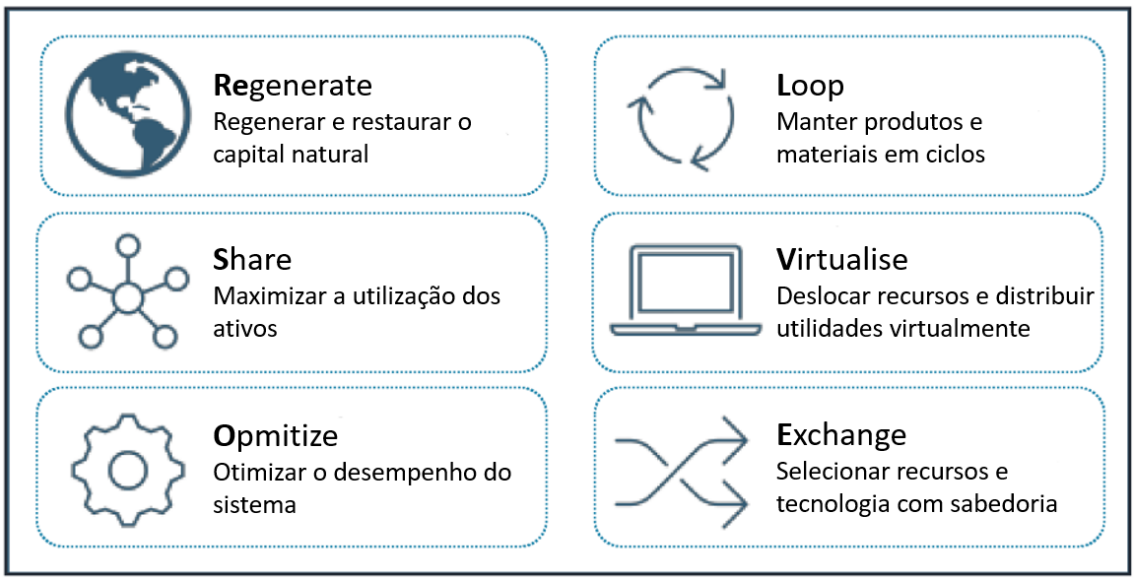
2.2 ESTRUTURA ReSOLVE

Várias estruturas e novas práticas foram desenvolvidas para auxiliar as organizações na implementação de produtos e processos ciculares, onde uma das estruturas mais utilizadas é a ReSOLVE (DE SOUSA JABBOUR et al. 2019). A estrutura ReSOLVE organiza os princípios da circularidade e os aplica por meio de suas seis ações fundamentais (EMF, 2015).

A Fundação Ellen MacArthur é uma instituição de caridade global, líder em

estabelecer a posição da EC na agenda de governos, empresas e academias (EMF, 2015). Conforme De Sousa Jabbour et al. (2018) foi proposta pela Fundação Ellen MacArthur a estrutura *Regenerate*, *Share*, *Optimize*, *Loop*, *Virtualise* e *Exchange* (ReSOLVE), como um importante guia de seis ações de negócios para orientar e gerar grandes oportunidades para as organizações através da implementação das práticas de economia circular:

Figura 2 - Estrutura ReSOLVE



Fonte: Autor "adaptado de" CAGNO, NERI, NEGRI, BASSANI e LAMPERTICO (2021), p. 3.

- Regenerar (*Regenerate*) baseia-se em uma mudança para energias e materiais renováveis, os ciclos biológicos são usados para permitir a circulação de energia e materiais. A ação de regenerar pode se beneficiar das TD através da aplicação de IoT na forma de sensores para coleta de dados e da análise de *Big Data* para a elaboração dos dados coletados (DE SOUSA JABBOUR et al., 2018). O impacto positivo da IoT na extensão da vida útil do produto, pode ser destacado por conta do monitoramento, controle e otimização, permitindo suporte adicional e valor aos clientes (INGEMARSDOTTER et al., 2019).

A análise de *Big Data* se faz necessária para um melhor processamento, elaboração e utilização da massa de dados gerada pelos dispositivos IoT e assim facilitando o processo de tomada de decisão (ALCAYA; WIENER; HANSEN, 2019). Durante a fase de assimetria de informações e utilização o *Blockchain* pode suportar a transferência para diferentes clientes, permitindo também a rastreabilidade do produto, a aquisição e verificação dos dados relacionados (LU; XU, 2017).

- Compartilhar (*Share*) é uma perspectiva de economia compartilhada, onde os bens e

ativos são compartilhados entre os indivíduos, como consequência, os produtos devem ser projetados para durar mais e a manutenção deve estar disponível para permitir a reutilização. A IoT permite o monitoramento e rastreamento do uso e condições dos produtos, desta forma, possibilitando um maior acompanhamento sobre a condição do produto e as decisões relacionadas a reutilização, permitindo assim uma melhor cooperação entre as camadas da cadeia de valor (INGEMARSDOTTER et al., 2019). Com a disponibilidade de uma grande quantidade de dados coletados, o *Big Data* e *Blockchain* se tornam de fundamental importância para gerenciar todas as fases complexas do compartilhamento e segurança (RIESENER et al., 2019).

- Otimizar (*Optimize*) uma estratégia focada na tecnologia, esse modelo requer que as organizações utilizem TD como sensores, automação, identificação por radiofrequência (RFID), *Big Data* e direcionamento remoto para reduzir o desperdício nos sistemas de produção nas cadeias de suprimentos. As organizações podem se beneficiar com um aumento de desempenho, através de um processo de manutenção preditiva com base em dados em tempo real relatados pelos equipamentos (EMF, 2016). Um papel fundamental é exercido pela IoT, pois, através do monitoramento, controle e otimização, permitem a identificação de desperdícios de recursos em tempo real, a IoT permite a avaliação em tempo real do valor dos produtos ao longo das camadas (GARCIA-MUÑIA et al., 2019).

A coleta e análise de dados por *Big Data* pode receber um aditivo com a utilização do *Blockchain* onde o uso da tecnologia é sugerido para o compartilhamento de informações do produto entre diferentes partes interessadas, ao mesmo tempo que facilita as atividades que envolvam papel e a verificação do status dos produtos ao longo da cadeia (ESMAEILIAN et al., 2020). A transparência e segurança durante a troca de dados e qualquer tipo de transação digital podem ser garantidas com a utilização do *Blockchain*, através de uma visão mais ampla, a utilização do *Blockchain* poderia apoiar as cadeias tornando suas práticas mais transparentes, seguras e corretas para os envolvidos (REHMAN KHAN et al., 2021).

- Loop (*Loop*) baseia-se nos ciclos biológicos e técnicos, onde os ciclos biológicos são importantes para recuperar o valor dos resíduos orgânicos e os ciclos técnicos podem restaurar o valor dos produtos e embalagens pós-consumo por meio de reparos, reutilização, remanufatura e reciclagem (LOOMBA; NAKASHIMA, 2012). O processo de remanufatura requer diversos dados relacionados ao produto, como o estado, histórico de manutenção, desmontagem e remontagem, desta forma, o uso do IoT via sensores tem grande utilidade para rastrear o histórico do produto por meio do monitoramento em

tempo real, trazendo efeitos positivos nos diferentes processos organizacionais (ALCAYA et al., 2019).

Aspecto relacionado a adoção da IoT está ligado ao processo de reciclagem, pois, proporciona benefícios em termos de monitoramento e rastreamento, habilitando assim o *looping* (INGEMARSDOTTER et al., 2019) e a *Big Data* é fundamental para gerenciar os dados gerados e tratados, permitindo assim uma maior integração entre os parceiros da cadeia de valor (DE MARCHI; DI MARIA, 2020).

- Virtualizar (*Virtualise*) uma estratégia focada no serviço que substitui produtos físicos por virtuais e desmaterializados. Sugere-se a necessidade de ser capaz de coletar dados para monitorar e avaliar as condições de um produto utilizando IoT e complementando com *Cloud* (ALCAYA et al., 2019) e valendo-se da análise de *Big Data* para processar a massa de dados gerada (BIANCHINI et al., 2018). A área de ação pode ser apoiada pela IoT, pois, pode-se fomentar o relacionamento e a comunicação entre as organizações, fornecedores e clientes (DEV; SHANKAR; QAISER, 2020).

- Trocar (*Exchange*) envolve a substituição de bens antigos e não renováveis por bens avançados e renováveis. Keilhacker e Minner (2017) demonstram que por meio de um modelo de dinâmica de sistema, que a substituição tem potencial significativo na cadeia de suprimentos. As oportunidades podem ser encontradas em diferentes níveis, como a otimização na utilização dos recursos, o engajamento em modelos de negócios que possam ser viabilizados pelo desenvolvimento de software, o compartilhamento de informações em nível de rede, a criação de infraestruturas de suporte ao rastreamento e monitoramento (CAGNO et al., 2021), ao mesmo tempo que promove uma produção mais limpa, com menor impacto ao meio ambiente, estando diretamente alinhada com práticas de EC (RAJPUT; SINGH, 2020).

Segundo De Sousa Jabbour et al. (2018) existe uma tendência no emprego de TD para o uso otimizado dos recursos com benefícios econômicos e ambientais. O uso de tecnologias como IoT, *Big Data* e *Blockchain* promovem a confiabilidade dos processos, devido a planos e cronogramas de produção precisos que promovem a minimização dos desperdícios (GE e JACKSON, 2014). A análise de *Big Data* é uma tecnologia que pode ajudar os designers a projetarem produtos inteligentes e assim permitindo a melhoria contínua dos ciclos de vida dos produtos (DE SOUSA JABBOUR et al. 2019).

As tecnologias podem atuar como facilitadoras para a reutilização de resíduos e subprodutos nas cadeias de suprimentos, bem como o design de produtos inteligentes que podem ser rastreados para facilitar a coleta pós-consumo (DE SOUSA JABBOUR et al.

2019). As TD atuando em conjunto com os modelos circulares ampliam a escala de recuperação por meio de um maior controle e coordenação, assim o produto é projetado para reduzir o uso de recursos e incentivar a reutilização e reciclagem tanto dentro da organização quanto em seus parceiros da cadeia de suprimentos (MENDOZA et al. 2017).

Quadro 2 - Associação das práticas de Economia Circular com as ações do ReSOLVE

MODELOS DE NEGÓCIOS CIRCULARES	
Áreas de atuação do ReSOLVE	**Práticas de Economia Circular**
Regenerar	Gerenciar o ciclo de vida
Compartilhar	Reutilizar
Otimizar	Eficiência com os recursos Gestão da cadeia de suprimentos
Loop	Desmontagem Remanufatura Reciclagem
Virtualizar	Serviços inteligentes
Trocar	Transformação digital

Fonte: Autor “adaptado de” CAGNO, NERI, NEGRI, BASSANI e LAMPERTICO (2021), p. 3.

Conforme De Sousa Jabbour et al. (2019) destacam que as TD tem grande aderência junto a estrutura ReSOLVE, onde essas tecnologias tem relevância na aplicação e desenvolvimento das áreas que constituem a estrutura ReSOLVE, foi identificado que as TD auxiliam nos processos de design, gestão de operações, logística e cadeia de suprimentos, contribuindo para o desenvolvimento das habilidades necessárias para atender às demandas e apoiar cada modelo de EC proposto na estrutura ReSOLVE.

2.3 A EVOLUÇÃO DOS R’s DE SUSTENTABILIDADE

A Organização das Nações Unidas (ONU), realizou em 1992 na cidade do Rio de Janeiro, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD) também conhecida como Rio-92 ou Eco-92, tendo como seu resultado mais importante a Agenda 21, onde 166 países participantes acordaram e assinaram um tratado que tem por princípio ser um instrumento de planejamento para a construção de sociedades através de um modelo com o uso sustentável dos recursos naturais e a preservação da biodiversidade, garantindo a qualidade de vida das gerações futuras, por meio da educação e da formação profissional (SERRÃO; ALMEIDA; CARESTIATO,

2020).

Com base neste tratado surgiu o princípio dos 3R's sendo um novo conceito relacionado ao processamento de descartes de resíduos que consiste na prática de reduzir, reutilizar e reciclar os descartes gerados pelo processo de produção e consumo dos bens (HESHMATI, 2017).

A prática de reduzir visa a diminuição na geração de resíduos e consequentemente o desperdício em menor escala na utilização de matéria-prima e no consumo energético nas fontes geradoras. A redução deve englobar a diminuição na utilização de produtos e recursos como água, energia e combustíveis, sendo essas práticas que impactam positivamente a economia e refletindo no impacto ambiental com a diminuição na geração de descartes e na emissão de poluentes (WU; SHIA; XIAA, 2014). Manter os consumidores informados adequadamente, auxilia ao modo que a transparência se torne essencial quanto a produção (TUKKER, 2015), pois, a inserção dos consumidores na cadeia causa implicações favoráveis para a produção, venda de produtos e serviços mais sustentáveis (SU et al. 2013).

O ato de reutilizar consiste em dar uma nova função para tudo que possa ser reutilizado, desta forma, oferecendo um novo propósito para produtos que seriam descartados. Essa prática auxilia na diminuição de quantidade de matéria-prima, água e energia que seriam utilizados para a fabricação de novos produtos, assim reduzindo de forma considerável os descartes de bens e materiais (BANAITE, 2016). A prática de reutilizar produtos ou componentes com a mesma finalidade para o qual foram concebidas (CASTELLANI; SALA; MIRABELLA, 2015), trazem diversos benefícios em relação à economia de energia, na extração de recursos e no tratamento de resíduos a serem incinerados ou enviados pata aterros (BIRAT, 2015).

A prática de reciclar seria a última etapa dos 3R's, pois, quando um objeto não é mais passível de reutilização, a reciclagem se torna a melhor decisão de descarte a ser tomada. Está etapa ocorre quando um objeto passa por algum tipo de tratamento ou transformação, onde os resíduos descartados são processados e transformados em novos produtos ou matéria-prima para uma nova reentrada na cadeia de consumo, sendo papel, alumínio e vidro, os materiais mais comuns a entrarem na cadeia de reciclagem. Desta forma, evitando a necessidade da extração de recursos naturais para a produção de determinados produtos que podem utilizar material reciclado para sua confecção (USAPEIN; CHAVALPARIT, 2014).

As tendências atuais sobre reciclagem, indicam que as TD devem ser integradas

às práticas de EC para estabelecer um modelo de negócio que reaproveite e recicle materiais residuais, como o lixo eletrônico (GIL LAMATA; LATORRE MARTÍNEZ, 2022). A sustentabilidade empresarial se beneficia quando os resíduos são reintroduzidos na cadeia de suprimentos para a fabricação de produtos, no entanto, a reciclagem deve ser considerada complementar à EC (NASCIMENTO et al., 2019).

A evolução natural dos 3R's veio com a inclusão do quarto R que é constituído pelo repensar, onde o mesmo reforça a importância da análise e revisão de valores e tomada de decisões que foram feitas anteriormente, para assim poder refletir antecipadamente a uma decisão que está prestes a ser tomada e buscar a melhor resolução ou alterá-la se julgar necessário para evitar que os processos e produtos tenham o menor impactos socioambientais possíveis (POTTING et al., 2017).

O quinto R está ligado ao ato de recusar, que consiste na etapa de não aceitar processos, produtos ou tratamentos de resíduos que tenham significativo impacto ambiental e evitar o consumo exagerado e desnecessário (KIRCHHERR et al., 2017). O ato de recusar incentiva as empresas e seus fornecedores a buscarem novas tecnologias e processos, tornando-os menos agressivos a natureza e assim atenderem as demandas de clientes cada vez mais exigentes quanto a questões sociais e ambientais.

A incorporação de recuperar, onde englobam as ações para estender a vida útil dos bens e seus componentes, essas ações são a partir de reparar, (consertando ou mantendo produtos defeituosos), onde o custo se torna muito inferior a compra de um produto novo, recondicionar (restaurar produtos antigos e atualizá-los), remanufaturar (utilizar componentes no mesmo tipo de produto) e reutilizar componentes, usando componentes ou produtos descartados em outros tipos de produtos (HAUPT et al., 2017).

A remanufatura é o processo que vem da coleta dos produtos usados e sua recuperação, tornando-o um produto novo através de reparo, substituição e redimensionamento de componentes gerando assim economia de recursos e no gasto de energia, beneficiando o meio ambiente e agregando valor ambiental, econômico e social (WEI et al., 2015). Uma forma de aplicação da EC é através da remanufatura, permitindo a fabricação sustentável, pois, o valor residual está na reutilização de produtos antigos, onde, custos de insumos materiais, energia e a extensão do ciclo de vida do produto são reduzidos (GIL LAMATA; LATORRE MARTÍNEZ, 2022).

O modelo dos 9R's proposto por Potting et al. (2017) onde constam com os R's de recusar, repensar, reduzir, reutilizar, reparar, renovar, remanufaturar, reaproveitar, reciclar e recuperar estão dentro de uma estratégia de circularidade para reduzir o

consumo de recursos naturais, materiais e minimizar a produção de resíduos (Quadro 3).

A fabricação e o uso mais inteligentes dos produtos, como o compartilhamento de produtos, são geralmente preferidos em vez de estender a vida útil desses produtos, assim o produto é usado para a função de produto ou por mais usuários tendo suas necessidades atendidas por este mesmo produto (estratégia de alta circularidade). A extensão da vida útil é a próxima ação e sendo seguida pela reciclagem de materiais por meio da recuperação, a incineração na qual a energia é recuperada tem a prioridade mais baixa em uma economia circular, pois, significa que os materiais não estão mais disponíveis para serem aplicados em outros processos ou produtos (estratégia de baixa circularidade), tendo como regra geral, quanto maior a circularidade do processo, mais benefícios serão agregados ao meio ambiente (POTTING et al., 2017).

O maior nível de circularidade dos materiais em uma cadeia produtiva significa que esses materiais permanecem circulando na cadeia por um período mais longo e assim podem ser aplicados novamente após o descarte de um produto e no reprocessamento busca-se manter a qualidade do original, mas existem exceções a essas regras, como tornar uma cadeia de produtos mais circular pode levar ao aumento do consumo de recursos naturais, geralmente na forma de combustíveis fósseis (POTTING et al., 2017).

Quadro 3 – Práticas de circularidade em ordem de prioridade na cadeia produtiva

Nível de Circularidade	Práticas	Ações
Uso e fabricação mais inteligentes dos produtos	R0: Recusar	Tornar o produto redundante, abandonando sua função ou oferecendo a mesma função com um produto radicalmente diferente.
	R1: Repensar	Tornar o uso do produto mais intensivo (por exemplo, compartilhando o produto ou colocando produtos multifuncionais no mercado).
	R2: Reduzir	Aumentar a eficiência na fabricação ou uso do produto consumindo menos recursos naturais e materiais.
Prolongar a vida útil do produto e de suas peças	R3: Reutilizar	Reutilização por outro consumidor de produto descartado que ainda se encontra em bom estado e cumpre sua função.
	R4: Reparar	Reparo e manutenção do produto com defeito para que possa ser usado com sua função original.

Continua

Conclusão

Prolongar a vida útil do produto e de suas peças	R5: Renovar	Restaurar um produto antigo e atualizá-lo.
	R6: Remanufaturar	Use partes do produto descartado em um novo produto com a mesma função.
	R:7 Reaproveitar	Usar o produto descartado ou suas peças em um novo produto com uma função diferente.
Aplicação útil de materiais	R8: Reciclar	Processar os materiais para obter a mesma (alto grau) ou qualidade inferior (baixo grau).
	R9: Recuperar	Incineração de materiais com recuperação de energia.

Fonte: Autor "adaptado de" POTTING, HEKKERT, WORRELL e HANEMAAIJER (2017), p. 5.

Os R's de sustentabilidade continuam em plena evolução com a inclusão por diversos autores e organizações de novas práticas, onde os princípios dos R's tendem cada vez mais terem participação dentro das sociedades, organizações e governos, visando buscar a harmonia entre o desenvolvimento econômico e a utilização dos recursos naturais de forma consciente, equilibrada e sustentável.

A EC parece incorporar a utilização e algumas práticas que estão implícitas no conceito de sustentabilidade, desta forma, uma grande parcela dos estudiosos aceita a estreita relação existente entre ambos os conceitos (GEISSDOERFER et al. 2017). No entanto, o papel da EC no quadro da sustentabilidade ainda não está claro (SUÁREZ-EIROA et al. 2019).

Conforme Sauvé, Bernard e Sloan (2016) alguns especialistas percebem a sustentabilidade como um conjunto de iniciativas que foram implementadas dentro de um pensamento linear, enquanto a EC oferece uma solução onde a sustentabilidade não consegue ser eficiente. Por outro lado, uma quantidade considerável de autores apresenta a sustentabilidade e a EC como conceitos coerentes até interdependentes, ou seja, a EC torna-se uma ferramenta para a implementação da sustentabilidade (GEISSDOERFER et al. 2017).

Posteriormente Geissdoerfer et al. (2017) estendeu a revisão de Sauvé, Bernard e Sloan (2016), onde sustentou uma clara relação entre ambos os conceitos em torno de três diferentes conexões possíveis: (a) a EC é necessária para a sustentabilidade, (b) a EC é benéfica para a sustentabilidade e (c) a EC e a sustentabilidade têm uma relação compensatória. Os autores concluíram que existe uma relação estreita entre a EC e sustentabilidade e a EC é ao menos benéfica para alcançar o desenvolvimento sustentável almejado pelos envolvidos.

Além disso, Genovese et al. (2017) defendem que é necessário um movimento de *bottom-up* em direção ao desenvolvimento sustentável e Bonciu (2014) sugeriu que a sustentabilidade aborde os problemas atuais, não suas causas, sendo esta uma prática que a EC já faz. Em outras palavras, a sustentabilidade estabelece metas a serem alcançadas para solucionar os problemas e suas consequências, enquanto a EC é uma ferramenta para abordar algumas das causas desses problemas (SUÁREZ-EIROA et al. 2019).

Segundo Suárez-Eiroa et al. (2019), um dos temas atualmente em debate está centrado nas dimensões da sustentabilidade que são efetivamente contempladas pela EC. Neste sentido Sauvé, Bernard e Sloan (2016) demonstram que uma grande parcela da literatura cientifica sustenta que a EC tem metas econômicas e ambientais, mas não metas sociais. Mas em contrapartida Murray, Skene e Haynes (2017) e Kirchherr, Reike e Hekkert (2017) sugerem a introdução da dimensão social no paradigma da EC. Para Birat (2015) se a EC for estendida como uma ferramenta para atingir as metas de sustentabilidade, a transferência de certas responsabilidades de metas sociais é inevitável e o alcance destas metas sociais resulta no atingimento de objetivos ambientais e econômicos.

2.4 TRIPLE BOTTOM LINE

O termo *Triple Bottom Line* (TBL) foi sugerido por John Elkington em 1994, após estudos para conseguir medir o grau em que uma organização está sendo sustentável ou buscando o crescimento sustentável (HENRIQUES; RICHARDSON, 2004). O conceito de TBL é de uma estrutura contábil que incorpora três dimensões de desempenho (social, ambiental e financeira), o TBL exige que as empresas não considerem apenas o valor econômico que podem agregar com lucro ou perdas, mas também levem em consideração os efeitos sobre as questões ambientais e sociais (GRAY; MILNE, 2004).

O *Global Reporting Initiative* (GRI) é um modelo de relatório de sustentabilidade amplamente aceito, onde está estabelecido um conjunto abrangente de diretrizes que cobrem toda a base social, ambiental e financeira proposta pelo TBL (MONAGHAN, 2004).

Segundo Slaper e Hall (2011), as variáveis econômicas lidam com os resultados financeiros e fluxo de dinheiro, onde são examinados as receitas, despesas, impostos, fatores de negócios, empregos e fatores de diversidade de negócios. As variáveis ambientais devem representar a medição dos recursos naturais e medir as influências

potenciais para sua visibilidade, onde são incorporadas as medições de qualidade do ar e água, consumo de energia, recursos naturais, resíduos sólidos, resíduos tóxicos e o uso/cobertura do solo. Por fim as variáveis sociais retratam as dimensões sociais de uma comunidade ou região e podem incluir medidas de educação, equidade e acesso a recursos sociais, saúde e bem-estar, qualidade de vida e capital social.

Conforme Hawken, Lovins, A. e Lovins, H. (1999), acreditam existir quatro tipos diferentes de capital, sendo o capital natural que engloba recursos naturais, sistemas vivos e ecossistemas, o capital manufatureiro onde se encaixam a infraestrutura, máquinas, ferramentas e estruturas fabris, o capital financeiro incorpora o dinheiro, investimentos e instrumentos monetários e por último o capital humano com trabalho, inteligência, cultura e organização. As empresas devem avaliar seus custos para manter o equilíbrio entre os capitais.

O princípio da sustentabilidade nas empresas, aparece frequentemente na formada do TBL, que consiste na busca da continuidade no mercado e no crescimento da organização a partir da sua viabilidade econômica, além da coexistência harmônica com o meio ambiente e sociedade (BENITES; POLO, 2013). A sustentabilidade se converte em um princípio fundamental da gestão inteligente que dificilmente deve ser ignorado (SAVITZ; WEBER, 2006).

De acordo com Benites e Polo (2013) a introdução do conceito de TBL em uma empresa exige mudanças da cultura da organização, não se restringe apenas a criar políticas e processos, a medida do sucesso da introdução de responsabilidade social, econômico e ambiental, a empresa muda sua forma de atuar e tomar decisões, assim mudando sua contribuição e sua relação com o mercado e a sociedade no qual está inserido.

Segundo Elkington (2018) o TBL é uma estrutura de sustentabilidade que tem como foco o meio ambiente, o social e o impacto econômico, sendo que desde a década de 1990, o setor de sustentabilidade vem crescendo rapidamente e assim atingindo receitas anuais globais por volta de US$ 1 bilhão, as metas de desenvolvimento sustentável da ONU preveem a geração de oportunidades nos mercado sustentáveis que movimentem mais de US$ 12 trilhões por ano até 2030, considerando essas estimativas como conservadoras.

Para Muduli et al. (2012), o TBL passa a ter grande importância no contexto das organizações, pois, além de obter sucesso nos pilares econômico e financeiro, as organizações também necessitam performar no pilar com a função social, ética e

ambiental. A seleção dos fornecedores também desempenha um papel importante na gestão da cadeia de suprimentos, pois, tradicionalmente as empresas consideram critérios como preço, qualidade, agilidade e flexibilidade para avaliar os serviços prestados pelo fornecedor.

Mas, atualmente, os fatores de sustentabilidade desempenham um papel importante no sucesso de uma cadeia de suprimentos e do processo de compra (MUDULI et al., 2012). Com a sustentabilidade ganhando cada vez mais visibilidade, as organizações perceberam que suas ações socioambientais perante a sociedade podem ter resultados positivos a ponto de alavancar suas vendas ou resultados negativos a ponto de marcar a empresa.

2.5 PRÁTICAS DE ECONOMIA CIRCULAR

Segundo o conceito de EC desenvolvido pela Agência Europeia do Meio Ambiente (EEA, 2016), as práticas de EC podem ser aplicadas a todos os tipos de recursos naturais, incluindo materiais bióticos e abióticos, água e terra, além de ter sua aplicação em *ecodesign*, reparo, reutilização, recondicionamento, remanufatura, compartilhamento de produtos, prevenção de resíduos e reciclagem de resíduos, sendo todos as práticas importantes em um modelo de EC.

A EC pode ser definida por meio de ações e práticas específicas como *ecodesign*, reutilização, renovação, remanufatura (NASR; THURSTON, 2006), reparo, compartilhamento de produtos e simbiose industrial (CHERTOW; EHRENFELD, 2012), existem sobreposições conceituais entre as diferentes práticas, princípios ou conceitos de EC, com o envolvimento de outras abordagens como produção limpa e ecologia industrial (SCHROEDER; ANGGRAENI; WEBER, 2019). Em um contexto mais amplo, as práticas de EC podem ser consideradas como elementos importantes para a transformação de sistemas de consumo e produção sustentável (UNEP, 2012).

A aplicação de práticas de EC auxiliam na maximização da utilização de matéria-prima e na eficiência energética, criando valor a partir dos resíduos ou aplicando os princípios da biomimética para tornar recursos não renováveis em renováveis (SCHROEDER; ANGGRAENI; WEBER, 2019). As práticas de EC podem trazer benefícios importantes no que se refere a economia de custos, criação de empregos, inovação, produtividade e eficiência de recursos em países desenvolvidos e países em desenvolvimento para a solução de questões urgentes com saúde e saneamento (EMF,

2015; GOWER; SCHROEDER, 2016).

A magnitude destes benefícios pode ser alta, a Fundação Ellen MacArthur estima que até 2030 uma mudança em direção a práticas de EC pode ocasionar uma redução com os gastos líquidos de recursos na União Europeia de € 600 bilhões anuais, melhorar a produtividade dos recursos em até 3% anual e gerar uma economia anual entorno de € 1,8 trilhão (EMF, 2015).

De acordo com *Ecofys and Circular Economy* (2016) em termos de benefícios ambientais, as práticas de EC auxiliam na minimização do desperdício e maximização da reutilização e reciclagem de materiais, práticas de EC como *leasing* de produtos químicos, recuperação de nutrientes na agricultura, substituição de materiais nos setores de construção e modelos de propriedade compartilhada em sistemas de transporte podem reduzir globalmente a emissão de dióxido de carbono em até 7,5 bilhões de toneladas.

Segundo Morgan e Mitchell (2015) no que se refere a geração de empregos, com a aplicação de práticas de EC, estimam que no Reino Unido em um cenário de "transformação" com aumentos substanciais na reciclagem e remanufatura, poderão ser gerados até 517.000 novos postos de trabalho até 2030, um crescimento substancial se comparado aos 31.000 novos empregos gerados dentro de um cenário "sem novas iniciativas".

Os benefícios potenciais gerados pela adoção de práticas de EC tem feito muitas empresas multinacionais e de média e pequeno porte, começarem a explorar as práticas e modelos de negócios voltados para EC (LEWANDOWSKI, 2016). Isso inclui a aplicação de práticas de EC como a maximização de materiais e eficiência energética, criação de valor a partir de resíduos e gestão adequada de resíduos e emissões (SCHROEDER; ANGGRAENI; WEBER, 2019). Os modelos e práticas de EC socialmente orientados como comércio ético, educação do consumidor para redução de consumo insustentável e negócios orientados para a suficiência (BOCKEN; SHORT, 2016), são práticas que ainda necessitam de maior atenção dentro de modelos de negócios circulares.

As práticas de EC tem potencial para auxiliar na resolução de barreiras de desenvolvimento e ambientais que estão relacionados ao consumo excessivo de recursos em nível global e local, a extração de matéria-prima atingiu 72 gigatoneladas em 2010 e está projetada para chegar a 100 gigatoneladas até 2030 (OECD, 2015). Em termos de resíduos, as práticas de EC que envolvem reciclagem, oferecem oportunidades para lidar com a crise de gestão de resíduos nos países em desenvolvimento, onde países como México e Brasil que dependem principalmente de aterros para o descarte de resíduos

industriais e do consumidor final (SCHROEDER; ANGGRAENI; WEBER, 2019).

Segundo Bass (2005), as práticas de EC que envolvem a gestão ambiental na indústria como a produção mais limpa, prevenção da poluição, gestão e auditoria ambiental ou eficiência energética, já são elementos importantes de programas de cooperação internacional, algumas práticas já estão com níveis de disseminação consolidados, enquanto outras práticas de desenvolvimento sustentável que tenham como precedente a cooperação, ainda carecem de uma maior atenção para seu desenvolvimento junto as empresas que buscam sua implementação.

Muitos países possuem setores que se destacam na utilização de práticas de EC que envolvem as ações de reparo e renovação (GOWER; SCHROEDER, 2016), uma prática importante envolve o tratamento do lixo eletrônico, onde o reparo e recondicionamento de telefones celulares, assim atendendo a necessidade de consumidores que seriam incapazes que adquirir produtos novos, desta forma, aumentando a inclusão tecnológica à aparelhos modernos e conectados (ZINK; GEYER, 2017).

As práticas de recuperação e reciclagem de lixo eletrônico tem impactos significativos no ciclo de vida, assim promovendo maior eficiência de recursos e reduzindo as emissões para o ar, solo e água ao longo do ciclo de vida dos produtos (WÄGER; HISCHIER; EUGSTER, 2011). O prolongamento da vida útil do produto e projetos de desenvolvimento para novos produtos que sejam planejados para serem reutilizados, são práticas importantes para atingir níveis mais elevados de reutilização e circularidade (STAHEL, 2016).

Os modelos de negócios inovadores que empregam práticas de EC que mantêm produtos e materiais em uso através da remanufatura (NASR; THURSTON, 2006), reforma, reparo e reutilização (CASTELLANI; SALA; MIRABELLA, 2015), ampliando suas capacidades e funções, permitindo a recaptura de valor agregado aos materiais, pois, ao invés de permitir que esses produtos desapareçam pelo descarte em aterros ou pela incineração após uso único. A adoção e aplicação das práticas de EC são necessárias para atingir os objetivos de eficiência global dos recursos no que se refere a consumo e produção e também empenhar-se para desvincular o crescimento econômico com a degradação ambiental (SCHROEDER; ANGGRAENI; WEBER, 2019).

Segundo a OECD (2015) deve-se dar atenção quanto a sinergia, complementaridades e potenciais compensações entre as práticas de EC e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis (ODS). Desta forma, aumentar a produção agrícola

para atingir a meta da ODS 2 (Fome Zero), pode ocasionar um impacto negativo sobre a biodiversidade abrangida pelo ODS 15 (Vida sobre a terra), sugere-se que as práticas de EC têm potencial para abordar compensações como crescimento econômico, promover a infraestrutura e industrialização, melhorar a gestão dos resíduos e aumentar as taxas de reciclagem (SCHROEDER; ANGGRAENI; WEBER, 2019).

Para Schroeder, Anggraeni e Weber (2019) as práticas de EC podem auxiliar na obtenção de vários ODS propostos pela Organização das Nações Unidas (ONU), tendo forte relação com o ODS de água potável e saneamento (ODS 6), energia limpa e acessível (ODS 7), trabalho digno e crescimento econômico (ODS 8), consumo e produção responsáveis (ODS 12) e vida terrestre (ODS 15). As práticas de EC também oferecem forte potencial na criação de sinergia entre vários ODS como erradicação da pobreza (ODS 1), fome zero e agricultura sustentável (ODS 2), proteção da biodiversidade nos oceanos (ODS 14) e em terra (ODS 15), as práticas de EC oferecem grande potencial como uma abordagem de implementação para os ODS (SCHROEDER; ANGGRAENI; WEBER, 2019).

As empresas têm um papel importante como atores emergentes na cooperação para o desenvolvimento das práticas de EC (WACH; THORPE, 2015), onde desempenham um papel de habilitadoras de práticas de EC na cooperação para o desenvolvimento e apoiam a transição para práticas de consumo e produção sustentáveis nas sociedades no qual estão inseridas (SCHROEDER; ANGGRAENI; WEBER, 2019). Noções de economia social e solidária aplicadas em conjunto a práticas de EC podem levar a estratégias de EC mais robustas em direção a objetivos ambientais e sociais, incluindo a proteção da saúde dos trabalhadores (MOREAU et al. 2017).

2.6 TECNOLOGIAS DIGITAIS

Com o advento das TD como IoT, *Big Data*, *Blockchain* entre outras, vem ocorrendo um fenômeno emergente onde as empresas buscam digitalizar seus processos, serviços e produtos. As empresas devem ter sucesso em abraçar a transformação por meio da tecnologia digital para permitir grandes melhorias nos negócios, como aprimorar a experiência e o envolvimento do cliente, simplificar as operações e criar modelos de negócios ou enfrentarão a destruição pelas mãos de seus concorrentes que o fizerem (FITZGERALD et al., 2014).

As TD não são apenas potencialmente benéficas por causa de suas vantagens na

produção, mas também pelo fato de poderem ser utilizadas para conduzir a transição para um modelo de EC, maximizando o uso dos recursos disponíveis e minimizando o desperdício e as emissões (DE SOUSA JABBOUR et al., 2018). Assim as TD devem ser desenvolvidas para produzirem dentro das restrições ambientais impostas pelas partes interessadas e orientar essas economias em direção à sustentabilidade (BONILLA et al., 2018).

Segundo Khin e Ho (2020) para as empresas digitalizarem seus produtos, serviços ou funções de negócios, essas empresas precisam integrar novas funções digitais em seus processos como por exemplo, software de inteligência de mercado que utiliza tecnologia de inteligência artificial para identificar o que é tendência entre os clientes-alvo, o que acaba ajudando as organizações a personalizarem suas ofertas de produtos, desta forma direcionando no atendimento das necessidades apresentadas por seus clientes.

Em vista dos benefícios oferecidos pela digitalização, as soluções digitais inovadoras são consideradas como facilitadores cruciais da digitalização de negócios em vários setores e funções diferentes, como marketing, atendimento ao cliente, gestão de recursos humanos, logística e produção. Portanto, sem abraçar as soluções digitais inovadoras, sistemas e suporte fornecidos por empresas de TI que desempenham um papel importante no ecossistema digital, as empresas estão longe de estarem prontas para a transformação digital (KHIN; HO, 2020).

2.6.1 Internet das Coisas

Internet das Coisas (IoT) é um conceito que se refere à conexão digital dos objetos cotidianos com a internet. Segundo Ashton (1999) o conceito “Internet das Coisas” foi proposto em 1999 no Laboratório de Auto-ID do MIT, onde se realizavam pesquisas no campo da identificação por radiofrequência em rede (RFID) e tecnologias de sensores.

Atualmente, a expressão “Internet das Coisas” designa a conexão avançada de dispositivos, sistemas e serviços, ultrapassando o conceito tradicional M2M (*machine to machine*) e engloba uma ampla variedade de protocolos, domínios e aplicações. Através da incorporação de etiquetas RFID (etiquetas inteligentes) pode ser feita a telemetria, análise, sensoriamento, medição da utilização e desgaste dos objetos no decorrer do tempo, para fiz comerciais, análise de custos e direcionamento de economia (HÖLLER et al., 2014).

IoT é um conceito de ecossistema tecnológico em que os objetos estão

interconectados. Estima-se que cada ser humano esteja rodeado por 1.000 a 5.000 objetos, em média (WALDNER, 2007). Segundo a empresa de consultoria Gartner, em 2020, haverá no mundo, aproximadamente 26 bilhões de dispositivos com um sistema de conexão à IoT, um crescimento exponencial sobre os 4,8 bilhões de 2015, já a consultoria *Abi Research* prevê que, no mesmo ano, existirão 30 bilhões de dispositivos *wireless* conectados à internet. Com a próxima geração de aplicações da internet (protocolo IPv6), prevê-se que seja possível identificar instantaneamente, por meio de um código, todo e qualquer tipo de objeto, algo que não se pode fazer com IPv4 (WALDNER, 2008).

A IoT se refere a uma rede integrada de objetos físicos que são equipados com eletrônicos, *software*, sensores, atuadores e funcionalidades de conectividade para que sejam capazes de se conectar e trocar dados (ATZORI et al., 2010). As tecnologias de IoT possibilitaram novas formas de interagir com os dados, sendo que anteriormente esses dados eram considerados inacessíveis e agora se tornaram visíveis e disponíveis para serem utilizados em tempo real e processados de forma analítica. Por exemplo, um sistema de *Big Data* que é alimentado por dados gerados de sensoriamento IoT juntamente com análises da cadeia de suprimentos podem ser usados para descobrir novos *insights* para uma tomada de decisão melhor e mais rápida com base em dados que antes eram inacessíveis ou inutilizáveis (ZHANG et al., 2020).

Segundo Fleisch, Weinberger e Wortmann (2014), a IoT é o elemento tecnológico fundamental para a transformação de "coisas" autônomas e isoladas em produtos inteligentes (com capacidade computacional local) e conectados (capazes de transmitir diferentes tipos de dados). Esta nova geração de produtos inteligentes e conectados está oferecendo às empresas, a possibilidade de aproveitar dados em tempo real e processá-los analiticamente, permitindo que as informações e dados do cliente sejam integrados aos sistemas de informação e planejamento estratégico das empresas (DALENGARE et al., 2018).

Conforme Atzori et al. (2010) o termo Internet das Coisas é sintaticamente composto por dois termos, sendo o primeiro voltado para uma visão orientada para uma rede IoT, enquanto o segundo move o foco em “objetos” genéricos que integram uma estrutura comum. As visões sobre IoT surgem do fato que as partes interessadas, alianças de negócios, órgãos de pesquisa e padronização começam a abordar a pesquisa de uma perspectiva “orientada para a internet” ou “orientada para as coisas”, dependendo dos interesses específicos, finalidades e fundos. Mas o termo “internet” e “coisas” quando

colocados juntos, assumem um significado que introduz um nível disruptivo de inovação no mundo atual.

IoT refere-se a uma rede global de objetos interconectados endereçáveis exclusivamente com base em protocolos de comunicação padrão, cujo ponto de convergência é a internet (QU et al., 2015). A principal consequência da IoT está em seu potencial impacto na vida cotidiana de seus usuários, pois, tem efeitos notáveis tanto em casa quanto no trabalho, onde terá um papel decisivo nas áreas da saúde, transporte, inteligente, automação residencial, vida assistida entre outros. Para os negócios seu potencial tem destaque em transporte de carga, segurança, logística, automação industrial etc. O Conselho Nacional de Inteligência dos EUA identificou a IoT como uma das seis tecnologias que terão um impacto potencial sobre os interesses dos EUA até 2025 (ZHANG; LU, 2020).

A IoT visa resolver os problemas de comunicação que ocorrem entre os objetos e os sistemas em uma fábrica (FRANK et al., 2019). A IoT combina máquinas inteligentes e autônomas, análise preditiva avançada e colaboração máquina-humano para melhorar a produtividade, eficiência e confiabilidade (WONG; KIM, 2017). Relacionando a IoT, Lin et al. (2016) propuseram um método para prolongar a vida útil da rede, implantando sistemas de eficiência energética e reduzindo a frequência de substituição de sensores com defeito para reduzir o consumo.

Segundo Luthra et al. (2018) a IoT inicialmente criada para os dispositivos comunicarem-se entre si por meio da internet, onde esses dispositivos encontrados na vida cotidiana são denominados sistemas inteligentes, sendo que o desempenho da IoT está atrelado ao número de sistemas conectados e não ficando limitado apenas a um ambiente específico.

A IoT tem três camadas (I) uso pessoal, (II) baseado em rede e (III) foco em aplicativos, onde a camada pessoal consiste em dispositivos que podem transferir informações pela internet e outras redes sem fio e coletar/recuperar informações de diferentes dispositivos interconectados.

Na camada baseada em rede, a transmissão de dados da camada pessoal para a camada de rede que ocorre por meio da conectividade entre os dispositivos que é influenciada pela compatibilidade dos dispositivos e transferência de dados entre as camadas (MONDAL et al., 2019).

Segundo Persis et al. (2021) a camada focada em aplicativos, os dispositivos se conectam e essa rede leva a um mundo digital onde todos os dispositivos e seus

aplicativos são interconectados para proporcionar uma rede de sistemas inteligentes. A criação de valor a partir da IoT é crucial para as práticas de negócios, a rápida transferência de dados entre os dispositivos permite aumentar a eficiência no desenvolvimento de serviços inovadores para a organização e seus clientes (PERSIS et al., 2021).

Embora existam diversas maneiras de estabelecer mecanismos de responsabilidade para um determinado ambiente, as aplicações de tecnologias IoT vem recebendo crescente atenção nesta área. Apesar de algumas barreiras de implementação, o uso de TD estão sendo identificadas como habilitadoras para os caminhos de execução de modelos de EC (WANG et al., 2021). Desta forma, a IoT oferece benefícios como facilidade em estabelecer um mecanismo de responsabilização e podem apoiar a transição inteligente dos resíduos dentro de uma EC.

Por ser uma tecnologia emergente a IoT vem sendo amplamente utilizada nas mais diversas áreas, como casas inteligentes, logística inteligente, produção mais eficiente por conta do monitoramento entre outras funções, assim mudando a forma como as pessoas e as empresas interagem, promovendo uma série de mudanças no comportamento e demanda de toda a cadeia de valor. A essência da IoT é permitir que dispositivos inteligentes com determinados recursos tecnológicos e de armazenamento se conectem para troca de dados e ocasionem uma maior otimização nos processos. Desta forma, esses dispositivos inteligentes podem se comunicar, interagir e cooperar com outros dispositivos para gerar uma rede de novos serviços inteligentes (HUANG et al., 2019).

Segundo Brous et al. (2020) o impacto ocasionado pela implementação da IoT nas organizações está principalmente relacionado aos dados gerados, pois, a tecnologia IoT gera uma grande quantidade de dados que muitas vezes são de melhor qualidade do que os dados gerados por meios tradicionais, assim esses dados tem frequentemente maior precisão, são mais oportunos do que os dados tradicionais, muitas vezes sendo gerados em tempo real, são mais heterogêneos, pois, vem de uma infinidade de fontes e seus volumes são substancialmente maiores.

Os dados de IoT são frequentemente referidos com "*Big Data*" pelo volume, variedade e velocidade que são gerados, no entanto o *Big Data* gerado pela IoT também está associado ao gerenciamento dos dados e às limitações da infraestrutura de TI, o aspecto aberto da IoT significa que os dados criados para uso específico podem ser usados em vários aplicativos para atingir seus objetivos e revelar percepções que antes se encontravam previamente imprevistas (KAISLER et al., 2013).

A tecnologia IoT tem proporcionado que as empresas se tornem mais eficientes no consumo de materiais, obtendo uma redução na utilização de materiais específicos em valores que variam entre 5% a 30%, principalmente porque lhes permitem um maior controle sobre operações de produção e manutenção, reduzindo o percentual de produtos defeituosos e estendendo a vida útil dos recursos de produção.

Desta forma, exigisse mudanças não apenas na estrutura das empresas, mas também na forma como o produto é usado por parte do cliente, pois, ajustando os parâmetros de máquinas através de mais fontes de dados, otimizasse o funcionamento o que acarreta em uma economia de energia que pode chegar em 30% e com o monitoramento constante por meio de sensores sem fio de baixa potência e introduzindo alguns parâmetros em seu planejamento, consegue-se reduzir o consumo de combustíveis fósseis em pelo menos 5% (LASKURAIN-ITURBE et al., 2021).

A IoT tem a capacidade de fornecer fontes de valor não apenas individualmente, mas também em combinação com protocolos e padrões utilizados atualmente, pois, a internet causou uma grande mudança na acessibilidade de serviços, informações, indivíduos e tecnologias (RAO; ANGELOV; NOV, 2006). A IoT fornece interconectividade entre dispositivos eletrônicos, máquinas, meios de transporte, smartphones e outros dispositivos por meio de códigos de identificação exclusivos que permitem que esses itens mantenham a comunicação uns com os outros (ATZORI et al., 2017).

Portanto a coleta e compartilhamento de dados em tempo real podem ocorrer entre todas as partes envolvidas e essa troca de informações entre “coisas” diferentes produzem dados massivos que podem agregar mais valor aos bancos de dados das organizações (ZHONG et al., 2017; ROBLEK; MESKO; KRAPEZ, 2016).

Conforme Oppitz e Tomsu (2018) a IoT refere-se ao *software*, sensores e dispositivos conectados em redes para permitir a troca de dados com outros dispositivos, sistemas, aplicações e usuários, com o objetivo de criar uma infraestrutura de rede para facilitar o trânsito de mercadorias, serviços e informações.

2.6.2 Big Data

O termo *Big Data* surgiu para descrever o conjunto de técnicas e aplicações onde os conjuntos de dados são muito grandes e complexos para os métodos tradicionais, pois, o volume pode variar até *exabytes* com origem diversificada, o que aumenta a

complexibilidade (CHEN; CHIANG; STOREY, 2012). A literatura destacou o papel dos dados nos negócios, engenharia, educação e sociologia, embora os dados por si só sejam onipresentes, a extração de informações úteis de grandes conjuntos de dados requer diferentes técnicas analíticas (DUAN; XIONG, 2015).

Segundo Iqbal et al. 2020, o *Big Data* pode ser definido como grandes conjuntos de dados com uma estrutura crescente em variedade e complexidade, a dificuldade inerente em lidar com essas grandes quantidades de dados, resultam em grandes desafios relacionados a seu armazenamento e análise, bem como ao custo e tempo de entrega dos resultados.

A análise de *Big Data* abrange técnicas utilizadas para examinar, processar, descobrir e expor padrões subjacentes ocultos, relações de interesse e outros *insights* sob o contexto investigado, essas informações devem ser entregues de forma interpretável e de fácil visualização por quem for analisar os dados processados (SAGIROGLU; SINANC, 2013).

Conforme Nayyar e Puri (2016) o *Big Data* pode ser definido como o processo de analisar grandes volumes de dados em suas diversas formas para criar padrões, correlações, tendências e informações. Esses dados podem ser estruturados, recebendo essa classificação quando são compostos por números, podendo assim serem separados por grupos, classificação, categorias ou outras formas de agrupamento ou organização (DEKA, 2014).

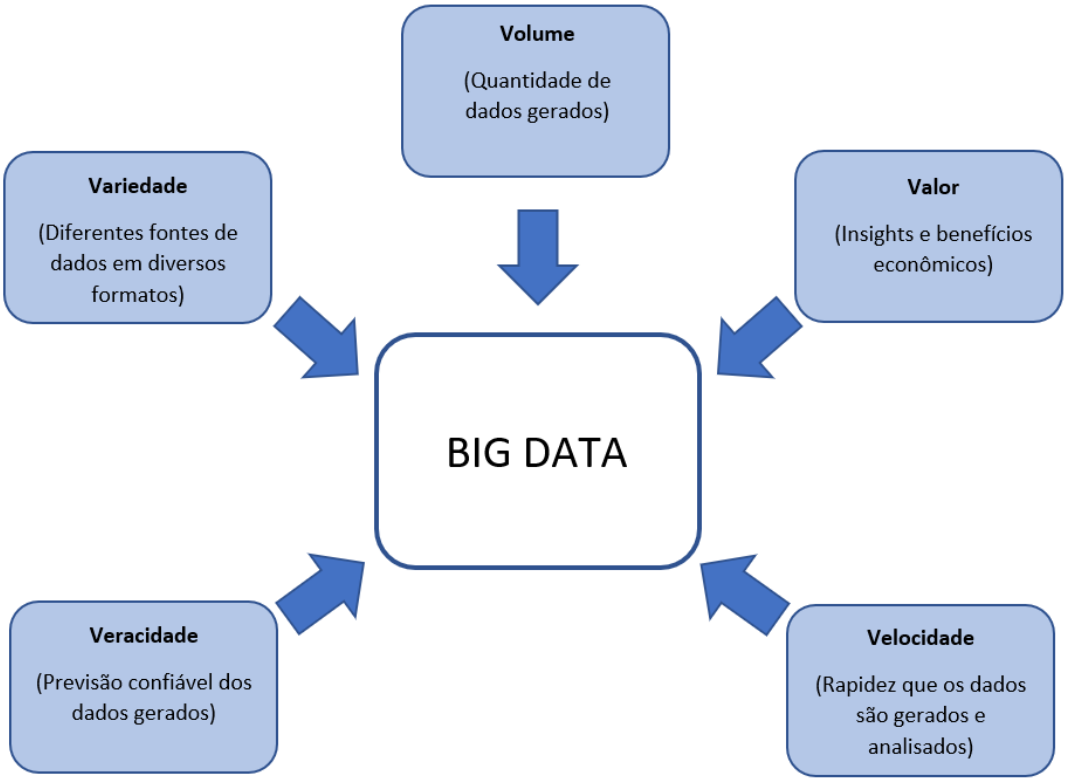
Os dados semiestruturados não tem uma definição estabelecida para sua classificação, desta forma, são considerados semiestruturados, os dados que apresentem a mesma forma de estrutura, não sendo necessário estar na mesma organização, estar categorizado ou em qualquer outro tipo de agrupamento de dados, exigindo assim uma análise prévia antes de transformar esses dados em algum tipo de informação (RUSU et al., 2013). Por fim os dados não estruturados não podem ser enquadrados em um modelo predefinido de agrupamento de dados, normalmente esses dados são encontrados em forma de textos que contém elementos numéricos como datas (RUSU et al., 2013).

Com o avanço das tecnologias e o aumento da quantidade de geração e análise de dados, a *Big Data* pode ser caracterizada por 3Vs (volume, velocidade e variedade) (DUAN; XIONG, 2015). Para Wamba et al. (2015), a *Big Data* é composta por 5Vs sendo volume, velocidade e variedade já citados anteriormente, mas com a inclusão de veracidade e valor.

O volume refere-se a grande quantidade de dados gerados, a velocidade está ligada

a rapidez com a qual esses dados são gerados e analisados, a variedade é a forma como são combinadas as diferentes fontes de dados em diferentes formatos (dados não estruturados, dados semiestruturados ou dados estruturados). A veracidade refere-se à imprevisibilidade de alguns dados, requerendo a análise de grandes volumes de dados para obter uma previsão confiável. Por fim o valor está ligado a extensão que pode se obter *insights* ou benefícios economicamente valiosos por meio da extração, transformação e análise dos dados (DUAN; XIONG, 2015, WAMBA et al., 2015, CHEN; MAO; LIU, 2014).

Figura 3 – Os 5V's de Big Data



Fonte: Autor

A utilização de IoT em conjunto com *Cloud,* permitem que diferentes equipamentos ou sistemas de gestão de empresas e clientes estejam conectados, sendo que através da *Big Data*, os dados coletados são constantemente atualizados, analisados e os processos de tomada de decisão se tornem aprimorados (LASKURAIN-ITURBE et al., 2021). Este processo ajuda a melhorar a flexibilidade da fabricação, qualidade do produto, eficiência energética e os serviços fornecidos pelos equipamentos (RÜßMANN et al., 2015).

As soluções de *Big Data* como *Machine Learning*, otimização, mineração de dados, computação em nuvem, rede neural artificial, técnicas estatísticas e análise de redes sociais estão se expandindo e tornando-se cada vez mais relevantes em diversas áreas como saúde, finanças, inteligência, turismo, educação, alimentos e tecnologias de marketing (PAPADOPOULOS et al., 2021; WANG; YAO; SALHI, 2020). As soluções de *Big Data* são combinadas com barreiras encontradas em uma área, por exemplo, soluções circulares para um determinado processo, em como essa análise poderá mostrar e direcionar quais soluções conseguem superar as barreiras levantadas antes e durante o processo de análise.

Os desafios confrontados pelas organizações dentro das dimensões econômica, ambiental, tecnológica e social podem ser enfrentados com soluções *Big Data* como *machine learning* onde a máquina opera aprendendo comportamentos por meio de simulações, explorando constantemente as estruturas de conhecimento existentes, criando assim informações para apoiar a tomada de decisões (HUO; CHAUDHRY, 2020). O *machine learning* aumenta a eficácia de custos dos processos de reprodução ao lidar com incertezas em preços, comportamento do cliente, mercados e concorrentes (SEYEDAN; MAFAKHERI, 2020).

A análise de *Big Data* envolve o processamento de dados oriundo de diferentes fontes que são disponibilizados em diversos formatos, esses dados podem vir da *web*, mídia social, sistemas ERP e plataformas em nuvem, podem ser fornecidos nos formatos de texto, gráfico, áudio e vídeo. Portanto, criando terminologias como análise da *web*, análise social, análise de rede, análise de texto e análise multimídia (HU; LIU, 2014). O processamento destes dados pode ser dividido em três tipos distintos, sendo eles o processamento em lotes, processamento de fluxo em tempo real e processamento interativo.

Desta forma, a análise de *Big Data* pode ser feita por várias técnicas, sendo que essas técnicas geralmente não são exclusivas e em certos pontos, se sobrepõem naturalmente (CHOI; WALLACE; WANG, 2017). Dentre essas técnicas temos análise estatística, *machine learning*, *data mining*, otimização entre outros.

A análise estatística é uma área consolidada e tem como objetivo prover uma estrutura cientifica para coletar, analisar, tirar inferências e conclusões (CHOI; WALLACE; WANG, 2017). Muitos métodos estatísticos foram desenvolvidos para destacar as relações e a regressão estatística sendo comumente usada na prática (HUANG; CHAOVALIWINGSE, 2015). Segundo Choi et al. (2017), a análise estatística

multivariada também é uma ferramenta poderosa para análise de negócios. As estatísticas são conhecidas por serem rápidas, podendo ser usada para superar os requisitos de computação rápida relacionados à análise de *Big Data*.

O *Machine Learning* fornece algoritmos para que os computadores aprimorem o conhecimento a partir dos dados fornecidos, sendo que este algoritmo deve ter a capacidade de reconhecer padrões, aperfeiçoar a execução de tarefas sem intervenção humana explícita e tomar decisões em métodos supervisionados e não supervisionados. Modelos como rede neural artificial, regressão linear múltipla, máquina de suporte de vetores, árvore de decisões e modelo cinza são classificados como *machine learning* (XING et al., 2017). Para lidar com desafios encontrados na análise de *Big Data* são utilizadas técnicas como máquina de suporte de vetor paralelo, aprendizado rápido, *machine learning* distribuído (WANG et al., 2020).

O *Data Mining* é uma forma encontrada para lidar com o volume crescente de dados que têm sido gerados pelos usuários. Este processo consiste na extração de *insights* de um determinado conjunto de dados, sendo a base para o *business intelligence* e para a análise de *Big Data* (CHOI; WALLACE; WANG, 2017). Sendo utilizada em áreas dentro do segmento de mercado, processos colaborativos (FAN; LI; ZHAO, 2017), classificação, agrupamento e regressão (FAHAD et al., 2014). Associados ao *Big Data* temos a mineração sequencial e temporal, mineração espacial, mineração de processos, mineração com preservação de privacidade, mineração de rede e mineração de *web*.

A otimização é uma abordagem analítica para encontrar soluções ótimas ou o mais próximo do ótimo em problemas de tomada de decisão quantitativa. Na análise de *Big Data*, os métodos de otimização computacional enfrentam desafios de memória e tempo computacional, convergência e identificação de soluções globalmente ideais e a necessidade de otimização em tempo real (HUANG; CHAOVALITWONGSE, 2015).

O diferencial da *Big Data* está relacionado à análise preditiva que é feita através da utilização do conhecimento estatístico, assim, podendo prever eventos futuros com base na suposição em que eventos passados podem influenciar acontecimentos futuros. As técnicas preditivas mais comuns que são utilizadas frequentemente por cientistas de dados são a modelagem de regressão, árvore de decisão, estatística bayesiana, rede neural artificial, máquina de vetores de suporte e algoritmos de vizinhos próximo (OZTEKIN, 2017).

O uso potencial do *Big Data* para analisar uma quantidade enorme de dados pode transformar o modo de vida em cidades modernas e inteligentes, podendo alavancar a

análise de *Big Data* para a vanguarda das comunidades de pesquisa, empresas e governos (HASHEM et al., 2015), entregando inúmeras possibilidades de aplicações e oportunidades que podem surgir dentro das necessidades, partindo desde transporte até cuidados com a saúde (MURDOCH; DETSKY, 2013).

O cenário empresarial vem se transformando em uma estrutura complexa no ambiente de negócios que cada vez se torna mais competitivo (RAJESH, 2017). Desta forma, para sobreviver neste ambiente competitivo, as empresas buscam agir de acordo com os dados que coletam, isso inclui a tomada de decisões gerais de produção, decidindo quais produtos serão produzidos, quando e por quanto tempo (RIALTI et al., 2020).

2.6.3 Blockchain

A tecnologia *Blockchain* popularizou-se através de aplicativos financeiros e obtendo maior reconhecimento com a criptomoeda *Bitcoin* e sistemas de criptografia de dinheiro (NAKAMOTO, 2008).

A tecnologia *Blockchain* é um banco de dados de distribuição onde o uso de tecnologia de criptografia garante que o livro-razão distribuído não possa ser alterado e contratos inteligentes compostos por códigos de *script* permitam que as transações sejam executadas automaticamente e de forma segura (JUMA; SHALAAN; KAMEL, 2009; KSHETRI, 2018). O cabeçalho do bloco contém informações usadas para se conectar ao bloco anterior e informações para verificação, incluindo o número da versão, o valor *hash* do bloco anterior, o registro de data/hora da gravação atual, o nó e o alvo de dificuldade usados para provar a dificuldade usados para provar a dificuldade da carga de trabalho e um *hash* total da raiz da árvore Merkle para verificar a transação do corpo do bloco (AZZI; CHAOMOUN; SOKHN, 2019).

Segundo Iansiti e Lakhani (2017) o *Blockchain* pode ser definido como um livro-razão de código aberto, onde as transações entre diferentes partes interessadas podem ser registradas e atualizadas simultaneamente em tempo real. A tecnologia com origem no *Blockchain* é uma resposta para a necessidade de digitalização das transações, onde as transações são armazenadas na forma de contratos inteligentes dentro de uma rede *Blockchain*, no qual os dados são armazenados com um endereço exclusivo, que pode ser acessado para leitura da transação realizada, mas não pode ser alterado após a validação (CHRISTIDIS e DEVETSIKIOTIS, 2016), utilizando um sistema distribuído que mantém os registros das transações imutáveis, tornando assim o processo seguro, pois,

impossibilita possíveis tentativas de alteração (APTE; PETROVSKY, 2016).

Conforme Azzi, Chamoun e Sokhn (2019) o *Blockchain* pode ser dividida em rede sem permissão ou rede como permissão, onde um *Blockchain* sem permissão é um livro-razão distribuído aberto, onde qualquer nó pode se juntar à rede e a partir de dois pares podem conduzir as transações sem qualquer autenticação da agência central. Um *Blockchain* com permissão é um livro-razão distribuído controlado, onde a tomada de decisão e o processo de validação são mantidos em uma organização, onde uma autoridade de certificação determina quem pode ingressar na rede e todos os nós são autenticados e sua identidade é conhecida por todos os nós participantes (SANKAR; SINDHU; SETHMADHAVAN, 2017).

A tecnologia *Blockchain* lida com blocos que são formados pelos registros das transações vinculadas e identificadas em uma cadeia, assim podemos considerar que o *Blockchain* é um livro-razão em expansão permanente, distribuído, compartilhado, mas protegido criptograficamente, usando impressões digitais (TRELEAVEN; GENDAL BROWN; YANG, 2017). Ele funciona a partir do momento que a transação é atualizada e autenticada por todos os nós relevantes ou partes principais da rede, assim ela se torna irreversível e não pode ser sobrescrita ou sequenciada novamente (UPADHYAY et al., 2021). Isso torna o *Blockchain* um livro-razão distribuído muito seguro e como resultado, todas as partes têm acesso a registros idênticos e corretos (IANSITI; LAKHANI, 2017).

A tecnologia *Blockchain* envolve três inovações tecnológicas, sendo elas, criptografia, mecanismos de consenso e contratos inteligentes:

As tecnologias de criptografia incluem a função *hash* e a criptografia de chave pública, sendo essas tecnologias básicas para garantir a segurança do sistema *Blockchain* e são utilizadas em estruturas de dados, métodos de verificação, protocolos de comunicação e armazenamento de informações (WANG; HAN; BEYNON-DAVIES, 2019). A função *hash* garante a integridade, autenticidade e imutabilidade dos dados do livro-razão por meio do valor *hash* e do ponteiro *hash* e podem converter os dados de entrada em um resumo fixo por meio de algoritmo de *hash*, cujo processo é irreversível (MAESA; MORI, 2020). A criptografia de chave pública é um algoritmo de criptografia assimétrica que é usado para fornecer verificação de identidade para a rede *Blockchain* (LOPEZ; FARROQ, 2020), garantido a segurança da transmissão das informações.

O mecanismo de consenso é um procedimento através do qual todos os pares da rede *Blockchain* validam a propriedade e a precisão dos nós contábeis por meio de um algoritmo de consenso que resolve os problemas de consistência. Este mecanismo

estabelece a confiança entre diferentes nós na rede *Blockchain* e garante que cada transação permaneça consistente para todos os nós envolvidos (FENG et al., 2020).

Com o desenvolvimento da tecnologia *Blockchain*, muitos algoritmos de consenso foram desenvolvidos, como Prova de Trabalho (*Proof-of-Work* ou PoW), esse mecanismo é utilizado para selecionar um minerador para a próxima geração de blocos, o *Bitcoin* usa a prova de trabalho como algoritmo de consenso em sua rede. Temos a Prova de Participação (*Proof-of-Stake* ou PoS) neste mecanismo de consenso, o algoritmo é usado em um processo de eleição aleatória para selecionar um nó para ser validado no próximo bloco, com base em uma combinação de fatores que podem incluir a idade da participação, a aleatoriedade e a riqueza do nó (LOPEZ; FARROQ, 2020).

O contrato inteligente é um conjunto de promessas definidas em formato digital, o conteúdo do contrato é definido e fixado no *Blockchain* em forma de código e eventualmente, um *script* executado é gerado. (TANWAR; PAREKH; EVANS, 2020). Este processo não requer a participação de terceiros, o que causa um enorme impacto no design dos modelos de negócios (ZHU et al., 2020). Um contrato inteligente pode ser utilizado com base para diversos tipos de negócios, comportamentos organizacionais, incluindo transferência de propriedade de ativos, pagamentos de ativos digitais e transações de moedas (WANG et al., 2019).

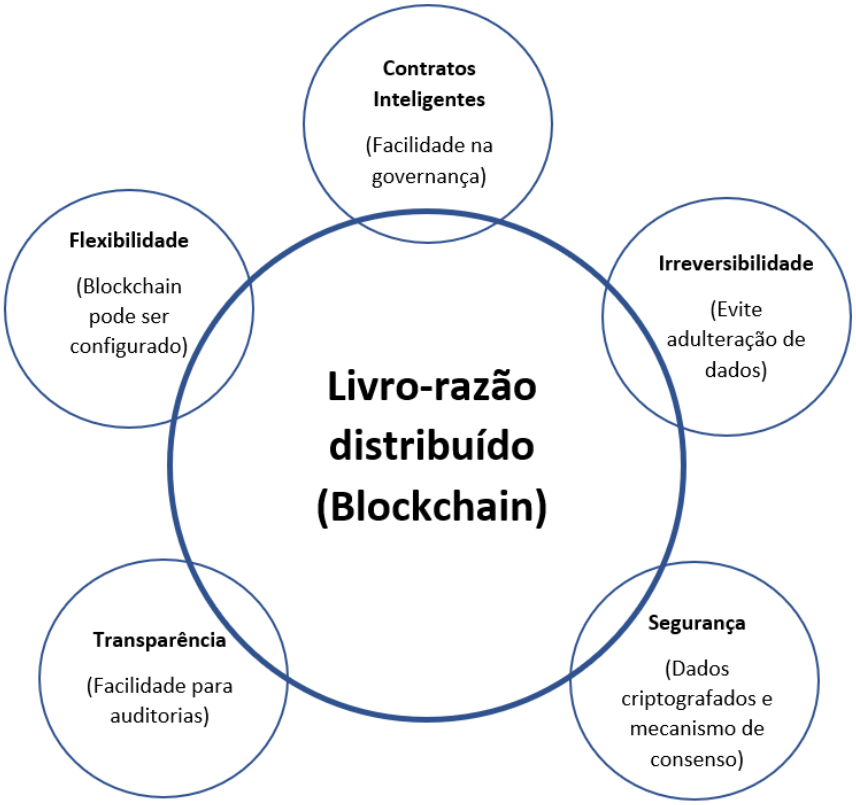
As transações de *Blockchain* são armazenadas na forma de blocos interconectados que ficam vinculados uns aos outros, assim formando uma cadeia de transações interconectadas, o que permite que partes desconhecidas façam transações com segurança sem a necessidade de um intermediário centralmente confiável e auxilia a evitar altos custos legais e de transação (PILKINGTON, 2016). Assim a tecnologia *Blockchain* permite transparência, rastreabilidade e a remoção de intermediários, facilitando a transição para uma abordagem mais descentralizada, democrática, sustentável e ecológica a longo prazo, eliminando a papelada desnecessária, o que torna esse tipo de projeto mais atraente para garantir o financiamento governamental (YADAV; SINGH, 2020).

A importância do *Blockchain* está em sua habilidade em aumentar o nível de integração das informações de uma cadeia com seus vários atores (ESMAEILIAN et al., 2020). A tecnologia *Blockchain* altera a forma como o controle administrativo é regulado, pois, os dados são convertidos em códigos digitais, armazenados em bancos de dados compartilhados, tendo maior transparência e risco limitado de exclusão e revisão (irreversibilidade).

Conforme Iansiti e Lakhani (2017) a base do sistema econômico, legal e politico

atual estão fortemente ligados a contratos e registros de transações, assim protegendo ativos, estabelecendo limites organizacionais, verificando identidades e eventos transacionais, governando as interações entre as nações, organizações, comunidades e indivíduos. O potencial do *Blockchain* reside em todo o contrato, pagamento e atividade transacional que possui um registro digital, esses registros podem ser validados e compartilhados entre os indivíduos, máquinas, algoritmos e organizações incluídos como nós na atividade, assim diminuindo a necessidade de intermediários (corretores, banqueiros e advogados) que atuariam fazendo a verificação e validação das transações entre os diferentes setores (LANSITI; LAKHANI, 2017).

Figura 4 – Características do *Blockchain*



Fonte: Autor

O *Blockchain* é uma tecnologia avançada que tem grande potencial para auxiliar no processo de redução de custos (CATALINI; GANS, 2016) e no aprimoramento da qualidade, assim buscando melhorar o desempenho organizacional e a produção econômica, protegendo os dados e transações durante toda a rede de ponto a ponto (KORPELA; KALLIKAS; DAHBERG, 2017). O uso do *Blockchain* tem vantagens em segurança, irreversibilidade, distribuição, transparência e precisão (IANSITI;

LAKHANI, 2017) todos esses fatores motivam uma maior integração na cadeia.

Os benefícios potenciais do *Blockchain* são mais do que apenas econômicos, eles se estendem ao domínio político, humanitário, social e científico e a capacidade tecnológica da *Blockchain* já está sendo aproveitada por grupos específicos para resolver problemas do mundo real (SWAN, 2015).

2.7 APLICAÇÕES DE TECNOLOGIAS DIGITAIS EM ECONOMIA CIRCULAR

O vazamento de dados pode afetar gravemente a privacidade individual, revelando informações pessoais e confidenciais como hábitos ou informações financeiras pessoais, portanto é de suma importância evitar o acesso não autorizado e o uso indevido dessas informações, ao mesmo tempo permitindo o acesso necessário aos dados gerados (SKARMETA; HERNANDEZ-RAMOS; MORENO, 2014), o *Big Data* precisa ser capaz de converter a massa de dados em informações utilizáveis, ao mesmo tempo, proteger os direitos dos indivíduos.

De acordo Brous et al. (2020) mudanças ocorridas na equipe e nos processos organizacionais podem levar a mudanças na infraestrutura de TI, à medida que a equipe se torna mais consciente das possibilidades do *Big Data* e novos requisitos se tornam disponíveis. Não existe uma infraestrutura comprovada ou melhor e a qualidade dos dados muitas vezes não é clara e precisa ser investigada, as barreiras imprevistas também podem incluir questões técnicas como limitações nas capacidades de infraestrutura de tecnologia da informação (WAHYUDI; PEKKOLA; JANSSEN, 2018) e gerenciamento de dados (BLACKSTOCK; LEA, 2012).

Lidar com essas barreiras muitas vezes geram custos imprevistos, incluindo retorno do investimento reduzido e custos elevados devem ser considerados uma barreira importante para a adoção do IoT e *Big Data*, pois, os custos de implementação para um sistema de TD totalmente funcional podem ser substanciais (BROUS et al., 2020).

Na transição de um modelo de economia linear para um modelo de negócio circular, as tecnologias de IoT podem auxiliar no gerenciamento do fluxo de recursos restaurativos e regenerativos. A IoT pode ajudar na coleta de dados gerados a partir de vários sensores inteligentes, para que as partes interessadas em toda a cadeia de valor possam ser conectadas (PAGOROPOULOS; PIGOSSO; MCALOONE, 2017). Desta forma, os modelos de EC baseados em captura de dados por IoT, podem ser estabelecidos para avaliação ao longo do ciclo de vida de certos produtos, como smartphones e

eletrônicos em geral (ALCAYAGA et al., 2019).

Um modelo de negócios de EC está evoluindo com a tecnologia da IoT. Isso resultou em uma comunicação habilitada para internet entre objetos que reúnem e produzem dados de seu uso, contexto e interações com outros objetos e indivíduos (KORTUEM et al., 2010).

Segundo Han, Heshmati e Rashidghalam (2020), produtos inteligentes e conectados permitem o rastreamento de condições abrangentes, funções e o ambiente externo de um produto por meio de sensores e fontes de dados externas. Um produto pode usar dados para informar usuários ou outras pessoas sobre mudanças no desempenho ou nas circunstâncias. O que podemos entender que na economia circular, o uso de IoT e produtos com conexão inteligente podem ajudar a resolver alguns problemas críticos para prolongar a vida útil de um produto e no rastreamento para quando for necessário o descarte do produto.

Ao coletar dados da fase de uso, as empresas podem melhorar continuamente o design de seus produtos, por exemplo, para aumentar a durabilidade e produtos com elementos digitais pode-se facilmente atualizar suas funcionalidades, assim aumentando sua vida útil (BRESSANELLI et al., 2018). Os dados do produto em uso também podem ser usados para melhorar as estratégias de recuperação do produto, como reutilização, remanufatura e reciclagem (ALCAYAGA et al., 2019).

A capacidade de coleta de dados levou amplamente ao uso de IoT para apoiar o modelo de EC em termos de desenvolvimento e implementação de sistemas (LIN et al., 2019). Kristoffersen et al. (2020) apresentaram um quadro de estratégias circulares inteligentes para empresas de manufatura usando IoT, que é usado para alinhar atividades em todo o sistema de informação. Em relação à estratégia circular de maior utilização, a IoT também pode oferecer suporte ao compartilhamento de produtos entre vários usuários, permitindo o monitoramento da condição, *status*, localização e uso do produto (BRESSANELLI et al., 2018).

Os dados fornecidos pelo produto em uso, podem ser utilizados para melhorar as estratégias de recuperação do produto, como reutilização, remanufatura e reciclagem (ALCAYAGA et al., 2019). A inspeção e o teste de produtos que entram em processo de remanufatura, podem se beneficiar das informações sobre especificações originais do projeto e histórico de reparos (YANG; KAMINSKI; PEPIM, 2018). Em relação a reciclagem, existem oportunidades para etiquetas RFID em produtos onde pode-se aumentar a eficiência para a reciclagem e melhorar as informações sobre a composição

material usada para tornar os processos produtivos mais lucrativos nas atividades de remanufatura (INGEMARSDOTTER et al., 2020).

O *Big Data* vem se tornando cada vez mais relevante entre os varejistas de alimentos, por haver uma quantidade considerável de informações sobre os grandes volumes de alimentos desperdiçados nas camadas finais da cadeia de suprimentos (BERETTA; STUCKI; HELLWEG, 2017), onde esses dados podem ser analisados através de *Big Data* (IQBAL et al., 2020), com essa análise e consequente otimização nos processos de decisões futuras relacionados ao desperdício, as cadeias de suprimentos podem buscar minimizar as perdas e assim acarretar em impactos econômicos e sociais importantes.

Por meio do *Big Data* e da IoT, o setor de manufatura é aprimorado, pois, informações sobre produção, consumo de recursos materiais, entrega de produtos, decisões de compra e os melhores produtos para o cliente em uma área específica estão prontamente disponíveis. Isso leva ao desenvolvimento de um planejamento para reciclagem de embalagens e restringe os resíduos gerados a partir de materiais, planejando quais materiais comprar ou não, quais materiais estão prontamente disponíveis nos produtos em fim de vida, abordando questões de logística e definindo metas de redução de resíduos, esperando-se assim que práticas sejam reformuladas para obterem um melhor desempenho junto a modelos de economia circular (AWAN; SROUFE; SHAHBAZ, 2021).

Segundo Iqbal et al. (2020), uma cidade inteligente pode beneficiar-se muito do *Big Data*, uma vez que os dados gerados possam ser utilizados a partir da interação dos usuários com redes sociais ou dispositivos inteligentes para identificar as preferências dos usuários, reconhecer necessidades não atendidas dos clientes ou compreendendo as relações entre organizações competitivas e colaborativas, criando assim serviços e produtos focados na demanda dos clientes ou melhorando os já existentes.

A análise de *Big Data* pode auxiliar governos de cidades inteligentes ao fornecer melhores serviços para os cidadãos, ajudando a moldar a sociedade através de saúde, transporte público, educação e outros campos sociais e ambientais de forma mais eficiente. Os aplicativos *Big Data* relacionados à IoT como casas inteligentes, combinações de dispositivos portáteis e cidades inteligentes, são amplamente reconhecidos como fatores-chave para o desenvolvimento econômico, social e ambiental dos países em desenvolvimento (MITAL et al., 2017).

Para a implementação completa de um modelo de EC são necessárias práticas e

competências básicas como segurança, comprovação, transparência e rastreabilidade, assim uma estrutura sustentável com perspectivas de EC será alcançada através de uma transformação tecnológica, onde o *Blockchain* se destaca em atender as necessidades específicas (KINNUNEN; KAKSONEN, 2019). Os recursos da tecnologia *Blockchain* podem suportar o conceito de EC em muitas dimensões para os envolvidos na mudança, pois, o *Blockchain* atende a demanda de recursos como transparência, rastreabilidade, segurança, responsabilidade e precisão, o *Blockchain* auxilia no rastreamento de resíduos para reciclagem de materiais e monitoramento de CO_2 (FRANÇA et al., 2020).

Segundo Yildizbasi (2021) a tecnologia *Blockchain* tem muitas vantagens no gerenciamento do setor de energia se avaliado por uma perspectiva de EC e na garantia da sustentabilidade, pois, a tecnologia *Blockchain* tem os mecanismos necessários para a transição do modelo linear para o modelo circular com total compatibilidade nos mecanismos de segurança, visibilidade, transparência, imutabilidade e descentralização. O *Blockchain* tem potenciais aplicações no campo da energia como reconhecer os modelos de consumo, contratos inteligentes e medições inteligentes, micro pagamentos de energia, plataformas de pagamento para medidores pré-pagos, *machine learning* e técnicas de inteligência artificial que possibilitam o fornecimento de produtos energéticos especiais, além do valor agregado nas áreas de vendas e marketing.

Segundo Kouhizadeh, Zhu e Sarkis (2020) a transparência, confiabilidade e a automação das informações fornecidas pelo *Blockchain* podem alavancar as iniciativas de EC, pois, a fonte dos materiais e produtos, partes interessadas, processos, consumo de energia e o fim do ciclo de vida são informações que podem ser disponibilizadas nos livros-contábeis distribuídos. Os *Blockchains* são conhecidos por serem eficazes em ambientes institucionais sem confiança, onde a tecnologia pode permitir uma governança eficaz e uma maior interação entre os fabricantes e os usuários dos produtos e serviços (PILKINGTON, 2016).

Conforme Hatzivasilis et al. (2021) um modelo de negócio circular que atue com tecnologia IoT tem grandes vantagens na utilização de *Blockchain*, pois, um livro-razão distribuído dos ativos, facilita aos proprietários dos ativos à troca desses elementos ao longo do loop de EC, ocorre o monitoramento dos produtos afim de prolongar a vida útil dos ativos eletrônicos, melhora o gerenciamento do lixo eletrônico e aumenta a função econômica das organizações envolvidas e o *machine learning* melhora o desempenho das operações de computação verde nos dispositivos monitorados.

O *Blockchain* desempenha um papel particularmente importante no que diz

respeito a sustentabilidade, pois, o *Blockchain* oferece quatro recursos de suporte para as cadeias sustentáveis, sendo, (I) ajuda a reduzir o recall e o retrabalho do produto devido aos seus recursos de rastreamento, (II) torna mais fácil o rastreamento em tempo real dos produtos e determina o valor exato do imposto sobre carbono de cada empresa, (III) facilita o comportamento de reciclagem, incentivando os indivíduos a participarem de programas de reciclagem baseados em depósitos e (IV) melhoram a eficiência do comércio de emissões, reduzindo a fraude e melhorando a fidelidade do sistema (SABERI et al., 2018).

2.8 DESAFIOS DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS EM ECONOMIA CIRCULAR

Segundo Ingemarsdotter et al. (2020) as barreiras para a implementação do modelo de negócio circular foram divididas em seis categorias, sendo a barreira estrutural relacionada com a distribuição pouco clara das funções e responsabilidades por questões envolvendo as práticas de EC na empresa, bem como a troca limitada de informações entre as partes interessadas.

A barreira operacional diz respeito a infraestrutura e ao gerenciamento da cadeia, a barreira financeira está relacionada as incertezas nos benefícios financeiros e à lucratividade potencial dos modelos circulares, a barreira atitudinal refere-se a percepção das partes interessadas sobre a sustentabilidade e ao nível de aversão ao risco, a barreira tecnológica diz respeito ao design do produto e aos processos de produção (RITZÉN; SANDSTRÖM, 2017) e a barreira institucional está ligada com a implementação do modelo de negócio circular que incluem a falta de regulamentação de apoio e a falta de consciência social (BRESSANELLI et al., 2019).

A utilização da IoT orientada para o fornecimento de dados, significa um conjunto de mecanismos necessários para publicar e compartilhar os dados gerados, bem como garantir que esses dados sejam localizáveis e acessíveis (BLACKSTOCK; LEA, 2012), pois, a localidade da pesquisa, escalabilidade e processamento em tempo real, se não estiverem bem-posicionados dentro do processo, se tornam fortes barreiras para a implementação da IoT. De acordo com Qian e Che (2012) as técnicas de busca existentes são baseadas no compartilhamento remoto das informações e muitas vezes falham em apoiar efetivamente a busca de objetos físicos.

Segundo Zeng, Guo e Cheng (2011) não é incomum que os sistemas de IoT sejam integrados direta ou indiretamente com aplicativos existentes, onde etiquetas RFID são

frequentemente integradas indiretamente por meio de um leitor de RFID e diretamente integradas por meio de um servidor embutido. A tecnologia IoT é altamente heterogênea em termos de protocolos e recursos, assim argumentam que a heterogeneidade dos dados no nível do dispositivo também pode se tornar uma séria barreira para a adoção de IoT devido a questões de interoperabilidade e desta forma, tornando o projeto de arquitetura da IoT muito desafiador (ZENG; GUO; CHENG, 2011).

Destaca-se que a pesquisa em IoT requer metodologia de design de arquitetura para os mecanismos de pesquisa, pois, adequar um mecanismo de pesquisa para IoT não é trivial (QIAN; CHE, 2012), isso significa que embora vincular dados de IoT possam fornecer benefícios, a falta de políticas e diretrizes de implementação também podem impelir muito para a adoção da IoT (BROUS et al., 2020).

De acordo com Esmaeilian et al. (2020) o *Blockchain* tem inúmeras barreiras atuais para uma ampla adoção e implementação, sendo escalabilidade, desafios regulatórios, riscos de segurança e consumo de energia as principais barreiras. O *Blockchain* passa por vários problemas de escalabilidade, como falhas de comunicação entre os usuários, armazenamento de dados e registro de transição linear, os problemas de escalabilidade decorrem do aumento do número de transações e da dificuldade dos protocolos de consenso.

Embora o desenvolvimento atual do *Blockchain* suporte o anonimato da identidade dos usuários por meio de assinatura digital, proteção de dados por contabilidade imutável e confiabilidade de transações por meio de criptografia, a segurança dos algoritmos de consenso ainda pode ser considerada um problema, pois, os algoritmos de consenso mais seguros são necessários para aumentar a segurança e a resistência do sistema a ataques (ZHANG; XUE; LUI, 2019).

O contrato inteligente tem regras subjacentes que governam o sistema e são definidas por engenheiros de software e codificadores à medida que decidem sobre a arquitetura, os aplicativos e a estrutura de programação. Determinar o conteúdo e o escopo dos contratos inteligentes pelos programadores traz muitas dificuldades para implementar a conformidade com os regulamentos (ESMAEILIAN et al., 2020). Tornando assim, desafiador criar todos os cenários possíveis que possam acontecer em cenários de negócios complexos, como códigos de computação para contratos inteligentes e os contratos inteligentes ainda terão que contar com tribunais e legisladores tradicionais em caso de dúvidas (VON HALLER GRONBAEK, 2016).

3 MÉTODO DE PESQUISA

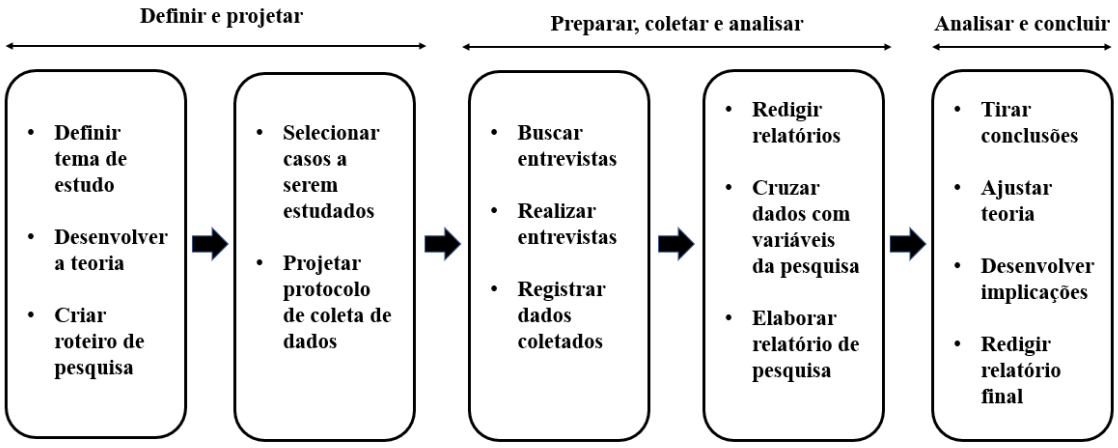
Por se tratar de um tema exploratório que une um assunto contemporâneo junto a novas tecnologias, a pesquisa utilizará como recomendado por Yin (2010) um estudo de caso múltiplo com abordagem de pesquisa qualitativa, a fim de aprofundar os conhecimentos sobre a execução de TD em práticas circulares e assim expandir o tema proposto, avaliando as oportunidades e barreiras encontradas em empresas que utilizem TD como IoT, *Big Data* e *Blockchain* na execução de EC.

Segundo Yin (2010) o estudo de caso busca investigar fenômenos contemporâneos que ocorrem dentro de contextos reais, principalmente quanto as definições de limites entre os fenômenos e o contexto não estão claras. Para Miguel (2007) esta metodologia tem como objetivo aprofundar os estudos referentes a uma problemática que ainda se encontra em estágio de desenvolvimento, onde busca-se obter uma melhor compreensão sobre o assunto pesquisado para assim expandir o conhecimento sobre seu entorno.

3.1 PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

O desenvolvimento do planejamento da pesquisa foi realizado em cinco etapas, buscando seguir as recomendações de Yin (2010), onde o roteiro de pesquisa é uma ferramenta que direciona quanto a captura de dados em um estudo de caso, desta forma, aumentando de maneira eficiente a confiabilidade e uniformidade dos dados coletados.

Figura 5 – Planejamento e métodos para estudo de caso



Fonte: Autor “adaptado de” YIN (2010), p. 82

A primeira etapa define-se o tema a ser pesquisado, seguido pelo desenvolvimento da fundamentação teórica e criação do roteiro para definição de que forma os dados serão obtidos. A segunda etapa inicia-se com a seleção dos casos a serem estudados e ocorre a elaboração do roteiro de pesquisa que vai auxiliar à busca para as respostas da pergunta de pesquisa. A terceira etapa é composta pela busca e realização das entrevistas, como pelo registro dos dados obtidos. Na quarta etapa ocorre a organização dos dados, cruzamento com as variáveis da pesquisa e elaboração dos relatórios dos resultados. Por fim a quinta etapa busca obter as conclusões entre os casos pesquisados, ajustar a teoria caso seja necessário, desenvolver as implicações teóricas e redigir considerações finais, limitações e pesquisas futuras.

O processo de pesquisa teve início com uma revisão da literatura sobre os temas de economia circular e tecnologias digitais. O resultado da revisão permitiu definir as proposições, objetivos, questão de pesquisa e estruturar o roteiro de pesquisa para a busca dos resultados e conclusões. Para a revisão da literatura foram utilizadas as bases de dados do SCOPUS (Elsevier), *Web of Science* e *Google Scholar*, utilizando o metodo de pesquisa proposto por Watson e Webster (2020), onde baseia-se na forma como as palavras-chave da pesquisa conectam-se entre si, buscando os elementos-chave criados a fim de atender os objetivos gerais e especificos propostos, foram consultados artigos e outros materiais bibliográficos que foram incluídos ou excluídos a partir da revisão realizada.

Nesta fase da revisão da literatura foi utilizada para coleta de dados o método qualitativo, utilizando as seguintes combinações de palavras para aprofundar a busca por maior conhecimento sobre o tema proposto, (“circular economy” AND “digital technologies”), (“circular economy” AND “internet of things”), (“circular economy” AND “big data”) e (“circular economy” AND “blockchain”). Foram utilizadas as palavras “circular economy” em conjunto com o objetivo de buscar apenas artigos que envolvessem especificamente economia circular e sempre associando esta busca com tecnologias digitais. Onde o conhecimento levantado, ponto de vista, impressões e resultados de diferentes autores, foram agregados a fim de expandir o conhecimento em torno da implementação de economia circular e tecnologias digitais nas organizações.

3.1.1 Quadro Teórico

A partir dos conceitos discutidos durante a fundamentação teórica, foi elaborado

um quadro teórico com as principais dimensões e variáveis de pesquisa a serem investigadas no estudo, a fim de analisar as oportunidades e barreiras enfrentadas pelas empresas quanto a execução de tecnologias digitais como habilitadoras de práticas de economia circular.

Quadro 4 – Quadro teórico com dimensões e variáveis de pesquisa

Dimensões	Variáveis de pesquisa	Autores
Economia Circular e *Triple Bottom Line*	• Transição do modelo linear para o modelo circular; • *Drivers* para implementação de modelos circulares nas operações organizacionais; • Pilares (social, econômico e ambiental) do *Triple Bottom Line* são aplicados com equidade.	• Kirchher, Reike e Hekkert (2017) • Elkington (2018) • Geissdorfer et al. (2018) • Alcayaga et al. (2019) • Laskurain-Iturbe et al. (2021)
Práticas de Economia Circular	• Conhecimento e utilização da estrutura ReSOLVE; • Aplicação dos R's de sustentabilidade;	• Gower e Schoeder (2016) • Potting et al. (2017) • De Sousa Jabbour et al. (2018) • Alcayaga et al. (2019) • Ingemarsdotter et al. (2019) • Iqbal et al. (2020) Cagno et al. (2021)
Tecnologias Digitais	• Uso de IoT; • Uso de *Big Data*; • Uso de *Blockchain*; • Utilização das tecnologias digitais com ênfase em práticas circulares.	• Atzori et al. (2010) • Apte e Petrovsky (2016) • De Sousa Jabbour et al. (2018) • Kshetri (2018) • Iqbal et al. (2020) • Wang, Yao e Salhi (2020) • Zhang et al. (2020) • Papadopoulus et al. (2021)
Oportunidades das tecnologias digitais atuando no contexto de Economia Circular	• IoT como habilitadora de práticas de EC, através do monitoramento e geração de dados;	• Beretta, Stucki e Hellweg (2017) • Oztekin (2017) • Alcayaga et al. (2019)

Continua

Conclusão

Oportunidades das tecnologias digitais atuando no contexto de Economia Circular	• Dispositivos inteligentes que monitoram e rastreiam produtos e processos; • Gerenciamento e otimização dos dados gerados através de IoT e *Big Data*; • Confiabilidade, segurança e rastreabilidade através de mecânicas com origem no *Blockchain*.	• Han, Heshmati e Rashidghalam (2020) • Iqbal et al. (2020) • Kouhizadeh, Zhu e Sarkis (2020) • Yildizbasi (2021)
Barreiras das tecnologias digitais atuando no contexto de Economia Circular	• As empresas estão dispostas a compartilhar informações com terceiros; • Percepção das partes interessadas referente ao valor da sustentabilidade; • As empresas têm estrutura para a implementação das tecnologias digitais;	• Zeng, Guo e Cheng (2011) • Blackstock e Lea (2012) • Von Haller Gronbaek (2016) • Ritzén e Sandström (2017) • Zhang, Xue e Lui (2019) • Esmaeilian et al. (2020) • Ingemarsdotter et al. (2020)

Fonte: Autor

A partir do Quadro Teórico, elaborou-se o roteiro de pesquisa que foi aplicado durante as entrevistas, buscando responder as questões das cinco dimensões e suas variáveis levantadas durante a elaboração do quadro teórico, onde essas dimensões são economia circular e *triple bottom line*, práticas de economia circular, tecnologias digitais, oportunidades das TD atuando juntamente a modelos de EC e barreiras das TD atuando juntamente a modelos de EC. Desta forma, o estudo busca entender as oportunidades e barreiras acerca das necessidades das organizações quanto a execução de práticas circulares perante o atual modelo linear e como as empresas parceiras podem através das TD auxiliar como facilitadoras desta transição.

A dimensão relacionada a economia circular e *Triple Bottom Line* busca entender qual o nível de familiaridade que as empresas do estudo têm com as práticas circulares, se já aplicam essas práticas em outros processos na empresa, qual o nível de conscientização que a execução das práticas circulares trouxeram para a empresa, quais

as necessidades por parte das empresas fizeram as mesmas buscarem a implementação de modelos circulares em seus processos organizacionais e buscar entender qual o nível de conhecimento sobre os princípios de equidade dos três pilares (social, econômico e ambiental) propostos pelo *Triple Bottom Line* e suas implicações junto a execução das TD em conjunto as práticas de EC.

A dimensão relacionada com práticas de economia circular procura entender qual o nível de conhecimento e possível aplicação das práticas da estrutura ReSOLVE nos processos, produtos e serviços, se durante a implementação a empresa buscou utilizar as práticas disseminadas pelo princípio do R's de sustentabilidade, quais R's são utilizados e se a empresa pretender expandir para outras práticas atingindo a maior utilização de R's possíveis dentro de sua estrutura e como a execução das práticas de EC tem auxiliado na obtenção dos resultados voltados para os programas sustentáveis.

Já a dimensão relacionada a tecnologias digitais busca entender se as empresas enxergam o papel das TD para a execução das práticas de EC, os fatores que levaram as empresas a buscarem parceiros que através das TD poderiam executar e implementar as práticas circulares, entender se as empresas enxergam a utilização de IoT, *Big Data* e *Blockchain* como tecnologias que trazem vantagens competitivas.

A dimensão relacionada as oportunidades geradas pela atuação das tecnologias digitais no contexto de práticas de economia circular, busca entender se as empresas visualizam as oportunidades geradas pela utilização de TD juntamente com modelos circulares, quais novas oportunidades as implementações trouxeram efetivamente e se as empresas enxergam novas oportunidades de melhoria e expansão dentro do setor no qual está inserida.

A dimensão relacionada as barreiras enfrentadas para a execução das tecnologias digitais no contexto de práticas de economia circular, busca entender se ocorreram barreiras quanto a escolha e implementação das TD, desafios para a implementação das TD na execução das práticas de EC, se houve barreira por parte das empresas que fazem parte da cadeia produtiva, principalmente no que se refere ao compartilhamento de informações, se as partes interessadas visualizam valor agregado nas práticas propostas pela empresa, se ocorreram barreiras organizacionais, estruturais e financeiras como pontos críticos para a implementação das práticas.

3.1.2 Critérios de seleção das empresas

Segundo Eisenhardt e Graebner (2007) a seleção dos casos é importante, pois, deve ser feita de forma adequada para estabelecer conexões com os conceitos desenvolvidos na pesquisa. Assim a escolha dos casos concentrou-se em empresas que se enquadraram nos seguintes critérios:

- Empresas que demonstraram ter grande representatividade em seus setores de atuação.
- Empresas de capital aberto que tem a necessidade de reportar a seus acionistas quanto a questões econômicas, sociais e ambientais com altos níveis de exigências quanto a essas questões.
- Empresas que são *benchmark* não apenas em seus setores, mas no mercado como um todo, desta forma, servindo como modelo de implementação de práticas de EC.
- Empresas que carregam trajetórias bem-sucedidas na direção da execução de TD no contexto de práticas de EC.

Desta forma, os critérios de seleção desenvolvidos apoiam o estudo de caso com duas empresas sendo uma do setor alimentício e a outra empresa com atuação voltada para *e-commerce*, mas que se enquadraram em todos os critérios propostos para a seleção dos casos, assim estabelecendo boa conexão para a busca dos resultados almejados e criando uma amostra que pudesse fornecer um panorama mais abrangente.

3.1.3 Perfil dos entrevistados

Conforme recomendado por Voss, Tsikriktsis e Frolich (2002), os eventos propostos em um estudo podem ter diferentes interpretações e pontos de vista. Assim ter mais de um entrevistado por organização possibilita a captura de diferentes perspectivas e entendimentos sobre o tema.

A estrutura das entrevistas foi conduzida através de um roteiro de pesquisa semiestruturado e aberto que tem como foco responder às questões construídas a partir do quadro teórico, onde o estudo busca respostas sobre o papel das TD na execução das práticas de EC e os mecanismos de integração das TD ao contexto de programas de EC.

Neste contexto o estudo realizou duas entrevistas em cada um dos casos participantes, sendo compostos por empresa e *startup* que auxilia na implementação das TD para execução das práticas de EC, onde buscou-se participantes de áreas

diversificadas dentro das empresas que fazem parte do estudo, sendo que estes colaboradores deveriam estar envolvidos em áreas relacionadas com os temas de tecnologias digitais e economia circular, conforme proposto para a pesquisa.

Após contato com diversos possíveis entrevistados através de *e-mail* corporativo e rede social profissional *LinkedIn*, as entrevistas foram agendadas com os participantes que se dispuseram a participar, buscando ao menos um participante das empresas (A e B) e suas *startups* (A e B) sendo estes participantes diretamente ligados aos projetos de integração das TD na execução das práticas de EC, onde os horários foram definidos pelos mesmos para responderem as perguntas do roteiro de pesquisa.

Os entrevistados do caso A têm cargos correspondentes a CEO por parte da *startup* A que concedeu uma entrevista e coordenadora de comunicação da empresa A que cedeu uma entrevista e posteriormente respondeu um questionário com perguntas adicionais. No caso B as entrevistas ocorreram com a gestora de projetos ambientais da *startup* B que concedeu uma entrevista e respondendo questões adicionais através de questionário complementar e gerente de sustentabilidade ambiental da empresa B que se dispôs a responder o questionário, todas as entrevistas foram previamente gravadas para tabulação e análise dos resultados juntamente com as informações geradas no roteiro de pesquisa, onde contribuíram para uma perspectiva mais ampla quanto aos objetivos do presente estudo e resposta da pergunta de pesquisa.

Quadro 5 – Perfil dos entrevistados

Participantes	**Cargo**	**Departamento**	**Método e nº de aplicações**	**Experiência no setor**
Startup A	CEO	Executivo	Entrevista (1)	17 anos
Empresa A	Coordenadora de Comunicação	Assuntos Corporativos	Entrevista (1) e Questionário (1)	5 anos
Startup B	Gestora de Projetos Ambientais	Gestão de Resíduos	Entrevista (1) e Questionário (1)	3 anos
Empresa B	Gerente de Sustentabilidade Ambiental	Sustentabilidade Ambiental	Questionário (1)	11 anos

Fonte: Autor

Devido à pandemia de COVID-19 as entrevistas para coleta de dados primários foram realizadas através da modalidade *online*, utilizando as ferramentas *Microsoft*

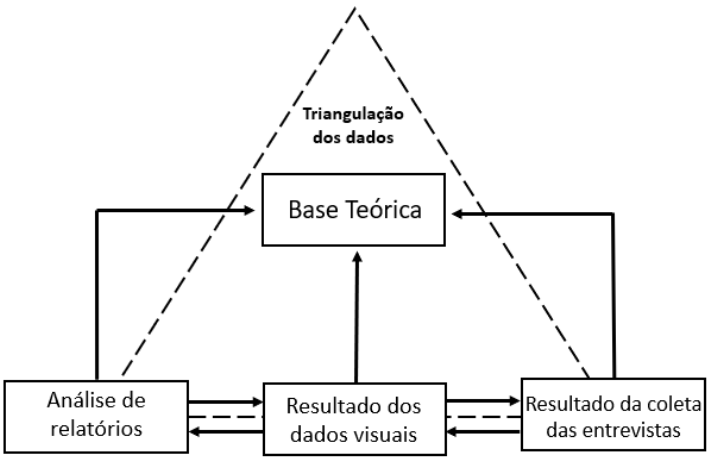
Teams e *Google Meet*, onde as mesmas tiveram duração média de 45 minutos dependendo da disponibilidade do entrevistado, sendo que as entrevistas tiveram seus áudios gravados para análise e tabulação posterior, apenas um participante não teve disponibilidade para agendar a entrevista por vídeo, mas se dispôs a responder o questionário enviado. Com o surgimento de novos questionamentos, as perguntas adicionais foram formalizadas através de um questionário complementar enviado através de *e-mail* disponibilizado pelos entrevistados.

3.1.4 Análise dos dados

A análise de dados, consiste no exame, categorização, classificação em tabelas, combinação e se necessário recombinação das evidências conforme as proposições iniciais do estudo (YIN, 2010). Na etapa de análise dos dados que envolve a preparação, condução de diferentes análises, aprofundamento das informações dos dados coletados, onde é realizada a representação dos materiais e elaboração da interpretação dos dados de forma mais ampla (CRESWELL, 2007).

A análise e tratamento de dados foi realizada por meio de triangulação dos dados (Figura 7), análise de relatórios de sustentabilidade e ESG, *business cases*, análise de dados visuais de apresentação institucional referente a Conferência Anual de ESG disponível no site da empresa e análise das entrevistas feitas com os colaboradores das empresas que fazem parte do estudo.

Figura 6 – Triangulação dos dados



Fonte: Autor “adaptado de” YIN (2015) p. 102

A triangulação das fontes de dados contribui para mitigar viés pessoal e

metodológico do pesquisador, aumentando a confiabilidade e validade dos resultados, desta forma, olhando a questão de pesquisa, a partir de mais de uma fonte de dados. As informações vindas de diferentes ângulos podem ser usadas para reforçar e aumentar a generalização do estudo (YIN, 2015). A combinação de múltiplas fontes de dados é fundamental para a criação de um banco de dados que é utilizado durante o estudo, efetuando a validação das informações através do cruzamento das fontes e com isso aumentando a confiabilidade dos resultados no estudo de caso. Representando um processo de múltiplas percepções para esclarecer as questões levantadas, verificando a repetição de padrões nas diversas fontes disponíveis (YIN, 2015).

Após a conclusão da etapa de coleta de dados, foi utilizado o *software* de análise qualitativa MAXQDA para realizar a transcrição das gravações das entrevistas e inclusão dos dados secundários que são formados pelos relatórios de sustentabilidade e ESG disponíveis nos sites das empresas participantes do estudo, *business cases* e dados visuais através de apresentação institucional da Conferência de ESG disponível no site da empresa.

Conforme Bardin (2011) após a inserção das informações, o processo de análise segue com a codificação dos dados inseridos, a categorização das informações, redução dos dados mantendo apenas as informações pertinentes, ordenando as informações de forma a obter uma melhor análise e compreensão dos dados gerados.

A categorização é considerada um processo sistêmico que utiliza a prática de organização mantendo os parágrafos separados por categorias, assim sendo uma das formas de sistematizar as informações (CRESWELL, 2010). A codificação dos dados para organização e análise utilizou como base as dimensões criadas no quadro teórico, de forma a facilitar os recortes dos textos transcritos das entrevistas, dos relatórios, *business cases* e dados visuais, auxiliando no processo de redução dos dados e assim mantendo o foco nos objetivos e questão de pesquisa.

Após a etapa de separação em categorias e redução dos dados é iniciada a etapa de combinação e recombinação dos dados, a fim de encontrar padrões de correspondência de forma a realizar a interpretação dos dados e orientar a análise dos resultados e as conclusões.

O estudo de caso busca possíveis padrões únicos encontrados durante a execução da análise de cada caso da pesquisa, auxiliando na identificação de semelhanças ou diferenças entre os casos que fazem parte do estudo. As convergências auxiliam na comprovação da teoria e na confirmação da pergunta de pesquisa, mas em compensação

as diferenças encontradas entre os casos, instigam o pesquisador a analisar com maior profundidade a evidência que corrobora esta diferença (EISENHARDT, 1989).

4 APRESENTAÇÃO DOS CASOS

Neste capítulo é realizada a descrição das empresas (A e B) que fazem parte do estudo e suas respectivas parceiras *startups* (A e B), a fim de apresentar dados relacionados as empresas, barreiras e oportunidades que envolvem as práticas de EC e o papel das TD para auxiliar na execução de práticas no contexto de EC.

4.1 EMPRESA A

A empresa A tem seu capital aberto, atua há mais de 130 anos em território nacional, sendo uma das líderes do mercado de alimentos e bebidas, tendo no setor de bebidas sua maior representatividade onde produzem cervejas, refrigerantes, bebidas mistas, energéticos, isotônicos, sucos, chás e água, alcançando 65% do mercado consumidor, a empresa reportou lucro líquido de 3.712 bilhões de reais no terceiro trimestre de 2021, sendo este resultado 57,4% maior que o mesmo período no ano anterior.

A empresa observou a necessidade de adequação no que se refere a recuperação de embalagens pós-consumo, assim com seu programa de aceleração criado em 2018, iniciou uma parceria com uma *startup* focada em TD para a logística reversa destas embalagens pós-consumo.

A *startup* A utiliza tecnologias de IoT, *Big Data* e *Blockchain* para o processo de logística reversa inteligente que visa a recuperação de forma eficiente das embalagens pós-consumo, onde através dos dados de vendas fornecido pela empresa A à *startup* insere estes dados em seu sistema, os algoritmos da plataforma criam os raios de atuação tendo como base o tamanho do ponto de venda, por exemplo, se for um hipermercado, o algoritmo cria um raio de atuação de dois quilômetros em torna da localização, mas se for um minimercado o raio de atuação fica em 500 metros. Através destes raios de atuação a plataforma faz as intersecções que geram os dados para análise, onde origina-se o mapeamento das regiões com grande concentração de condomínios, bares e restaurantes que são grandes geradores de descartes pós-consumo.

A *startup* conta com equipes de coletores para esses descartes que recebem diariamente as rotas de coleta que são otimizadas através de IoT e no ato da coleta é feita a pesagem do material coletado e dados como cliente, tipo de descartes, data e fotos da coleta são inseridos e validados com tecnologia *Blockchain*, a pesagem é feita em três

momentos, sendo o primeiro durante a coleta no cliente, depois quando os descartes são direcionado para o HUB de armazenagem e por fim quando chega a usina de processamento de vidro da empresa A, assim mantendo a segurança e rastreabilidade durante toda a prática de recuperação.

4.2 EMPRESA B

A empresa B tem seu capital aberto, atua em todo mercado nacional desde 1999, é um dos líderes dentro da área de *e-commerce*, fornecendo todo um ecossistema de serviços como *marketplace* dentro de sua plataforma virtual, pagamentos, serviços financeiros, envios de compras, soluções para criação de loja virtual e unidade de negócios voltada para a venda de publicidades, onde tem uma representatividade de 31,9% no mercado de *marketplace* e na métrica de *Share of Search* a empresa tem 32,2% de representatividade no mercado, a empresa tem mais de 300 milhões de usuários cadastrados, sendo a plataforma de *e-commerce* mais acessada no Brasil em 2021, a empresa reportou lucro líquido de 95,2 milhões de dólares no terceiro trimestre de 2021, onde obteve um crescimento de 43,4% em relação ao mesmo período do ano anterior, a operação do Brasil representou 55% no total dos resultados obtidos.

A empresa B viu a necessidade de implementar uma padronização nos processos de descartes dentro de seus centros de distribuição (CD), pois, cada CD tinha autonomia para contratar terceiros para processarem seus descartes, após um estudo interno a empresa iniciou o processo de adequação em seus CD.

Através da contratação da *startup* B que utiliza sua plataforma *online* com *Big Data* e IoT para o monitoramento dos volumes gerados nos CD, otimização das rotas de coleta, gestão dos resíduos gerados, processamento adequado destes resíduos para fins de reciclagem, remanufatura ou descarte, além de retorno financeiro com a venda dos resíduos que antes a empresa B simplesmente pagava para um terceiro descartar sem ter a certeza se estava sendo realizado de forma adequada.

As informações de produção mensal, geração de resíduos e coletas são fornecidas pela empresa B, onde as mesmas são inseridas na plataforma da *startup* B gerando assim um banco de dados do volume e tipo dos resíduos produzidos, assim a *startup* B através da análise de *Big Data* e o IoT projetam o tipo de equipamento mais adequado para instalação no cliente e quantidade de colaboradores a serem disponibilizados no CD, quantidade de coletas a serem feitas semanalmente, otimização de rotas para as coletas,

monitoramento e coleta mais adequada para períodos de maior volume de vendas como *Black Friday*, Natal entre outros períodos de grande demanda e otimização na escolha de fornecedores que estejam mais próximos do CD, assim fazendo com que a logística reversa se torne mais eficiente, gerando um menor impacto com a emissão de carbono e no descarte correto dos resíduos.

O Quadro 6 apresenta uma visão geral das empresas que fazem parte do estudo, os casos apresentados agregam em diversas variáveis propostas nas dimensões do quadro teórico e assim alavancando a busca pelos resultados.

Quadro 6 – Resumo dos casos

Dados Corporativos	Empresa A	Startup A	Empresa B	Startup B
Fundação	1885	2018	1999	2011
Origem	Brasil	Brasil	Argentina	Brasil
Capital Aberto	Sim	Não	Sim	Não
Faturamento	R$ 3,7 bilhões	Não informado	U$ 95,2 milhões	R$ 12 milhões
Funcionários	+ 38.000	+50	+ 15.000	+200
Segmento	Alimentos e bebidas	Transporte e logística	*e-commerce*	Serviços ambientais
Representatividade	65%	Não informado	31,9%	Não informado
Benchmark	Sim	Sim	Sim	Sim
Utiliza TD	IoT, *Big Data* e *Blockchain*	IoT, *Big Data* e *Blockchain*	IoT e *Big Data*	IoT e *Big Data*
Práticas EC aplicadas	Recuperação, reciclagem e reutilização	Recuperação e reciclagem	Recuperação, reciclagem, reutilização e reparo	Recuperação e reciclagem

Fonte: Autor

Em relação ao quadro 6, destaca-se os pontos referentes a representatividade das empresas em seus mercados atuantes, são empresas de capital aberto que reportam seus acionistas, são *benchmark* no mercado, são bem-sucedidas atuando no fechamento de ciclos de EC e por utilizarem as TD para auxiliar nesta implementação e fechamento dos ciclos circulares.

5 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados da pesquisa realizada junto as empresas que fazem parte do estudo. A descrição dos casos está baseada em evidências empíricas, coletadas por meio de respostas do roteiro de pesquisa através de entrevistas com os colaboradores das empresas e questionário complementar, assim como outras fontes de informações de dados secundários como relatórios e apresentações institucionais disponíveis nos sites das empresas participantes do estudo.

Quadro 7 – Sumário da apresentação dos resultados

Dimensões	Caso A	Caso B
Economia Circular e *Triple Bottom Line*	• Reciclagem, recuperação e colaboração com o desenvolvimento da cadeia de recicláveis. • Eficiência no consumo de material reciclado, água e combustíveis fósseis. • Pauta sua atuação dentro do conceito de TBL – busca equidade.	• Reciclagem, recuperação, reutilização e colaboração com o desenvolvimento da cadeia de recicláveis. • Eficiência energética e gestão adequado dos resíduos gerados. • Pauta usa atuação dentro do conceito de TBL, mas não utiliza parâmetros para medir a equidade.
Práticas de Economia Circular	• Considera a estrutura ReSOLVE como habilitadora de práticas de EC. • Aplica as áreas da estrutura em seus processos produtivos. • Aplica os R's de repensar, reduzir, reutilizar, reciclar, recuperar e incluiu respeitar.	• Considera a estrutura ReSOLVE como habilitadora de práticas de EC. • Aplica a estrutura na área de regeneração através de eficiência energética. • Aplica os R's de repensar, reduzir, reutilizar, reparar, reciclar e recuperar.
Tecnologias Digitais	• *Big Data* aumenta a eficiência para o processamento e gerenciamento dos dados.	• *Big Data* aumenta a eficiência para o processamento e gerenciamento dos dados.

Continua

Conclusão

Tecnologias Digitais	• IoT oferece rastreabilidade, sensoriamento e otimização de dispositivos e práticas circulares. • *Blockchain* proporciona maior rastreabilidade, segurança e confiabilidade para os dados. • As TD auxiliaram de forma decisiva para a implementação da logística reversa inteligente.	• IoT oferece rastreabilidade e otimização de dispositivos e práticas de reciclagem. • As TD foram fundamentais para que a empresa obtivesse eficiência na aplicação da prática de gerenciamento e reciclagem dos resíduos.
Oportunidades das tecnologias digitais atuando no contexto de Economia Circular	• As TD expandiram a prática de recuperação para embalagens de alumínio e PET. • Otimização de rotas de entrega através da IoT. • Segurança que o material recuperado não vem de trabalho infantil ou semiescravo.	• Gerenciamento dos resíduos gerados pelos escritórios da empresa. • Análise de dados para prever demandas futuras. • Expansão das práticas de gestão dos resíduos e reciclagem para outras operações fora do Brasil.
Barreiras das tecnologias digitais atuando no contexto de Economia Circular	• Pela *startup* ser uma empresa pequena, a expansão da prática de recuperação não pode ser feita em nível nacional. • Dificuldade no manuseio da plataforma por parte dos colaboradores que atuam na prática de coleta.	• Falta de dados prévios por parte dos CD no início da implementação das práticas circulares. • Falta de adequação da infraestrutura nas operações dos CD, ocasionando atraso no início da implementação.

Fonte: Autor

5.1 DIMENSÃO ECONOMIA CIRCULAR E TRIPLE BOTTOM LINE

As empresas vêm buscando incluir modelos de EC em suas operações, onde em um primeiro momento a EC entra no processo como risco operacional, mas durante o processo de implementação, as empresas passam a constatar que EC pode trazer vantagens competitivas.

A empresa A passou a enxergar que a implementação de práticas de EC em prol de práticas lineares, trouxeram benefícios como a utilização de menos recursos para a

produção, assim reduzindo o custo financeiro e explorando menos a natureza. A empresa A entendeu que ao utilizar material reciclado e ao colaborar com o desenvolvimento da cadeia de recicláveis, a empresa passa a comprar cada vez menos material virgem e consequentemente tem um retorno financeiro positivo em suas operações, além do impacto ambiental.

Com a implementação de práticas de EC, a empresa A entendeu que ao recuperar as embalagens pós-consumo acaba explorando menos a natureza, pois, necessitará de menos material virgem em seus processos, gastando menos água na produção, o que acaba por impactar de forma positiva quanto a exploração dos recursos hídricos, a recuperação das embalagens pós-consumo tem resultados importantes quanto ao consumo de combustíveis fósseis e na redução da emissão de CO_2, assim a empresa acaba por ser mais eficiente em relação a emissão de CO_2 e auxiliando na mitigação de possíveis mudanças climáticas.

Desta forma, a empresa A passou a visualizar que atuando com suas operações através de modelos circulares acaba obtendo benefícios em seu *shareholder* por ter um menor custo financeiro, melhorando as margens de lucro e consequentemente um maior retorno financeiro para a organização e seus acionistas, mas os benefícios também se estendem para os *stakeholders*, pois, entregam um produto com menor utilização de matéria-prima virgem para sua produção, fomentando um ecossistema com consciência socioambiental, retorno positivo na diminuição da emissão de CO_2 e eficiência energética nos processos produtivos, portanto, a empresa A estabelece a visão onde a economia circular será o grande diferencial estratégico para a próxima década.

Tendo as práticas de EC como parte do negócio, a Empresa A pauta sua atuação dentro do conceito de TBL, onde realizam a medição de quanto a empresa está comprometida com as práticas ambientais, sociais e econômicas, cujos temas são reportados e supervisionados pelo conselho executivo da empresa. Através destas ações, a empresa busca formas de minimizar o impacto gerado no meio ambiente, conscientizando seus colaboradores e empresas que fazem parte de seu ecossistema, buscando construir sociedades mais justas e levando em consideração o retorno financeiro e governança para garantirem que todos os pilares tenham o crescimento constante e de forma igualitária.

A empresa B contempla a implementação de práticas de EC como um modelo que auxilia no processo de melhoria contínua acompanhando o crescimento sustentável. Onde as ações adotadas pela empresa buscam o desenvolvimento de soluções inovadoras e

eficientes que impulsionem o crescimento do negócio, ao mesmo tempo que reduzam o seu impacto ambiental.

Para atingir os desafios internos de redução no impacto ambiental, a empresa B atua com ações voltadas para os setores de comércio e logística, onde desde 2016 a empresa possui uma central que monitora as emissões com a utilização de indicadores cada vez mais precisos que abrangem as áreas internas da empresa e a cadeia de valor, para os indicadores a empresa seguiu as diretrizes de medição do *Greenhouse Gas Protocol* (GHG Protocol), desenvolvido em conjunto pelo Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (WBCSD) e pelo *World Resource Institute* (WRI). Desta forma, conseguindo rastrear e monitorar o impacto em tempo real e assim podendo atuar de forma preventiva para mitigar as emissões de CO_2 e a geração de resíduos.

Para reduzir o impacto ambiental a empresa B constata que o desenvolvimento sustentável exige foco em desafios como reconversão da matriz energética, atuação para direcionamento de recicláveis ou descarte adequado dos materiais e adoção de alternativas de transporte com menos emissões. Como não é possível alcançar estes objetivos sozinha, pois, tais articulações requerem a atuação conjunta entre governos, empresas, acadêmicos e outros públicos estratégicos. Sendo assim, a empresa B assumiu o papel de ator central na transformação das regiões onde atua com seus CD, assumindo o desafio de liderar e incentivar o diálogo quanto a práticas circulares e a equidade entre os pilares ambiental, social e econômico.

A empresa B reconhece que implementar práticas de EC, os obrigam a melhorar as estratégias para mitigar o impacto ao longo de toda a cadeia de valor, assim trabalhando e desenvolvendo os prestadores, fornecedores e parceiros estratégicos para alcançar o desenvolvimento sustentável, onde cada vez mais o mercado exige informações claras, abrangentes e de qualidade sobre os impactos causados pelas operações da empresa.

5.2 DIMENSÃO PRÁTICAS DE ECONOMIA CIRCULAR

As empresas buscam implementar práticas de EC que atendam suas necessidades, assim quando internamente não conseguem atender as demandas, buscando parcerias através de processos de inovação aberta para que a implementação das práticas de EC ocorram de forma bem-sucedida.

A empresa A iniciou seu processo de implementação de práticas de EC através da criação de um programa de aceleração em 2018, sendo este um projeto que fomenta

idéias de práticas circulares através de *startups*, assim adequando e otimizando seus processos atuais e desenvolvendo novas práticas, serviços e produtos na busca por um planeta mais sustentável.

Para a implementação das práticas de EC a empresa A realizou uma parceria com uma *startup* de seu programa de aceleração, onde a prática de mineração urbana foi utilizada para a recuperação de embalagens pós-consumo, a partir da utilização de IoT e BD para auxiliar na identificação dos pontos de calor buscando encontrar onde essas embalagens pós-consumo são geradas em grande quantidade, assim, a recuperação destes materiais nos meios urbanos pode ser realizada com maior eficiência. Após a recuperação dessas embalagens pós-consumo, todo o material coletado é direcionado para a usina de vidro da empresa A, onde é realizado todo o processo de reciclagem para uma nova reentrada da cadeia de valor e todo este processo é validado através de contratos com origem em tecnologia *Blockchain*.

A empresa A reconhece a estrutura ReSOLVE como habilitadora para a implementação de práticas de EC e assim aplicando as áreas da estrutura em seus processos produtivos, como atuar na área de regeneração através da eficiência energética em suas operações, onde seus CD estão sendo adaptados para utilização de energia solar, na área de compartilhar temos o monitoramento e a rastreabilidade de suas embalagens, a utilização do BD e IoT para o sensoriamento e a otimização dos processos.

A *startup* efetua a prática de recuperação das embalagens pós-consumo, auxiliando assim a empresa A no fechamento dos *loops* dos ciclos circulares, as tecnologias digitais ajudam na área de virtualização dos processos, como clientes realizando compras *online* e pôr fim a área de troca da estrutura ReSOLVE se caracteriza com a constante renovação e busca de melhoria contínua de seus processos e produtos, procurando maneiras de aumentar o material reciclado em suas embalagens e melhorar as taxas de reciclagem, recuperação e reutilização de vidro, alumínio e garrafas PET.

Conforme relatos da empresa A à integração dos R’s é realizada através das práticas de recuperação do material que pode ser reutilizado, assim buscando recuperar os materiais primeiramente para reuso ou para reciclagem, essas práticas sustentáveis devem ser feitas repensando toda a cadeia de valor e respeitando as pessoas que fazem parte da cadeia através de benefícios que proporcionem ganho social para os envolvidos nos processos praticados na cadeia de valor.

A empresa entende que todos os R’s são muito integrados, começando com o repensar o modelo atual de negócio, recuperar as embalagens e materiais colocados no

mercado, reciclar os materiais coletados, pois, a fabricação de uma garrafa de vidro com material reciclado consome 70% menos energia e 20% menos água em comparação com a resina virgem, reuso das embalagens, pois, as garrafas que estão intactas são produtos acabados e sua reentrada na cadeia é muito mais simples, incentivando a utilização das garrafas de vidro retornáveis que podem ser utilizadas mais de 20 vezes ao ano, assim evitando a produção de novas garrafas, a empresa A destaca o R de respeitar que não se encontra na proposta de Potting, sendo respeitar as pessoas e mão-de-obra, pois, a parte social deve estar sempre no topo da lista de prioridades.

A empresa B passou a implementar práticas de EC em 2016, voltadas principalmente para a reconversão de matriz energética, redução na emissão de CO_2 e ações mais eficientes no que se refere a separação dos resíduos para reciclagem, recuperação, reutilização, reparo ou descarte adequado destes resíduos gerados pelos CD nos aterros.

A empresa B visualizou a necessidade de adequação e padronização quanto a reciclagem e descarte dos resíduos gerados em seus CD, buscando parceria com uma *startup* que através da utilização de tecnologias digitais desenvolveu todo o processo de monitoramento, otimização de práticas e descarte dos resíduos. Assim a empresa B buscou a implementação de soluções mais sustentáveis em seus processos, através da utilização de tecnologias como habilitadoras para a execução de práticas circulares que buscam mitigar o impacto do uso e descarte dos materiais e na busca para se tornar mais eficiente e inovadora na gestão dos recursos disponíveis.

Com o controle das informações que a empresa B obteve através das práticas implementadas pela *startup* parceira do projeto, a empresa início o processo de otimização da gestão sustentável dos materiais de trabalho, resíduos e sobras, a empresa passou a buscar práticas inovadoras quanto a gestão dos resíduos como o desenvolvimento de embalagens recicláveis, reutilizáveis ou compostáveis, que hoje compõe 100% das embalagens utilizadas pela empresa para os envios.

A empresa B atua dentro da proposta da estrutura ReSOLVE operando na área de regeneração através da eficiência energética, onde está migrando as operações de seus CD para fontes de energias renováveis, as embalagens são projetadas para serem reutilizadas e compartilhadas assumindo outras funções, a análise de dados realizada através de BD e otimização dos processos realizada com a IoT auxiliam a empresa na busca por maior eficiência interna e na cadeia de valor ao qual está inserida.

Através de práticas de reciclagem e na produção de embalagens sustentáveis a

empresa B fecha os *loops* circulares dentro de sua operação, a virtualização de suas operações faz parte dos princípios da empresa, onde a mesma busca virtualizar seus processos e serviços através da disponibilização de serviços inteligentes que atendam às necessidades de seus clientes e de sua cadeia de valor, a área de troca envolve o constante desenvolvimento de novas práticas, onde a empresa B opera com práticas de eficiência energética nos novos CD e atualizando os CD em operação com essas práticas que buscam a eficiência energética, troca da frota interna por veículos elétricos, embalagens recicláveis, reutilizáveis ou compostáveis e atuando na regeneração dos ecossistemas naturais nas regiões onde a empresa possui CD.

A empresa B reconhece e integra em suas operações as práticas dos R's de sustentabilidade, começando pelo repensar suas operações para que estas atividades tenham um impacto ambiental menor e sejam cada vez mais eficientes, recuperar os resíduos gerados, a empresa tem um nível de recuperação dos resíduos gerados em seus CD superior a 89%, a empresa implementou dois grandes programas de recuperação de resíduos com o objetivo de reinserir os recursos utilizados no ciclo produtivo.

A prática reduzir é adotada através da redução dos volumes das embalagens, pois, com a redução do peso, realiza-se a adequação das embalagens de acordo com o volume a ser enviado e consequentemente a quantidade de material utilizado em cada envio acaba por diminuir, as práticas implementadas pela *startup* B nos CD com a utilização das embalagens sustentáveis auxiliaram na eficiência das práticas de reciclagem e reutilização, a prática de reparo é aplicada através do estabelecimento de parcerias com ONGs, onde o reparo de produtos danificados são realizados, assim evitando a destruição de produtos e buscando reinseri-los na cadeia de consumo através de práticas de EC.

5.3 DIMENSÃO TECNOLOGIAS DIGITAIS

As tecnologias digitais vêm com o propósito de tornar a execução de práticas de EC menos morosas para as organizações que buscam atuar dentro de modelos circulares, assim as empresas têm buscado nas TD meios para atenderem suas necessidades e tornarem essas implementações mais eficientes.

A empresa A buscava soluções para atender sua necessidade quanto a coleta de embalagens pós-consumo, assim, a empresa buscou na parceria com uma *startup* de seu programa de aceleração a solução para esta demanda, onde a *startup* utiliza tecnologias como IoT, BD e *Blockchain* para a prática de logística reversa inteligente.

Através do grande volume de dados de vendas fornecido pela empresa A, a *startup* com a utilização do BD consegue gerenciar esses dados, gerando uma base para que a análise de BD possa examinar, processar e criar padrões, correlações, tendências e *insights* a serem investigados na busca eficiente dos pontos de geração de grandes volumes de descartes pós-consumo.

Após a geração das informações disponibilizadas pelo BD, a empresa utiliza a IoT para encontrar onde as embalagens pós-consumo são descartadas, assim, os algoritmos da IoT transformam os 300ml do produto em 190 gramas de vidro, buscando a embalagem pós-consumo e não o produto na prateleira de venda. Com essas informações a IoT consegue produzir um mapa de geração de resíduos, através deste mapa é realizada a triangulação dos dados, assim gerando os chamados *Hot Spots* que são as áreas de grande concentração de geração dos materiais.

A IoT desempenha a função de otimização das rotas de coleta para os colaboradores da empresa, fornecendo a rastreabilidade e aferição das coletas do ponto de origem, transporte e destino, controlando a velocidade de deslocamento do colaborador, monitora caso o colaborador se encontre acima da velocidade permitida na via, mudança de destino durante a rota de coleta estimada para o dia sem autorização prévia, controle de localização e monitoramento se os registros do ponto eletrônico estão sendo realizados de forma correta.

O *Blockchain* foi inserido na plataforma da *startup* A para que a empresa contasse com uma forma de validar cada elo do processo, assim, quando o colaborador se encontra em um ponto de coleta, efetua-se a pesagem e registro fotográfico do material a ser coletado, as informações são inseridas em um contrato validado por *Blockchain*, quando o colaborador localiza-se no HUB de armazenagem da *startup* é realizada uma nova aferição para confirmação dos materiais entregues e por fim quando o material coletado é direcionado para a usina de reciclagem da empresa A é realizada a última pesagem, assim através dos contratos validados por *Blockchain*, a empresa A tem a segurança quanto as informações relacionadas a todo o material recuperado mediante a coleta pós-consumo, pois, os dados inseridos nos contratos inteligentes não podem sofrer alteração.

A utilização da validação por *Blockchain* garante para a operação da empresa A que o material coletado na prática de logística reversa inteligente é composto apenas por descarte de embalagens pós-consumo, pois, existe a comprovação através das informações inseridas nos contratos inteligentes que ocorrem no ponto de origem da coleta, assim, garantindo para a empresa todas as informações para comprovação dos 22%

de recuperação de material pós-consumo conforme exigência do artigo 33 do Plano Nacional de Resíduos Sólidos.

Todos os colaboradores da *startup* são funcionários contratados através de regime CLT, assim quando um colaborador realiza uma coleta, seu registro fica vinculado a esse contrato gerado e validado por *Blockchain*, desta forma, trazendo segurança tanto para a *startup* A quanto para a empresa A, pois, o registro do colaborador é associado ao RH da *startup*, onde pode-se comprovar que o colaborador está com o salário, FGTS e férias rigorosamente em dia, que o mesmo registra ponto eletrônico, trabalha com expediente de oito horas por dia e assim podendo comprovar que os materiais coletados não tiveram origem por meios como mão-de-obra infantil ou semiescrava.

A empresa B buscava a padronização dos processos dentro de seus CD, após estudo interno foi levantada a necessidade de adequação quanto aos processamentos dos resíduos gerados dentro das operações, desta forma, a empresa B analisou possíveis fornecedores no mercado e firmou parceria com uma *startup* para fazer a gestão de todos os resíduos gerados nos CD.

O processo inicia-se com a *startup* recebendo a massa de dados fornecida pela empresa B e inserindo essas informações em sua plataforma com base em tecnologia de BD, realiza o gerenciamento da operação através da manipulação, processamento e criação de padrões e correlações na base de dados, assim gerando novos grupos de dados que otimizam a análise dessas informações na busca dos resultados almejados.

Com um banco de dados onde constam mais de 20 mil fornecedores cadastrados, a *startup* realiza a gestão dessas informações a fim de otimizar a busca e conseguir atuar de forma mais eficiente no levantamento das melhores opções de fornecedores que atendam as demandas da empresa B em cada região atuante, buscando parceiros que estejam na região dos CD em operação ou analisando fornecedores potenciais para regiões onde novos CD serão abertos, assim criando um ecossistema eficiente no entorno das operações da empresa.

A IoT auxilia na execução de práticas de EC trazendo importantes soluções como o sensoriamento e monitoramento das unidades de coleta, fornecendo informações em tempo real e assim otimizando a prática de roteirização da coleta, entregando maior eficiência a prática de EC, também pode ser apontado que através da otimização das rotas os veículos coletores têm atuação mais assertiva quanto aos locais a serem visitados, desta forma, acarretando no impacto positivo pela menor taxa de emissão de CO_2.

Outro ponto importante é a rastreabilidade que a IoT traz para auxiliar na

execução das práticas de EC, pois, com o rastreabilidade proporcionada pelas práticas realizadas nos CD, a empresa B consegue monitorar, rastrear e articular medidas conjuntas com outros atores da cadeia de valor, assim otimizando processos, reduzindo o impacto ambiental e garantindo eficiência em todos os níveis da cadeia.

A rastreabilidade dentro dos CD trouxe o controle sobre as informações de geração de resíduos, desta forma direcionando o processo de tomada de decisões, a empresa B reconhece que antes não tinha controle no que se refere a quantidade gerada, tipo de resíduos e nem sobre as práticas de descartes adotadas pelos prestadores contratados, mas após a implementação das práticas com auxílio das TD, a empresa afirma que consegue dar a destinação correta para todos os tipos de resíduos gerados em suas operações, sendo 69,9% para reciclagem, 19,3% para reutilização, 1,41% para recuperação, 0,73% para compostagem e tendo apenas 8,6% dos resíduos gerados sendo destinados para aterros.

Para o direcionamento eficiente dos resíduos, o monitoramento e a rastreabilidade fornecidos pela IoT se tornam fundamentais, pois, através da utilização da tecnologia consegue-se visualizar o tipo e volume de resíduos gerados e assim aplicar o direcionamento adequado para uma reciclagem mais eficiente, a origem dos resíduos gerados pela empresa B são 62,2% papelão, 18,5% madeira, 10,3% gerais, 7,74% plástico, 0,63% orgânico/compostável, 0,27% papel e 0,11% alumínio. A empresa B consegue atuar de forma eficiente internamente e em sua cadeia de valor, por exemplo, 100% do papelão utilizado na cadeia de valor deve conter o selo FSC (Forest Stewardship Council), sendo que a validação se faz possível por conta da rastreabilidade das informações através da IoT.

5.4 DIMENSÃO OPORTUNIDADES DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS ATUANDO NO CONTEXTO DE ECONOMIA CIRCULAR

As empresas buscam sempre alinhar seus valores e operações com o processo natural de evolução da mentalidade dos consumidores, que valorizam cada vez mais práticas que respeitem a sociedade e o meio ambiente, sendo que neste processo de adaptação, podem surgir novas oportunidades no qual a empresa através de movimentos adaptativos rápidos pode criar vantagens competitivas perante seus concorrentes e melhorar ou manter uma percepção positiva que as partes interessadas tenham quanto a empresa.

Através da rastreabilidade proporcionada pela utilização da IoT, a empresa A visualizou a oportunidade de construir uma cadeia de logística reversa inteligente, pois, a IoT propiciou a possibilidade de criação dos mapas de geração de resíduos e com o auxílio destes mapas a empresa intercepta as embalagens no ponto de consumo, não deixando as mesmas chegarem aos aterros, sendo assim, a rastreabilidade por IoT trouxe mais eficiência para a prática de recuperação de material reciclado, onde inicialmente a empresa A implementou a recuperação junto a embalagens de vidro, passando a utiliza a tecnologia para o processo de recuperação de embalagens de alumínio e PET, sendo que a empresa estipulou meta a ser cumprida até 2025, onde 100% de suas embalagens devem ser rastreáveis, retornáveis e majoritariamente produzidas com material reciclado.

A análise dos dados e a otimização das rotas de coleta realizadas através de BD e IoT trouxe um importante ganho quanto a redução da emissão de CO_2, pois, a eficiência na otimização das rotas de coleta ocasiona um gasto de combustíveis fósseis substancialmente menor, a empresa A incorporou essa prática de otimização de rotas para a roteirização dos veículos que realizam as entregas para os clientes com o trajeto sendo iniciado nos CD da empresa, onde as rotas de entregas com pernas mais curtas são otimizadas para serem feitas com a utilização de veículos elétricos e de menor porte.

O *Blockchain* tinha inicialmente a função de validar o volume de material coletado junto aos clientes geradores de grande volume de resíduos, mas para suprir a necessidade de comprovação do tipo de mão-de-obra que está realizando a recuperação do material, a empresa observou a oportunidade de utilizar a tecnologia para associar o registro do colaborador com a coleta que está sendo efetuada, assim, a empresa passou a ter a segurança, confiabilidade e aferição das informações referentes a mão-de-obra que faz a coleta dos materiais, desta forma, a validação por *Blockchain* garante que o material coletado não tem faz uso de mão-de-obra infantil ou semiescrava.

A empresa B explora constantemente soluções sustentáveis que possam escalonar para depois incorporar em suas operações, assim, a utilização de IoT e BD foram importantes, pois, a partir das informações geradas com a atuação das TD, surgiu a plataforma de rastreabilidade dos resíduos gerados, com isso destacou-se a oportunidade de quantificar o volume e tipo de resíduo, direcionar este material para reciclagem, reutilização, recuperação ou destinação correta em aterros. Anteriormente a utilização de práticas que tenham como base as TD, cada CD contratava individualmente seus prestadores de serviços, o que acarretava a falta de informações quanto a destinação do material gerado.

A tecnologia de rastreabilidade foi incorporada não apenas as práticas nos CD, sendo levada para os escritórios da empresa B, onde com a utilização da plataforma de IoT efetua-se a rastreabilidade, monitoramento e direcionamento para reciclagem, recuperação ou compostagem de 4.500 kg de resíduos gerados todos os meses. Com a implementação das práticas de EC feita pela *startup* parceira do projeto, a empresa B que antes simplesmente pagava para que os resíduos fossem descartados, agora além do descarte ser realizado de forma correta, a empresa passou a ter retorno financeiro com a precificação e venda dos materiais destinados a reciclagem através da plataforma da *startup*.

A utilização do BD e da IoT auxiliam na projeção das demandas de vendas futuras e colaboram no processo de adequação dos CD para períodos de grandes fluxos, principalmente em períodos como *Black Friday* e Natal ou com a expansão da capacidade de um CD em operação, pois, com o aumento percebido no fluxo de vendas, a geração de resíduos acompanha este movimento e desta forma, com a análise dos dados sendo realizada por BD e a IoT fornecendo o acompanhamento de demandas futuras, a empresa pode otimizar a operação interna e direcionar a cadeia de valor junto ao grande volume de vendas e consequentemente de resíduos gerado.

Por conta do alto nível de controle das informações em tempo real e da eficiência gerada na tomada de decisões que pode ser alcançada nas operações do Brasil através da utilização das TD como habilitadoras das práticas de EC, essas práticas passaram a ser implementadas nas operações da empresa B em outros países com bons resultados desde o início da execução, como por exemplo, a taxa de recuperação dos resíduos na Colômbia em 2020 foi de 85%, enquanto em 2021 essa taxa aumentou para 90%, na operação do México em 2020 a taxa de recuperação foi de 79% e no ano de 2021 subiu para 97% e por fim da Argentina durante o ano de 2020 a taxa de recuperação foi de 69%, enquanto em 2021 teve um crescimento para 81% de material recuperado.

5.5 DIMENSÃO BARREIRAS DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS ATUANDO NO CONTEXTO DE ECONOMIA CIRCULAR

Na busca por alinhar seus valores e operações com o processo natural de evolução da sociedade e contribuir com o enfrentamento dos desafios socioambientais, as empresas buscam por oportunidades, mas durante o processo ocorrem barreiras que devem ser ultrapassadas para que a empresa obtenha sucesso em seu processo de mudança,

alinhando seus valores para com as demandas socioambientais.

A empresa A não teve barreiras quanto ao fornecimento de informações junto a cadeia de valor, pois, durante o desenvolvimento do projeto de logística reversa acabou por auxiliar a *startup* em todas as frentes, assim, com as informações necessárias foram disponibilizadas pela empresa A e seus prestadores, a *startup* teve total apoio para que a implementação do projeto ocorresse de forma adequada.

Uma barreira que a empresa A enfrenta até o presente momento se refere a expansão da prática de logística reversa inteligente, pois, com o sucesso da execução inicial, a empresa tem o objetivo de expandir a prática circular para suas operações dentro do território nacional, mas por conta da *startup* ainda ser uma empresa em desenvolvimento e dos desafios imposto pela pandemia, essa expansão não pode ocorrer em nível nacional, onde o processo de expansão vem ocorrendo gradativamente e hoje a *startup* atua com a prática de logística reversa inteligente nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Bahia, Pernambuco e no Distrito Federal, com perspectiva de expansão para o ano de 2022, inclusive com a implementação em operações fora do Brasil.

A plataforma utilizada pelos colaboradores da *startup* no início da operação era composto por apenas três módulos de atuação, onde as brechas sistêmicas e a falta de robustez ocasionaram barreiras pela falta de informações disponíveis e até brechas de segurança quanto a localização do colaborador e validação do volume de material coletado, mas com o comprometimento da *startup* que participante do projeto, o sistema foi adequando-se, hoje o mesmo conta com catorze módulos de atuação e toda a parte de validação passou a ser feita com origem em tecnologia *Blockchain*.

Outra barreira está ligada a capacidade do colaborador contratado para a função de coletor de materiais, pois, a *startup* desde o início da operação visou impactar positivamente o pilar social, através da contratação de pessoas com nível de capacitação baixo e poucas oportunidades com trabalho em regime de CLT, assim, auxiliando as pessoas no processo de recolocação profissional e desenvolvimento pessoal, mesmo com a empresa fornecendo treinamento quanto ao manuseio da plataforma, muitas vezes acaba por ter o revés dos colaboradores terem dificuldades em manusear o dispositivo com o sistema de inserção e validação das informações, diversas vezes ocorre a falta de comprometimento quanto ao trabalho, o que acarreta em um *turnover* alto entre os colaboradores.

A percepção das partes interessadas quanto ao valor das práticas de EC, podemos

citar os acionistas que cada vez mais cobram ações referentes a práticas sustentáveis, os clientes apresentam uma visão muito positiva quanto as práticas empregadas, pois, durante o período de coleta, compartilham a prática junto as suas redes sociais e tem demostram apreço em fazer parte da rede de logística reversa, os fornecedores e prestadores de serviços enxergam as práticas com bons olhos e avaliam adotar práticas similares em seus processos para assim, estarem alinhados com a cadeia de valor. Segundo a empresa A os governos apenas avaliam se as práticas estão de acordo com as leis em vigor, não se posicionando quanto a percepção de valor agregado das práticas empregadas.

Uma barreira enfrentada pela *startup* parceira da empresa B está associada ao início da execução das práticas, pois, como cada CD contratava de forma independente os prestadores que fariam a remoção dos resíduos, o banco de dados era muito escasso, quando não inexistente, assim obrigando a *startup* a trabalhar com o fornecimento de diversos conjuntos de equipamentos até encontrar o conjunto ideal que adequasse melhor ao volume demandado pela operação, desta forma, a *startup* trabalhou durante meses adaptando os equipamentos junto a demanda semanal dos CD da empresa B até conseguir construir um banco de dados sólido para assim, poder otimizar as práticas de reciclagem, recuperação e descarte de forma eficiente.

Outra barreira está ligada a falta de dados no início das operações em um CD novo, pois, esta falta de informações acaba prejudicando a otimização das práticas e processos a serem adotados na operação, mas para contornar esta situação, a *startup* acaba utilizando as informações de um CD em operação que possua capacidade similar para assim, suprir a falta de dados da nova operação.

Existe a barreira referente ao problema de adequação dos espaços físicos para a execução das práticas de coleta, muitas vezes os CD em operação não têm espaços físicos adequados para que as práticas sustentáveis sejam realizadas de forma eficiente, tendo assim, que adaptar os espaços para uma atuação mais assertiva por parte da *startup*, mas em muitos casos o processo de adequação da infraestrutura acaba demorando mais tempo que o previsto e desta forma, prejudicando a eficiência na execução das práticas circulares como um todo.

Antes da implementação das práticas por parte da *startup*, a empresa B teve problemas quanto a descartes dos resíduos realizados de forma indevida, pois, um prestador de serviços contratada por um dos CD para efetuar o descarte dos resíduos, acabou descartando o material de forma inadequada, gerando problemas ambientais,

comprometendo a imagem da empresa B perante as partes interessadas e ocasionando multa por descarte inadequado. Sendo este fato um dos motivadores para o estudo que deu início a viabilização do projeto de padronização das práticas de EC junto a todos os CD em operação.

A percepção de valor das partes interessadas é compreendida pelos acionistas que cobram ações referentes a práticas sustentáveis, os clientes valorizam a marca por saberem que a empresa tem responsabilidade socioambiental, a cadeia de valor enxerga que as práticas de EC agregam a todos os elos da cadeia de valor, fazendo assim, com que todos os participantes da cadeia busquem atuar dentro de modelos de EC. Assim como a outra empresa participante do estudo, a empresa B entende que os governos apenas avaliam a conformidade das práticas junto as leis vigentes, não se posicionando quanto a percepção de valor agregado das práticas de EC empregadas.

6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta a análise e discussão dos dados coletados durante a pesquisa, confrontando-os com a literatura estudada. Os resultados da pesquisa apresentam os motivos que levaram as empresas a buscarem a execução de modelos de EC em suas estruturas, como as TD foram utilizadas para auxiliar nas implementações e as oportunidades e barreiras que foram ocasionadas durante o processo de execução das práticas circulares nas operações das empresas.

Desta forma os resultados foram analisados e discutidos de acordo com as cinco dimensões e suas variáveis de pesquisa propostas no quadro teórico, sendo as dimensões apresentadas no quadro teórico: economia circular e *Triple Bottom Line*, práticas de economia circular, tecnologias digitais, oportunidades das tecnologias digitais atuando com economia circular e barreiras das tecnologias digitais atuando com economia circular.

Quadro 8 – Sumário análise dos resultados

Dimensões	Caso A	Caso B	Autores
Economia Circular e *Triple Bottom Line*	• Implementação de práticas de EC trouxeram benefícios que não teriam em modelos lineares. • Atuar com modelos de EC e desenvolver a cadeia de valor, auxiliando as demandas socioambientais. • Acompanha os resultados obtidos buscam a equidade nos pilares proposto no TBL.	• Implementação de práticas de EC trouxeram benefícios que não teriam em modelos lineares. • Atuar com modelos de EC e desenvolver a cadeia de valor, auxiliam as demandas socioambientais. • Atua dentro do conceito de TBL, mas não faz rastreamento tão exigente quanto caso A.	• Kirchher, Reike e Hekkert (2017) • Geissdorfer et al. (2018) • Alcayaga et al. (2019) • Laskurain-Iturbe et al. (2021)
Práticas de Economia Circular	• Aplicam o repensar, reduzir, reutilizar, reciclar, recuperar e incluíram o R de respeitar as pessoas.	• Aplicam o repensar, reduzir, reparar, reciclar e recuperar.	• Potting et al. (2017) • Ingemarsdotter et al. (2019)

Continua

Conclusão

Práticas de Economia Circular	• Estrutura ReSOLVE em conjunto com IoT, *Big Data* e *Blockchain* auxiliam na implementação de logística reversa inteligente.	• Estrutura ReSOLVE em conjunto com IoT e *Big Data* auxiliam na implementação da prática de gestão e reciclagem dos resíduos.	• Alcayaga et al. (2019) • Iqbal et al. (2020) • Cagno et al. (2021)
Tecnologias Digitais	• IoT proporciona a rastreabilidade e otimização das práticas • Análise de *Big Data* processa e gerencia altos volumes de dados. • *Blockchain* executa a função de garantir a rastreabilidade e conformidade das informações.	• IoT fornece a rastreabilidade e monitoramento em tempo real para otimização das práticas circulares. • *Big Data* processa e gerencia altos volumes de dados, gerando novos bancos de dados.	• Atzori et al. (2010) • Kshetri (2018) • Zhang et al. (2020) • Iqbal et al. (2020) • Papadopoulus et al. (2021)
Oportunidades das tecnologias digitais atuando no contexto de Economia Circular	• Integração da logística reversa na recuperação de alumínio e PET. • Otimização de rotas em outras áreas da empresa. • Rastreabilidade e conformidade na prática de recuperação.	• Através da gestão dos resíduos a empresa aumentou a eficiência na reciclagem. • Práticas integradas nas operações de outros países. • Prevenção voltada para demandas futuras.	• Beretta, Stucki e Hellweg (2017) • Alcayaga et al. (2019) • Han, Heshmati Rashidghalam (2020) • Iqbal et al. (2020)
Barreiras das tecnologias digitais atuando no contexto de Economia Circular	• Barreira operacional ligada a expansão da prática de logística reversa inteligente. • Barreira tecnologia ligada a dificuldade de manuseio da plataforma.	• Barreira estrutural referente a disponibilidade de informações. • Barreira operacional voltada a infraestrutura dos CD.	• Blackstock e Lea (2012) • Ritzén e Sandström (2017) • Zhang, Xue e Lui (2019) • Ingemarsdotter et al. (2020)

Fonte: Autor

Como demonstrado no quadro 8, o estudo emprega a comparação dentro das variáveis de pesquisa dispostas no quadro teórico e não entre os casos. Embora sejam organizações de setores diferentes (indústria e varejo), existem familiaridades em suas operações, foi observado como ponto de convergência intersetorial no estudo a atuação das empresas com suas respectivas startups, onde a utilização das TD tiveram alta relevância para a implementação das práticas de EC nas operações dos envolvidos.

6.1 ANÁLISE DA DIMENSÃO ECONOMIA CIRCULAR E TRIPLE BOTTOM LINE

Segundo Laskurain-Iturbe et al. (2021) a EC é uma mudança de paradigma na forma como os recursos naturais e processos produtivos são utilizados, com base nos resultados, podemos afirmar que ambas as empresas que fazem parte do estudo, conhecem as práticas de EC e estão buscando está mudança, onde a implementação destas práticas trouxeram benefícios que dificilmente seriam obtidos através de um modelo de economia linear.

As duas empresas entenderam que ao atuarem dentro de um modelo circular e desenvolverem suas cadeias de valor com práticas de EC, atenderão as demandas socioambientais conforme apresentado por Kirchherr, Reike e Hekkert (2017), através da inserção na cadeia de mão-de-obra menos capacitada para a prática de recuperação, produção de menos resíduos e lançamento de menos emissões no meio-ambiente, além de retorno financeiro maior, pois, passam a utilizar menos recursos para a produção.

Para Geissdoerfer et al. (2018) a EC deve ser vista como um modelo onde o uso de todos os recursos devem ser maximizados, buscando atender as demandas e criando vantagens em relação aos concorrentes, as empresas do estudo entenderam que os modelos de EC, não devem ser vistos apenas como custo adicional na operação, mas como um modelo que agrega vantagens competitivas através do desenvolvimento sustentável, pois, além dos já citados diferenciais ambientais, sociais e econômicos, as empresas também enxergam melhora quanto a imagem e reputação da marca, visto que uma marca que não se preocupa com questões socioambientais não é bem-vista pela sociedade e pelos consumidores.

Como ambas as empresas são líderes em seus mercados, segundo Alcayaga et al. (2019) antecipar as mudanças de mercado e alinhar as práticas circulares com os elos que compõe suas cadeias de valor são fundamentais para atender as expectativas e gerar vantagens competitivas. Sendo que as empresas do estudo trabalham constantemente com

processos de melhoria contínua, desenvolvimento de práticas inovadoras e troca de sinergia através de práticas como a inovação aberta.

Alinhado com Kirchherr, Reike e Hekkert (2017), argumentam que o objetivo de alcançar o desenvolvimento sustentável, implica com a qualidade ambiental, crescimento econômico e relevância social, buscando a equidade em todos os pilares propostos no TBL, assim, podemos indicar que as duas empresas têm conhecimento sobre o conceito e aplicação do TBL, mas a forma como as empresas conduzem a utilização do conceito é realizada em níveis diferentes.

Para a empresa A, manter a equidade dos três pilares está dentro das metas organizacionais, pois, os resultados relacionados ao crescimento e equidade dos pilares são reportados e supervisionados pelo conselho executivo da empresa e estes resultados são apresentados durante reunião com os acionistas. Já a empresa B demonstrou atuar dentro do conceito, onde busca alinhar o crescimento econômico junto a práticas relevantes que atendam a demanda ambiental e social, mas como visto durante a pesquisa, a empresa B não realiza um acompanhamento tão exigente como estabelecido pela empresa A.

6.2 ANÁLISE DA DIMENSÃO DE PRÁTICAS DE ECONOMIA CIRCULAR

Conforme De Sousa Jabbour et al. (2019) a estrutura ReSOLVE é uma das mais utilizadas para auxiliar as organizações no processo de execução de práticas e produtos circulares, como relatado no estudo, ambas as empresas aplicam as áreas da estrutura ReSOLVE em suas operações, onde procuram realizar a regeneração através de eficiência energética, a empresa A monitora e rastreia o uso e condições dos produtos, assim, possibilitando decisões relacionadas ao direcionamento para reciclagem, permitindo uma maior cooperação dentro da cadeia de valor, sendo está uma prática reitera por (INGEMARSDOTTER et al., 2019). Já a empresa B buscou desenvolver embalagens que podem ser reutilizadas e compartilhadas, com as embalagens assumindo funções diferentes do qual foi desenvolvida inicialmente.

Conforme apresentado, as duas empresas utilizam as TD para auxiliar na prática de otimização de seus processos, onde podemos destacar a utilização de tecnologias como BD no gerenciamento e processamento da massa de dados coletada (IQBAL et al. 2020), as duas empresas que participaram do estudo, podemos destacar a utilização da IoT o gerencimaneto da operação em processos de análise, controle e otimização das práticas

circulares aplicadas em ambas as empresas (INGEMARSDOTTER et al., 2019) e o *Blockchain* realiza a validação da prática de recuperação através dos contratos inteligentes de via única nas práticas da empresa A. Desta forma, as TD e a estrutura ReSOLVE atuam como habilitadoras na execução de práticas circulares, auxiliam as empresas no fechamentos dos *loops* circulares propostos.

Quanto a virtualização dentro da estrutura ReSOLVE, como pode ser analisado, a empresa A utiliza as TD para virtualizar o processo de pedidos *online* e a IoT tem importância no processo de monitoramento e coleta de dados que serão processados pelo BD como citado por (ALCAYAGA et al. 2019), já a empresa B tem como principal atuação em seu negócio a virtualização de seus processos e serviços através da disponibilidade de serviços inteligentes que atendam as necessidades demandadas por seus clientes.

Segundo Cagno et al. (2021), a área de troca na estrutura ReSOLVE fornece diversas oportunidades que podem ser encontradas em diferentes níveis, como a otimização na utilização de recursos, busca constante por melhoria, inovação nos processos e eficiência nas operações, deste modo, ambas as empresas atuam buscando a melhoria continua juntamente ao desenvolvimento sustentável em suas operações, através da criação de postos de trabalho, práticas inovadoras, produtividade e eficiência energética e de recursos em suas operações (GOWER; SCHROEDER, 2016).

Segundo Potting et al. (2017) o modelo dos 9R's propõe práticas de circularidade para reduzirem o consumo de recursos naturais, materiais, minimizando a produção de resíduos e aumentar a eficiência energética, desta forma, as empresas que fazem parte do estudo relataram o conhecimento do modelo dos 9R's, mas afirmam não conseguir aplicar todos os R's em suas operações. Através da pesquisa foi observado que a empresa A utiliza em suas operações as práticas de repensar (R1), reduzir (R2), reutilizar (R3), reciclar (R8), recuperar (R9) e incluíram o R de respeitar as pessoas que não está incluso no modelo de Potting. Já a empresa B aplica em suas operações as práticas de repensar (R1), reduzir (R2), reutilizar (R3), reparar (R4), reciclar (R8) e recuperar (R9).

6.3 ANÁLISE DA DIMENSÃO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS

Conforme De Sousa Jabbour et al. (2018) existe uma tendência na utilização de TD para a otimização de práticas e recursos, em prol da obtenção de benefícios econômicos e ambientais, alinhado aos autores, observa-se que a empresa A utiliza as

tecnologias de IoT, BD e *Blockchain* em sua operação de logística reversa inteligente, enquanto a empresa B faz a utilização do BD e IoT nas práticas de reciclagem, recuperação, reutilização e reparos em seus CD.

Para Atzori et al. (2010) a IoT fornece a possibilidade de integração dos objetos físicos com uma rede, onde esta conectividade viabiliza a troca de dados, monitoramento e rastreabilidade em tempo real. Contando com uma substanciosa base de dados fornecida pela empresa A, a *startup* A utiliza a IoT para triangular as informações e gerar os *Hot Spots*, assim buscando rastrear os pontos de geração das embalagens pós-consumo, otimizando as rotas de coleta e monitoramento dos colaboradores durante as rotas, o que traz eficiência para as práticas, pois, possibilita a interceptação dos resíduos antes que cheguem aos aterros e buscando otimizar as rotas e práticas exercidas pelos colaboradores, ocasionando uma eficiência para a coleta e redução na taxa de emissão de CO_2 na atmosfera.

Alinhado com Atzori et al. (2010) a empresa B utiliza a integração fornecida pela IoT como importante solução para monitoramento e rastreabilidade, desta forma, fornecendo informações em tempo real para que a empresa possa realizar a otimização das práticas e rotas de coleta (ZHANG et al. 2020), controle quanto a volume, desgaste dos equipamentos e rastreabilidade para realização do direcionamento mais efetivo dos resíduos para reciclagem, reutilização, recuperação, compostagem e descarte em aterros e redução da taxa de emissão de CO_2.

Segundo Iqbal et al. (2020), as empresas podem se beneficiar com a utilização de BD, pois, a partir dos dados gerados por dispositivos inteligentes, adquire-se velocidade no processamento, tratamento e gerenciamento dos dados, gerando uma base consistente para análise. Assim ambas as empresas se utilizam da tecnologia de BD para processar os altos volumes de dados gerados em suas operações, através do BD as empresas gerenciam as operações através do processamento, manipulação e criação de padrões, correlações e tendências, gerando novos grupos de dados que otimizam as análises na busca por eficiência e melhoria contínua dentro de suas práticas e produtos, conforme reiterado por Papadopoulos et al. (2021) e Wang, Yao e Salhi (2020).

Conforme afirmado por Kshetri (2018), por trabalhar com tecnologia criptografada, o *Blockchain* garante que as informações inseridas não possam ser alteradas e que os contratos inteligentes tenham suas transações executadas de forma automática e segura, trazendo segurança e confiabilidade para a operação. Das empresas que fazem parte do estudo apenas a empresa A utiliza a tecnologia *Blockchain* em sua

prática de logística reversa inteligente, sendo que o *Blockchain* executa a função de garantir que os volumes de materiais recuperados na prática logística sejam conferidos e validados, trazendo conformidade e rastreabilidade para a operação (APTE; PETROVSKY, 2016), além de garantir a comprovação dos valores recuperados das embalagens pós-consumo, também garante que o trabalho executado na recuperação não fez utilização de mão-de-obra infantil ou semiescrava.

6.4 ANÁLISE DA DIMENSÃO OPORTUNIDADES DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS ATUANDO NO CONTEXTO DE ECONOMIA CIRCULAR

Segundo Han, Heshmati e Rashidghalam (2020), a utilização da IoT juntamente com produtos inteligentes alcançam diferentes aplicações dentro das empresas, como auxiliar na resolução de problemas críticos que ajudem a prolongar a vida útil do produto ou no rastreamento para a recuperação ou descarte adequado. A rastreabilidade por IoT que inicialmente foi aplicada pela empresa A na busca dos pontos geradores de grandes volumes de embalagens de vidro, visualizou a oportunidade de aplicar a mesma prática de logística reversa do vidro para outros materiais produzidos pela empresa, assim a prática foi empregada nos processos de logística reversa inteligente para embalagens de alumínio e garrafas PET.

A empresa B busca constantemente soluções sustentáveis para incorporar em suas práticas, através do controle de rastreabilidade por IoT das operações nos CD, a empresa contemplou a oportunidade de quantificar o volume de resíduos produzidos, através dos dados gerados, a empresa pode melhorar suas estratégias de reciclagem, recuperação, reutilização e reparo (ALCAYAGA et al., 2019), ocasionando maior eficiência nas práticas. Sendo que a prática de rastreabilidade foi estendida para os escritórios da empresa, acarretando maior eficiência para o tratamento dos mais de 4.500 kg de resíduos gerados mensalmente, além do descarte ser feito de forma adequada, a empresa passou a ter retorno financeiro através da precificação e vendas dos resíduos gerados.

A análise de dados por BD vem se tornando cada vez mais relevante entre as grandes empresas, por haver um grande volume de informações que necessitam de um tratamento prévio, aumentando assim a eficiência da análise dos dados (BERETTA; STUCKI; HELLWEG, 2017; IQBAL et al. 2020), onde a prática de otimização das rotas para coleta das embalagens pós-consumo realizadas pela empresa A, foram implementadas nas operações de entregas que se iniciavam dos CD, aumentando a

eficiência dessas rotas, levando a economia quanto ao consumo de combustíveis, onde para as rotas mais curtas, a empresa A passou a utilizar veículos elétricos, ocasionando um impacto menor quanto a taxa de emissão de CO_2.

O BD tem relação com à análise preditiva onde através da utilização de dados estatísticos, pode-se prever a demanda de eventos futuros (OZTEKIN, 2017), desta forma, a empresa B constatou a oportunidade de utilizar as tecnologias de BD e IoT para realizar a projeção das demandas de vendas futuras em períodos de grande fluxo, assim, como alinhado por Iqbal et al. (2020), podendo atuar com antecedência na adequação dos CD e otimização das práticas de reciclagem, recuperação e descarte para os períodos de elevado fluxo de vendas e consequentemente geração de resíduos.

O *Blockchain* utilizado na prática de logística reversa inteligente desenvolvida pela *startup* A em parceria com a empresa A, propiciou a confiabilidade e automação das informações (KOUHIZADEH, ZHU e SARKIS, 2020) que ajudaram a alavancar a implementação da prática circular na empresa, validando através de um contrato inteligente os dados referentes a fonte de coleta, material coletado, pesagem e colaborador que está realizando a coleta. O *Blockchain* ocasiona uma rápida disponibilização das informações para as partes interessadas, traz vantagens no gerenciamento das práticas circulares garantindo a eficiência na implementação de modelos de EC (YILDIZBASI, 2021) e proporciona rastreabilidade, confiabilidade e aferição quanto ao volume recuperado de embalagens pós-consumo e sobre o tipo de mão-de-obra que realizou a coleta (KOUHIZADEH, ZHU e SARKIS, 2020).

Segundo Beretta, Stucki e Hellweg (2017), a eficiência ocasionada pela utilização das tecnologias na operação das empresas, acaba ocasionando vantagens no processo de tomada de decisões, onde minimizam-se as perdas e otimizam-se as operações com o foco direcionado para os pilares econômico, social e ambiental. As empresas do estudo demonstram que as práticas circulares executadas com auxílio das TD, tem grande relevância, a ponto da empresa A expandir para outras áreas dentro da organização, enquanto a empresa B, implementou as práticas circulares desenvolvidas na operação brasileira em outras operações na América Latina como Argentina, Colômbia, México entre outras.

6.5 ANÁLISE DA DIMENSÃO BARREIRAS DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS ATUANDO NO CONTEXTO DE ECONOMIA CIRCULAR

Segundo Ingemarsdotter et al. (2020) a barreira estrutural se torna um ponto importante para a implementação de práticas de EC nas organizações, sendo esta barreira relacionada com informações pouco claras dentro da empresa e troca limitada de informações entre as partes interessadas. Como a empresa A é a detentora das informações essenciais para que a implementação da prática de logística reversa obtivesse sucesso, a *startup* A não teve dificuldades quanto a informações escassas ou limitadas e a empresa A forneceu total suporte interno para que todas as necessidades de sua parceira fossem sanadas e a implementação ocorre dentro das metas estabelecidas.

Já a *startup* B teve mais dificuldades quanto a barreira estrutural demonstrada por Ingemarsdotter et el. (2020), pois, ao iniciar o processo de padronização das práticas dentro das operações, muitos dos CD da empresa B não tinham relatórios quanto a volume e tipo de resíduos gerados e nem informações de qual forma os descartes eram processados pelos prestadores contratados para este fim. Assim, tornou-se necessário iniciar a operação com estruturas básicas de equipamentos e seguir ajustando o conjunto de equipamentos conforme a demanda da operação e neste período buscando a formação de uma base de dados sólida para que a partir desta base de dados, o BD e IoT pudessem ser utilizados na otimização da execução das práticas circulares e projeção de fluxos de demanda de forma mais eficiente.

Uma barreira enfrentada pela empresa A está ligada a expansão da prática de logística reversa para outras regiões, pois, pelo fato da *startup* A ser uma empresa de pequeno porte, acaba não conseguindo acompanhar a velocidade de expansão a níveis nacionais desejada pela empresa A, o que acaba ocasionando uma barreira operacional com descrita por Ingermarsdotter et al. (2020). No início da implementação da prática de logística reversa a *startup* A enfrentou barreiras tecnologias (RITZÉN; SANDSTRÖM, 2017) quanto ao design da plataforma, pois, havia poucos módulos para inserção dos dados de coleta e a falta de robustez, acarretaram lacunas para pesquisa de localização, informações de coleta, escalabilidade e processamento em tempo real, como reiterado por Blackstock e Lea (2012).

Conforme Zeng, Guo e Cheng (2011) a operacionalização dos dados a nível do dispositivo com base de IoT e *Blockchain*, pode tornar desafiadora a execução da prática de EC, principalmente no início da implementação muitos colaboradores encontravam

dificuldades no manuseio do dispositivo, mesmo todos os colaboradores passando por treinamento, ainda que a *startup* A mantenha um processo de melhoria contínua, desenvolvendo uma plataforma cada vez mais intuitiva, muitos desses colaboradores continuavam a pontuar quanto a dificuldade no manuseio do dispositivo, o que colocou em risco o sucesso da implementação.

De acordo com Esmaeilian et al. (2020) o *Blockchain* tem inúmeras barreiras para uma implementação mais ampla, sendo a escalabilidade, riscos de segurança e desafios regulatórios com barreiras que se destacam. Sendo que a *startup* A enfrentou barreiras como falhas de comunicação, armazenamento de dados, vulnerabilidade sistêmica e validação dos contratos (ZHANG; XUE; LUI, 2019), onde estes problemas surgiram nos primeiros meses da implementação, a plataforma não conseguia acompanhar o aumento no volume de transações com a abertura de novos HUBs para armazenamento do material coletado.

Segundo Ingermarsdotter et al. (2020) a barreira operacional está vinculada com desafios de infraestrutura, onde a *startup* B encontrou barreira quanto a adequação dos espaços físicos para a implementação das práticas de recuperação e reciclagem, pois, muitas estruturas físicas dos CD da empresa B não estavam adequadas para que as práticas fossem implementadas e realizadas com eficiência e levantou-se que este processo de adequação da infraestrutura acabava levando mais tempo que o previsto por atuação ineficiente das equipes de infraestrutura dos CD, o que acaba prejudicando a eficiência da implementação das práticas de EC.

Ambas as empresas do estudo têm a percepção muito parecida quanto as partes interessadas, onde os clientes, fornecedores e prestadores de serviços que fazem parte de suas respectivas cadeias de valor têm uma percepção muita positiva quanto as práticas circulares empregadas em suas operações, inclusive buscando adequar essas práticas circulares em seus modelos de negócio, mas ambas também enxergam que os governos não se posicionam claramente quanto a percepção do valor agregado de suas operações, atuam apenas como idealizadores e fiscalizadores das diversas leis aplicadas, o que segundo Von Haller Gronbaek, (2016) torna desafiador a criação de todos os cenários possíveis para modelos de negócios complexos que envolvem ajustes contínuos em práticas diversas e adequações constantes nos contratos.

7 CONCLUSÕES

O presente estudo teve como objetivo avaliar o papel que as TD como IoT, *Big Data* e *Blockchain* tem na execução das práticas de EC, identificando as oportunidades e barreiras através desta integração. Conforme os resultados apresentados após a análise dos dados pesquisados, é possível indicar que as TD têm função habilitadora para a execução de práticas de EC, as empresas destacaram a análise de *Big Data* como prática utilizada para examinar e processar grandes volumes de dados, desta forma, trazendo maior eficiência para o gerenciamento dos dados, a IoT foi apontada por viabilizar a otimização das práticas, fornecendo rastreabilidade e monitoramento necessários e o *Blockchain* trouxe rastreabilidade, confiabilidade e segurança para as práticas empregadas nos modelos de EC.

A tecnologia de *Big Data* beneficiou as empresas do estudo com velocidade no processamento e tratamento dos dados, por serem empresas de grande porte, o volume de dados gerados diariamente é muito elevado e a análise por *Big Data*, proporcionou agilidade no processamento, manipulação e criação de padrões, correlações e tendências que atendam as demandas das empresas através de uma base de dados consistente para análise. A análise por *Big Data* proporciona o melhor gerenciamento das informações e dos bancos de dados gerados, ocasionando uma atuação mais eficiente e assertiva por parte da empresa.

Entre as tecnologias que fizeram parte do estudo podemos destacar a IoT como a tecnologia de maior relevância para a execução das práticas circulares em ambas as empresas, pois, através da rastreabilidade proporcionada pela IoT as empresas passaram a ter controle sobre geração, volume e tipo dos resíduos, otimização para as práticas de reciclagem, recuperação, reutilização, reparo e descarte. Desta forma, alavancando o resultado econômico, pois, a utilização de matéria-prima reciclada traz um custo menor se comparado com matéria-prima virgem e auxiliando na redução do consumo energético da produção, o monitoramento da geração dos resíduos acarreta maior eficiência para a prática de recuperação, possibilitando a otimização das rotas de coleta e assim ocasionando a redução no consumo de combustíveis fósseis e na taxa de emissão de CO_2.

O *Blockchain* proporcionou segurança, transparência e rastreabilidade a prática de logística reversa inteligente, assim, todo material recuperado no início da cadeia pós-consumo, passando pelo HUB de armazenamento e até sua entrega na usina de reciclagem de vidro são validados por contratos inteligentes. A rastreabilidade das informações

proporcionada pelo *Blockchain* garante a rápida disponibilização dos dados gerados pelos contratos inteligentes, trazendo eficiência para o gerenciamento das práticas circulares e na implementação de modelos voltados para EC.

As empresas destacaram que as barreiras ocorreram nas fases iniciais dos projetos de implementação, onde buscaram parceiros que suprissem as necessidades de adequação ou execução de novas práticas. Sendo assim, as empresas firmaram parcerias com *startups* que através da utilização das TD buscaram atender as demandas que as empresas não conseguiram solucionar internamente. As barreiras enfrentadas pela empresa A estão relacionadas com o aprimoramento da plataforma utilizada para as práticas de EC, manuseio da plataforma pelos colaboradores durante a logística reversa e expansão mais rápida da prática para outras regiões. As barreiras da empresa B estão relacionadas com banco de dados contendo informações escassas e adequação de infraestrutura para implementação de práticas circulares.

Após a análise das cinco dimensões e suas variáveis propostas na pesquisa, é possível afirmar que as oportunidades geradas durante e pós-implementação das práticas de EC foram possíveis em razão da utilização das TD que ocasionaram benefícios consistentes para os envolvidos durante a implementação das práticas de EC em suas operações. Onde as TD tiveram relevância na expansão de programas circulares dentro das organizações, na implementação das práticas bem-sucedidas em outros países onde a empresa tem operações e na disseminação do papel das TD para a execução de práticas circulares com os parceiros que compõe suas respectivas cadeias de valor.

Portanto, respondendo à pergunta que norteou a pesquisa, os resultados apresentados apontam que as TD são ferramentas que tem papéis relevantes para a execução de práticas de EC, as empresas que fizeram parte do estudo reconhecem que sem as TD, o projeto de execução para a implementação das práticas de EC teria sido mais custoso no âmbito operacional e financeiro, pois, através da gestão dos dados, rastreabilidade e otimização de produtos, serviços e práticas, gerenciamento, confiabilidade e segurança das informações geradas, trouxeram uma eficiência em todo a operação executada, auxiliando na superação das barreiras encontradas e na obtenção de oportunidades e soluções socioambientais que foram integradas internamente e compartilhadas com a cadeia de valor.

As *startups* tiveram grande relevância na implementação das TD para a execução das práticas circulares, pois, atuaram na apresentação de soluções através das TD para atenderem as necessidades das empresas que fazem parte do estudo, a adição por parte

das *startups* de tecnologias como IoT, *Big Data* e *Blockchain* em suas plataformas digitais, impulsionaram a execução das práticas circulares e obtenção dos resultados esperados pelas empresas (A e B), sendo assim, podemos indicar que as *startups* representam importante mecanismo a ser adotado pelas empresas que almejam implementar programas sustentáveis em suas operações, pois, a integração das TD na execução de práticas de EC só foi possível por conta da atuação realizada pelas *startups* que fizeram parte do estudo.

7.1 CONTRIBUIÇÕES TEÓRICAS E PRÁTICAS

A contribuição teórica da pesquisa está relacionada a inclusão de um construto de tecnologia digital como viabilizador para a implementação de práticas de economia circular e dos resultados obtidos, pois, a integração de tecnologias digitais junto a execução de práticas circulares apresentou um diferencial para as organizações que buscam atuar dentro de modelos de EC.

Observou-se que as plataformas desenvolvidas pelas *startups* que utilizam as TD como base, foram fundamentais para o sucesso da implementação das práticas de EC almejadas pelas empresas que fizeram parte do estudo. Onde as empresas do estudo utilizaram o *Big Data* para o processamento e gestão dos dados, IoT para otimização das práticas, monitoramento e rastreabilidade dos produtos e o *Blockchain* corroborou com a rastreabilidade, confiabilidade e transparência das informações disponibilizadas. Desta forma o desenvolvimento e inclusão de um construto de tecnologias digitais dentro de uma estrutura de EC, demonstra-se relevante para apoiar a execução de operações que envolvam práticas circulares.

Como contribuição prática, as empresas do estudo compreenderam que a integração com *startups* proporciona benefícios para o desenvolvimento dos projetos, onde além de propostas inovadoras, apresentam as TD como soluções gerenciais para execução das práticas de EC, visto que a integração com as *startups* teve papel de destaque para o desenvolvimento das áreas de tecnologia, gestão de dados e execução de práticas sustentáveis. Sendo que essa integração trouxe eficiência, rastreabilidade e segurança para a implementação das práticas circulares atuais e para adequações futuras conforme as necessidades das empresas.

O estudo abre discussões no que se refere as contribuições práticas, pois, pode ser utilizado como ponto de partida para o desenvolvimento de um *framework* como ações e

práticas que integrem um construto de TD na estrutura de EC, buscando soluções tecnológicas que auxiliem no direcionamento e apoio para a execução da implementação de modelos de EC nas organizações, suportando a operação não apenas na parte tecnológica, mas para que toda a estrutura organizacional esteja alinhada ou buscando alinhamento com práticas de EC.

7.2 LIMITAÇÕES E PESQUISAS FUTURAS

Como limitação, podemos destacar as restrições impostas pela abordagem qualitativa, onde o presente estudo buscou expandir o conhecimento sobre o tema proposto, atuando através de dois casos (empresas e suas *startups*) e nas cinco dimensões propostas no quadro teórico, assim não podendo considerar os resultados obtidos de forma generalizada, necessitando expandir o estudo para mais empresas dentro do setor já pesquisado, para empresas de outros setores e no desenvolvimento de novos construtos que venham agregar conhecimento sobre os temas de tecnologias digitais e práticas voltadas para modelos circulares.

Outra limitação apontada se refere a quantidade reduzida de cargos que foram entrevistados, desta forma, além dos cargos gerenciais deve-se buscar entrevistas com cargos que estão diretamente ligados a execução das práticas, por exemplo, explorar a visão dos coletores quanto ao impacto que as tecnologias digitais trazem para a execução das práticas de reciclagem e recuperação dos materiais.

Para pesquisas futuras, propõem-se estudos direcionadas para abordagens quantitativas, onde as amostras analisadas serão maiores, buscando em outros segmentos resultados diferentes ou confirmando os resultados já pesquisados, procurando expandir os resultados com a inclusão de novas dimensões para ampliar o entendimento quanto ao papel das tecnologias digitais na execução de práticas de EC.

Aprofundar os estudos e analisar se as *startups* através da execução de tecnologias digitais viabilizam ganhos potenciais relacionados a tempo e custos durante o processo de implementação das práticas de EC nas operações das organizações, assim medindo os efeitos e impactos das tecnologias dentro de modelos futuros.

Buscar desenvolver estudos voltados para os pontos que se referem as externalidades positivas (retorno financeiro, posicionamento das marcas e vantagens competitivas) e também para as negativas (custos de implementação, resistência dos envolvidos e custo de adaptação para as empresas) na atuação das startups que visam a

utilização das TD para auxiliar na implementação de modelos circulares nas organizações. Ampliar as pesquisas através de um estudo longitudinal visando monitorar todo o processo de desenvolvimento, buscando assim possíveis contribuições práticas que possam ser integradas as operações.

Dentro das pesquisas futuras, buscar expandir a diversidade de entrevistados em cargos de diferentes níveis hierárquicos, assim, através da visão de cargos que executem as práticas chegando até a visão de cargos gerenciais, buscando assim, melhorar a percepção sobre o papel das TD na execução de práticas de EC na estrutura organizacional como um todo. Por fim, expandir o estudo buscando alcançar o impacto que as tecnologias digitais proporcionam para a execução das práticas de EC, visando medir a eficiência que as empresas tinham antes da implementação das práticas e realizar a medição do impacto que as TD trouxeram para as organizações durante e após o término do processo de implementação das práticas circulares.

REFERÊNCIAS

ALCAYAGA, A.; WIENER, M.; HANSEN, E. Towards a framework of smart-circular systems: na integrative literature review. **Journal of Cleaner Production**, 221, pp. 622-634, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.085 Acesso em: 18 out 2021.

ASHTON, Kevin (1999) That "Internet of Things" Thing. **RFID Journal,** 1999. Disponível em: http://www.itrco.jp/libraries/RFIDjournal-That%20Internet%20of%20Things%20Thing.pdf Acesso em: 01 out 2021.

APTE, S.; PETROVSKY, N. Will blockchain technology revolutionize excipient supply chain management? **Journal of Excipients and Food Chemicals**, v. 7, n. 3, p. 76–78, 2016. Disponível em: https://goo.gl/QeL3f5 Acesso em: 09 dez 2021.

ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The internet of things: a survey. **Computer Networks**, 54 (15), pp. 2787-2805, 2010.

AWAN, U.; SROUFE, R.; SHAHBAZ, M. Industry 4.0 and the circular economy: A literature review and recommendations future research. **Business Strategy and the Environment**, p. 2038-2060, 2021 Disponível em: https://doi.org/10.1002/bse.2731 Acesso em: 03 out 2021

AZZI, R.; CHAMOUN, R.; SOKHN, M. The power of a blockchain-based supply chain, **Computers & Industrial Engineering**, 135, p. 582-592, 2019. Disponível em: 10.1016/j.cie.2019.06.042 Acesso em: 4 nov 2021.

BAAS, Leenard. Cleaner Production and Industrial Ecology: Dynamic Aspects of the Introduction and Dissemination of New Concepts in Industrial Practice. **Eburon Uitgeverij B.V.**, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/254804811_Cleaner_Production_and_Industrial_Ecology_Dynamic_Aspects_of_the_Introduction_and_Dissemination_of_New_Concepts_in_Industrial_Practice Acesso em: 25 dez 2021.

BAG, Surajit; PRETORIUS, Jam. Relationships between industry 4.0, sustainable manufacturing and circular economy: proposal of a research framework, **International Journal of Organizational Analysis,** 2020. Disponível em: 10.1108/IJOA-04-2020-2120 Acesso em: 05 out 2021

BALKENENDE, R., BOCKEN, N. & BAKKER, C. Design for the circular economy., **Routledge Handbook of Sustainable Design**, pp. 1-19, 2017. Disponível em: 10.4324/9781315625508.ch36 Acesso em: 5 nov 2021

BANAITE, Daiva. Towards circular economy: Analysis of indicators in the contexto of sustainable development., **Social Transformation in Contemporary Society**, 2016, p. 152-150, 2016. Disponível em: http://stics.mruni.eu/wp-content/uploads/2016/07/STICS_2016_4_142-150.pdf Acesso em: 17 out 2021.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2011.

BENITES, L.; POLO, E. A sustentabilidade como ferramenta estratégica empresarial: governança corporativa e aplicação do triple bottom line na masisa., **Revista de Administração da Universidade de Santa Maria**, v. 6, p. 827-841, 2013. Disponível em: http://www.spell.org.br/documentos/ver/13376/a-sustentabilidade-como-ferramenta-estrategica--- Acesso em: 19 nov 2021.

BERETTA, C.; STUCKI, M.; HELLWEG, S. Environmental impacts and hotspots of food losses: value chain analysis of swiss food consumption., **Environmental Science & Technology**, 51, p. 11165-11173, 2017.Disponível em: 10.1021/acs.est.6b06179 Acesso em: 20 nov 2021.

BIANCHINI, Augusto et al. A new productive model of circular economy enhanced by digital transformation in the Fourth Industrial Revolution: An integrated framework and real case studies. **23rd Summer School Francesco Turco**, Palermo, Italy, p. 221–227, 2018. Disponível em: http://www.summerschool-aidi.it/edition-2018/cms/extra/papers/1451.pdf Acesso em: 19 out 2021.

BIRAT, Jean-Pierre. Life-cycle assessment, resource efficiency and recycling. **Metallurgical Research & Technology**, v. 112, n. 2, p. 206, 2015. Disponivel em: Life-cycle assessment, resource efficiency and recycling | Metallurgical Research & Technology (metallurgical-research.org) Acesso em: 13 mar 2022.

BLACKSTOCK, Michael; LEA, Rodger. IoT mashups with the WoTKit., 2012 3rd IEEE International Conference on the Internet of Things, IEEE, 2012. Disponível em: 10.1109/IOT.2012.6402318 Acesso em: 24 nov 2021.

BOCKEN, Nancy; SHORT, Samuel. Towards a sufficiency-driven business model: Experiences and opportunities. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 18, p. 41-61, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.eist.2015.07.010 Acesso em: 23 dez 2021.

BOCKEN, Nancy et al. Taking the circularity to the next level: A special issue on the circular economy. **Journal of Industrial Ecology**, 21(3), 476–482, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1111/jiec.12606 Acesso em: 3 nov 2021.

BRESSANELLI, Gianmarco et al. Exploring how usage-focused business modles enable circular economy through digital technologies. **Sustainability**, 10, p. 639, 2018 Disponível em: 10.3390/su10030639 Acesso em: 02 out 2021.

BROUS, P.; JANSSEN, M.; HERDER, P. The dual effects of the Internet of Things (IoT): a systematic review of the benefits and risks os IoT adoption by organizations. **International Journal of Information Management**, 51, p. 101952, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.05.008 Acesso em: 01 out 2021.

BONCIU, Florin. The European Economy : from a linear to a circular economy. **Romanian Jounal of European Affairs**, v.14, n. 4, p. 78-91, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/289891523_The_European_Economy_From_a_Linear_to_a_Circular_Economy Acesso em: 13 mar 2022.

BONILLA, Silvia et al. Industry 4.0 and sustainability implications: a scenario-based analysis of the impacts and challenges, **Sustainability**, 10 (10), p. 3740, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.3390/su10103740 Acesso em: 26 out 2021.

CAGNO, Enrico et al. The Role of Digital Technologies in Operationalizing the Circular Economy Transition: A Systematic Literature Review. **Applied Science 2021**, 11, 3328, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.3390/app11083328 Acesso em: 21 nov 2021.

CAO, Qingning; ZHANG, Jianqiang. Gray market's product quality in circular economy era. **International Journal of Production Research**, p. 308-331, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1638980 Acesso em: 17 nov 2021.

CASTELLANI, Valentina; SALA, Serenella; MIRABELLA, Nadia. Beyond the throwaway society: A life cycle-based assessment of the environmental benefit of reuse. **Integrated Environmental Assessment and Management**, v.11, n. 3, p. 373-382, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1002/ieam.1614 Acesso em: 04 jan 2022.

CATALINI, Christian; GANS, Joshua S. Some simple economics of the blockchain., **National Bureau of Economic Research**, 2016. Disponível em: https://www.nber.org/system/files/working_papers/w22952/w22952.pdf Acesso em: 22 nov 2021.

CENTOBELLI, Piera et al. Designing business models in circular economy: A systematic literature review and research agenda. **Business Strategy & the Environment**, in press, 29, 1734–1749, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1002/bse.2466 Acesso em: 17 nov 2021.

CHEN, H.; CHIANG, R.; STOREY, V. **Business Intelligence and Analytics: From Big Data to Big Impact**, MIS Quarterly, p. 1165-1188, 2012. Disponível em: https://misq.org/contents-36-4/ Acesso em: 19 out 2021.

CHEN, M.; MAO, S.; LIU, Y. Big data: a survey, **Mobile Network and Applications**., 19 (2), p. 171-

209, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s11036-013-0489-0 Acesso em: 17 nov 2021.

CHERTOW, Marian; EHRENFELD; John. Organizing self-organizing systems: Toward a theory of industrial symbiosis. **Journal of Industrial Ecology**, 16(1): 13-27, 2012. Disponível em: 10.1111/j.1530-9290.2011.00450.x Acesso em: 22 dez 2021.

CHOI, T.; WALLACE, S.; WANG, Y. Big data analytics in operations management., **Production and Operations Management**, vol 27 (10), p. 1868-1883, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1111/poms.12838 Acesso em: 22 nov 2021.

CHRISTIDIS, Konstantinos; DEVETSIKIOTIS, Michael Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things. **IEEE Access**, v. 4, p. 2292-2303. 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1109/ACCESS.2016.2566339 Acesso em 14 dez 2021.

CNI – Confederação Nacional das Indústrias. **Economia circular: oportunidades e desafios para a indústria brasileira**. Brasília: CNI, 2019. Disponível em: https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2018/4/economia-circular-oportunidades-e-desafios-para-industria-brasileira/#circular-economy-opportunities-and-challenges-for-the-brazilian-industry Acesso em: 25 jan 2022.

CRESWELL, John W. Projeto de pesquisa: métodos qualitativos, quantitativos e misto. Tradução Magda Lopes - 2ª ed. - **Porto Alegre: Artmed**, 2007. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/696271/mod_resource/content/1/Creswell.pdf Acesso em: 23 fev 2022

DEKA, Ganesh C. Big Data Predictive and Prescriptive Analytics. In RAJ, Pethuru; DEKA, Ganesh C. **Handbook of Research on Cloud Infrastructures for Big Data Analytics**. IGI Global, p. 370-391, 2014. Disponível em: 10.4018/978-1-4666-5864-6.ch015 Acesso em: 08 dez. 2021.

DALENGARE, Lucas et al. The expected contribution of industry 4.0 technologies for industrial performance. **International Journal of Production Economics**, 204 (August), 383–394, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018. 08.019 Acesso em: 01 out 2021.

DALÉ, Luíse; ROLDAN, Lucas; HANSEN, Peter. Analysis of sustainability incorporation by industrial supply chain in Rio Grande do Sul state (Brazil). ***JOSCM - Journal of Operations and Supply Chain Management***, 4(1), p. 25-36, 2011. Disponível em: 10.22004/ag.econ.289359 Acesso em: 01 out 2021.

DEV, N.K.; SHANKAR, R.; QAISER, F.H. Industry 4.0 and circular economy: Operational excellence for sustainable reverse supply chain performance. **Resources, Conservation and Recycling 2020**, 153, 104583, 2020.Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104583 Acesso em: 14 nov 2021.

DE MARCHI Valentina; DI MARIA, Eleonora. Achieving circular economy via the adoption of Industry 4.0 technologies: A Knowledge management perspective. **Knowledge Management and Industry 4.0**, pp. 163-178, 2020. Disponível em: https://ideas.repec.org/h/spr/kmochp/978-3-030-43589-9_7.html Acesso em: 3 nov 2021.

DE SOUSA JABBOUR, Ana Beatriz. et al. Industry 4.0 and the cirular economy: a proposed reserach agenda and original roadmap for sustainable operations, **Annals of Operations Research**, 270 (1-2), p. 273-286, 2018. Disponível em: 10.1007/s10479-018-2772-8 Acesso em: 14 nov 2021

DE SOUSA JABBOUR, Ana Beatriz et al. Circular economy business models and operations management. **Journal of Cleaner Production**, v. 235, p. 1525-1539, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.349 Acesso em: 25 fev 2022

DUAN, Lian; XIONG, Ye. Big data analitics and Business analytics, **Journal of Management Analytics**., 2 (1), p. 1-21, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1080/23270012.2015.1020891 Acesso em: 9 nov 2021.

Ecofys and Circle Economy. **Implementing Circular Economy Globally Makes Paris Targets Achievable**. 2016. Disponível em: www.ecofys.com/en/publications/circular-economy-white-paper-

ecofys-circle-economy/ Acesso em: 5 out 2021

EEA - European Environment Agency. **Circular Economy in Europe - Developing the Knowledge Base**. EEA Report No 2 (2016), 2016. Copenhagen: European Environment Agency.

EISENHARDT, Kathleen M. Building theories from case study research. **Academy of management review**, v.14, n.4, p. 532-550, 1989.

EISENHARDT, K.M.; GRAEBNER, M.E. Theory building from cases: opportunities and challenges. **Academy of Management Journal**, v.59, n.1, p. 25-32, 2007. Disponível em: https://journals.aom.org/doi/abs/10.5465/AMJ.2007.24160888 Acesso em: 22 fev 2022

ELIA, V.; GNONI, M.; TORNESE, F. Measuring circular economy strategies through index methods: A critical analysis. **Journal of Cleaner Production**, 142, Part 4, 2741-2751, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.196 Acesso em: 12 out 2021.

EMF - Ellen MacArthur Foundation. **Towards the circular economy − Economic and business rationale for an accelerated transition**. 2013. Disponível em: https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an Acesso em: 01 dez 2021.

EMF – Ellen MacArthur Foundation. **Towards the circular economy − Economic and business rationale for an accelerated transition**, 2015. Disponível em: www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/TCE_Ellen-MacArthur-Foundation_9-Dec-2015.pdf. Acesso em: 03 dez 2021.

EMF - Ellen MacArthur Foundation. **Intelligent assets: unlocking the circular economy potential**. 2016. Disponível em: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications Acesso em: 12 out 2021

EMF – Ellen MacArthur Foundation. Growth within: A circular economy vision for a competitive Europe. **Report of Ellen MacArthur Foundation**. 2015. Disponível em: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications Acesso em: 17 out 2021

ELKINGTON, John. 25 years ago I coined the frase “triple bottom line”. Here’s why it’s time ti rethink it, **Havard Business Review**, 25, p. 2-5, 2018. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5025554/mod_resource/content/1/HBR%20TRIPLE%20BOTTOM%20LINE%2025%20YEARS.pdf Acesso em: 3 nov 2021.

ESMAEILIAN, Behzad et al. Blockchain for the future of sustainable supply chain management in Industry 4.0. **Resources, Conservation and Recycling 2020**, 163, 105064, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105064 Acesso em: 8 nov 2021.

FAHAD, Adil et al. A survey of clustering algotithms for big data: taxonomy and empirical analysis., **IEEE Transactions on Emerging Topics Computing**, 2 (3), pp. 267-279, 2014 Disponível em: https://ieeexplore.ieee.org/document/6832486 Acesso em: 11 nov 2021.

FAN, S.; LI, X.; ZHAO, J. Collaboration process pattern approach to improving teamwork performance: A data mining based nethodology., **Informs Journal on Computing**, 29 (3), p. 438-456, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1287/ijoc.2016.0739 Acesso em: 11 nov 2021.

FENG, Jingyu et al. Towards random-honest miners selection and multi-blocks creation: Proof-of-negotiation consensus mechanism in blockchain networks., **Future Generation Computer Systems – The International Journal of Scinece**, 105, p. 248-258, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.future.2019.11.026 Acesso em: 17 nov 2021.

FETTERMANN, Diego et al. How does Industry 4.0 contribute to operations management?, **Journal of Industrial and Production Engineering**, 35 (4), pp. 255-268, 2018. Disponível em: 10.1080/21681015.2018.1462863 Acesso em: 04 out 2021.

FITZGERALD, M. et al. Embracing digital technology – a new strategic imperative, **MIT Sloan**

Management Review, Vol. 55 No. 2, pp. 1-12, 2014. Disponível em: https://sloanreview.mit.edu/projects/embracing-digital-technology/ Acesso em: 24 nov 2021.

FLEISCH, E.; WEINBERGER, M.; WORTMANN, F. Business models and the internet of things. **Bosch IoT Lab White Paper**, 1-18 August, 2014. Disponível em: 10.13140/RG.2.1.3824.2008 Acesso em: 04 out 2021.

FRANÇA, A. et al. Proposing the use of blockchain to imporve the solid waste management in small municipalities., **Journal of Cleaner Production**, 224, p. 118529, 2020. Disponível em: https://pubag.nal.usda.gov/catalog/6730841 Acesso em: 27 out 2021.

FRANK, Alejandro et al. Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: a business model innovation perspective., **Technological Forecasting and Social Change**, 141 (2019), p. 341-351, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.01.014 Acesso em: 12 out 2021.

GARCIA-MUIÑA, Fernando et al. Identifying the equilibrium point between sustainability goals and circular economy practices in an Industry 4.0 manufacturing context using eco-design., **Social Scienci 2019**, 8 (8), 241, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.3390/socsci8080241 Acesso em: 28 out 2021.

GE, Xinyu; JACKSON, Jonathan. The big data application strategy for cost reduction in automative industry. SAE International Journal of Commercial Vehicles, v.7, n. 2014-01-2410, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.4271/2014-01-2410 Acesso em: 25 fev 2022

GEISSDOERFER, Martin, et al. The circular economy – a new sustainability paradigm?. **Journal of Cleaner Production**, v. 143, p. 757-768, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048 Acesso em: 13 mar 2022.

GEISSDOERFER, Martin et al. Business models and supply chains for the circular economy. **Journal of Cleaner Production**, v. 790, p. 712-721, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.159. Acesso em: 06 out 2021.

GENOVESE, Andrea, et al. Sustainable supply chain management and the transition towards a circular economy: evidence and some applications. **Omega**, v. 66, p. 344-357, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.omega.2015.05.015 Acesso em: 13 mar 2022.

GHISELLINI, P.; CIALIANI, C.; ULGIATI, S. A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. **Journal of Cleaner Production**, v.114, p. 11–32, 2016 Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007 Acesso em 01 dez 2021.

GIL LAMATA, Mercedes; LATORRE MARTÍNEZ, Maria Pilar. The circular economy and sustainability: a systematic literature review. **Management Letters/Cuadernos de Gestión**, v.22, n. 1, p. 129-142, 2022. Disponível em: https://addi.ehu.es/handle/10810/55443 Acesso em: 10 mar 2022.

GOWER, Richard; SCHROEDER, Patrick. Virtuous circle: How the circular economy can save lives and create jobs in low and middle income countries., **UK: Tearfund and Institute of Development Studies**, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/306562812_Virtuous_Circle_how_the_circular_economy_can_create_jobs_and_save_lives_in_low_and_middle-income_countries Acesso em: 22 dez 2021.

GRAY, Rob; MILNE, Markus. **Towards reporting on the triple bottom line: Mirages, methods and myths. In A. Henriques & J. Richardson (Eds.), The Triple Botton Line does it all add up? Assessing the sustainability of business and CRS**, London Earthscan, p. 70-80, 2004. CSR, p. 70-80). London: Earthscan.

HAN, Junghee, HESHMATI, Almas & RASHIDGHALAM, Masoomeh (2020) Circular Economy Business Models with Focus on Servitization. **Sustainability 2020**, 12 (21), 8799. https://doi.org/10.3390/su12218799

HASHEM, Ibrahim et al. Do we have the right performance indicators for the circular economy?: Insight

into the Swiss waste management system., **Journal of Industrial Ecology**., 21 (3), pp. 615-627, 2017. Disponível em: 10.1111/jiec.12506 Acesso em 07 out 2021.

HATZIVASILIS, George et al. The green blockchains of circular economy., **Electronics 2021**, 10 (16), 2021. Disponível em: https://doi.org/10.3390/electronics10162008 Acesso em: 25 nov 2021.

HAWKEN, Paul; LOVINS, Amory; LOVINS, Hunter. **Natural capitalismo: The next industrial Revolution**., London: Little, Brown and Company, 1999.

HENRIQUES, Adrian; RICHARDSON, Julie. **Introduction: The Triple Botton Line does it all add up? In A. Henriques & J. Richardson (Eds.), The Triple Botton Line does it all add up? Assessing the sustainability of business and CRS**, London Earthscan, pp. 19-22, 2004.

HESHMATI, Almas. A review of the cirbular economy and its implementation., **International Journal of Green Economics**, 11, p. 251-288, 2017. Disponível em: https://www.inderscienceonline.com/doi/pdf/10.1504/IJGE.2017.089856 Acesso em: 5 nov 2021.

KHAN, Samee (2015) The rise of "big data" on cloud computing: review and open research issues, **Informations Systems**, 47 (2015), p. 98-115

HIDALGO-CARVAJAL, D.; CARRASCO-GALLEGO, R.; MORALES-ALONSO, G.; From goods to services and from linear to circular: The role of servitization's challenges and drivers in the shifting process. **Sustainability 2021**, 13, 4539, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.3390/su13084539 Acesso em: 11 out 2021.

HOMRICH, Aline et al. The circular economy umbrela: trends and gap on integrating pathways. **Journal of Cleaner Production.** V. 175, p. 525-543, 2018. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617327221 Acesso em: 03 dez 2021

HÖLLER, Jan et al. Machine-to-Machine to the internet of things: Introduction to a new age of intelligence, **Elsevier**, 2014. Disponível em: 10.1016/B978-0-12-407684-6.00001-2 Acesso em: 02 out 2021.

HU, Xiaofei; LIU, Jieping. Research on e-commerce visual marketing analysis based on internet big data., **Journal of Phisics: Conference Series**, 1865 (4), 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1111/poms.12838 Acesso em: 16 nov 2021.

HUANG, Shuai; CHAOVALITWONGSE, W. Computational optimization and statistical methods for big data analytics: Applications in neuroimaging, **Informs Tutorial in Operations Research**, p. 71-88, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1287/educ.2015.0135 Acesso em: 15 nov 2021.

HUANG, Zhenhua et al. Multimodal representation learning for recommendation in Internet of Things. **IEEE Internet Things**, volume 6 (6), p. 10675–10685, 2019. Disponível em: 10.1109/JIOT.2019.2940709 Acesso em: 13 nov 2021.

HUO, Da; CHAUDHRY, Hassan. Using machine learning for evaluating global expansion locationdecisions: An analysis of chinese manufacturing sector., **Technological Forecasting and Social Change**, Article 120436, 2020. Disponível em: 10.1016/j.techfore.2020.120436 Acesso em: 23 nov 2021.

IANSITI, Marco; LAKHANI, Karim R. The truth about blockchain, **Harvard Business Review**, p. 119-127, 2017. Disponível em: https://enterprisersproject.com/sites/default/files/the_truth_about_blockchain.pdf Acesso em: 11 nov 2021.

INGEMARSDOTTER, E.; JAMSIN, E.; BALKENENDE, R. Opportunities and challenges in IoT-enabled circular business model implementation – A case study. **Resources, Conservation and Recycling**, 162, art. nº 105047, 2020 Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105047 Acesso em 02 out 2021.

INGEMARSDOTTER, Emilia et al. Circular strategy enabled by the internet of things: A framework and

analysis of current practice. **Sustainability 2019**, 11 (20), 5689, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.3390/su11205689 Acesso em: 24 out 2021.

IQBAL, Rahat et al. Big data analytics: computational intelligence techniques and application áreas., **Technological Forecasting and Social Change**, 153, Article 119253, 2020. Disponível em: 10.1016/j.techfore.2018.03.024 Acesso em: 21 nov 2021.

IYER-RANIGA, Usha. Using the ReSOLVE framework for circularity in the building and construction industry in emerging markets. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, vol. 294, p. 012002, 2019. Disponível em: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/294/1/012002/meta Acesso em: 21 nov 2021.

JUMA, H.; SHAALAN K.; KAMEL I. A survey on using blockchain in trade supply chain solutions, **IEEE Access**, 7, p. 184115-184132, 2019. Disponível em: https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=8936386 Acesso em: 1 nov 2021.

KAISLER, S. et al. Big data: Issues and challenges moving forward., **46th Hawaii International Conference n System Science (HICSS)**, p. 995-1004, 2013. Disponível em: 10.1109/HICSS.2013.645 Acesso em: 13 nov 2021.

KALMYKOVA, Y.; SADAGOPAN, M.; ROSADO, L. Circular economy – From review of theories and practices to development of implementation tools. **Resources, Conservation and Recycling**, 135, 190-201, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.034 Acesso em: 23 out 2021.

KEILHACKER, M. L.; MINNER, S. Supply chain risk management for critical commodities: A system dynamics model for the case of the rare earth elements. **Resources, Conservation and Recycling**, 125, 349–362, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.05.004 Acesso em: 15 out 2021.

KINNUNEN, Päivi; KAKSONEN, Anna. Towards circular economy in mining: opportunities and bottlenecks for tailing valorization, **Journal of Cleaner Production**, 228, p. 153-160, 2019. Disponível em: 10.1016/j.jclepro.2019.04.171 Acesso em: 22 nov 2021.

KHIN, Sabai; HO, Theresa. Digital technology, digital capability and organizational performance: A mediating role of digital innovation., **International Journal of Innovation Science**, Vol. 11 nº2, p. 177-195, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1108/IJIS-08-2018-0083 Acesso em: 15 out 2021.

KIRCHHERR J.; REIKE D.; HEKKERT M. **Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions, Resources, Conservation and Recycling**, 127, pp. 221-232, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005 Acesso em 09 out 2021.

KLEYNER, G.B. (2018) **Industrial ecosystems:** A look into the future. J. Russ. Econ. Revival 2018, 3, 53–6

KORPELA, K.; HALLIKAS, J.; DAHBERG, T. Digital supply chain transformation toward blockchain integration., **50th Hawaii International Conference on System Science**, 2017. Disponível em: 10.24251/HICSS.2017.506 Acesso em: 22 nov 2021.

KORTUEM, Gerd et al. Smart Objects as Building Blocks for the Internet of Things. ***IEEE Internet Computing***., *14*, 44–51, 2010. Disponível em: 10.1109/MIC.2009.143 Acesso em: 18 nov 2021.

KRISTOFFERSEN, Eivind et al. The Smart circular economy: A digital-enabled circular strategies framework for manufacturing companies. **Journal of Business Research**, 120, p. 241-261, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.07.044 Acesso em: 22 nov 2021.

KSHETRI, Nir. Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives, **International Journal of Information Management**, 39, p. 80-89, 2018. Disponível em: 10.1016/j.ijinfomgt.2017.12.005 Acesso em: 2 nov 2021.

KOUHIZADEH, M.; ZHU, Q.; SARKIS, J. Blockchain and circular economy: potential tensions and critical reflections from practice., **Production Planning and Control**, 31, 11-12, 2020. Disponível em:

https://doi.org/10.1080.09537287.2019.1695925 Acesso em: 24 nov 2021.

LASKURAIN-ITURNE, Iker et al. Exploring the influence of industry 4.0 technologies on the circular economy, **Journal of Cleaner Production**, vol. 321, 128944, 2021 Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128944 Acesso em: 03 out 2021

Lewandowski, Mateusz. Designing the business models for circular economy - Towards the conceptual framework. **Sustainability**, v. 8, n. 1, p. 43, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.3390/su8010043 Acesso em 23 dez 2021.

LIN, Chun-Cheng et al. Key design of driving industry 4.0: joint energy-efficient deployment and scheduling in group-based industrial wireless sensor networks., **IEEE Communications Magazine**, 54 (10), p. 46-52, 2016. Disponível em: 10.1109/MCOM.2016.7588228 Acesso em: 21 out 2021.

LIN, Kuo-Ping, YU, Chun-Min, CHEN, Kuen-Suan (2019) Production data analysis using novel process capability índices-based circular economy. **Industrial Management & Data Systems**, 119 (8) (2019), pp. 1655-1668

LOOMBA, Arvinder; NAKASHIMA, Kenichi. Enhancing value in reverse supply chains by sorting before product recovery. **Production Planning and Control**, 23 (2–3), 205–215, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1080/09537287.2011.591652 Acesso em: 20 out 2021.

LOPEZ, David; FARROQ, Bilal. A multi-layered blockchain framework for smart mobility data-markets., **Transportation Research Part C-Emerging Technologies**, 111, p. 588-615, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/338912581_A_multi-layered_blockchain_framework_for_smart_mobility_data-markets Acesso em: 16 nov 2021.

LU, Q.; XU, X. Adaptable blockchain-based systems: A case study for product traceability. **IEEE Software 2017**, 34 (6), 21–27, 2017. Disponível em: 10.1109/MS.2017.4121227 Acesso em: 15 out 2021.

LUTHRA, Sunil et al. Modelling critical success factors for sustainability initiatives in supply chains in indian context using Grey-DEMATEL, **Production Planning & Control**., 29, p. 705-728, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1448126 Acesso em: 22 out 2021.

MAESA, Damiano; MORI, Paolo. Blockchain 3.0 applications survey., **Journal of Parallel and Distributed Computing**, 138, p. 99-114, 2020. Disponível em: 10.1016/j.jpdc.2019.12.019 Acesso em: 11 nov 2021.

MENDOZA, Joan Manuel et al. Integrating backcasting and eco-design for the circular economy: the BECE framework. **Journal of Industrial Ecology**, v.21. n. 3, p. 526-544, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1111/jiec.12590 Acesso em: 25 fev 2022.

MHATRE, Purva et al. A systematic literature review on the circular economy initiatives in the European Union, **Sustainable Production and Consumption**, Vol. 26, pp. 187-202, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.09.008 Acesso em: 12 out 2021.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. Estudo de caso da engenharia de produção: estruturação e recomendação para sua condução. **Production**, Vol. 17, n. 1, p. 216-229, 2007. Disponível em: https://www.scielo.br/j/prod/a/zhVnv4mW8pvWc3hTxvfXt4L/abstract/?lang=pt Acesso em: 01 dez 2021.

MITAL, Monika et al. Adoption of internet of things in India: a test of competing modles using a structured equation modeling approach., **Technological Forecasting and Social Change**, 2017. Disponível em: 10.1016/j.techfore.2017.03.001 Acesso em: 22 nov 2021.

MONAGHAN, Paul. **Put up or Shut up. In A. Henriques & J. Richardson (Eds.), The Triple Botton Line does it all add up? Assessing the sustainability of business and CRS**, London Earthscan, pp. 142-154, 2004.

MONDAL, Saikat et al. Blockchain inspired RFID-based information architecture for food supply chain., **IEEE Internet of Things Journal**, 6 (3), p. 5803-5813, 2019. Disponível em: 10.1109/JIOT.2019.2907658 Acesso em: 01 nov 2021.

MOREAU, Vicent *et al*. Coming full circle: Why social and institutional dimensions matter for the circular economy. **Journal of Industrial Ecology,** v. 21, n. 3, p. 497-506, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1111/jiec.12598 Acesso em: 26 dez 2021.

MORGAN, Julian; MITCHELL, Peter. Employment and the circular economy: Job creation in a more resource efficient Britain. **WRAP and Green Alliance**. 2015. Disponível em: 10.13140/RG.2.1.1026.5049 Acesso em: 23 dez 2021

MORIGUCHI, Y. Material flow indicators ro measure progress toward a sound material-cycle society., **Journal of Material Cycles and Waste Management**., 9 (2), pp. 112-120, 2007. Disponível em: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10163-007-0182-0.pdf Acesso em 07 out 2021.

MUDULI, Kamalkanta et al. Barriers to Green Supply Chain Management in Indian Mining Industries: A Graph Theoretic Approach. **Journal of Cleaner Production**, 47, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/235727015_Barriers_to_green_supply_chain_management_in_Indian_mining_industries_A_graph_theoretic_approach Acesso em: 31 out 2021.

MURDOCH, Travis; DETSKY, Allan. The inevitable application of big data to health care, **JAMA**, 309 (13), p. 1351-1352, 2013. Disponível em: 10.1001/jama.2013.393 Acesso em: 14 out 2021.

MURRAY, Alan; SKENE, Keith; HAYNES, Kathryn. The circular economy: an interdisciplinar exploration of the cocnept and application in a global contexto. **Journal os Business Ethics**, v. 140, n. 3, p. 369-380, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10551-015-2693-2 Acesso em: 13 mar 2022.

NASCIMENTO, Daniel et al. Exploring industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing contexto. Journal of Manufacturing Technology Management, v. 30, n. 3, p. 607-627, 2019. Disponível em: https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JMTM-03-2018-0071/full/html Acesso em: 10 mar 2022.

NAKAMOTO, Satoshi. Bitcoin. A peer-to-peer electronic cash system. 2008. Disponível em: https://bitcoin.org/bitcoin.pdf Acesso em: 12 out 2021.

NAYYAR, Anand; PURI, Vikram. Smart farming: IoT based smart sensors agriculture stick for live temprature and moisture monitoring using arduino, cloud computing e solar technology. **The International Conference on Communication and Computing Systems**, 2016. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1201/9781315364094 121 Acesso em 04 out 2021.

NASR, Nabil; THRURSTON, Michael. Remanufacturing: A key enabler to sustainable product systems. **13th CIRP International Conference on Life Cycle Engineering**, 31 May–2 June, Leuven, Belgium, 2006. Disponível em: https://www.mech.kuleuven.be/lce2006/key4.pdf Acesso em: 22 dez 2021.

NUßHOLZ, Julia. A circular business model mapping tool for creating value from prolonged product lifetime and closed material loops. **Journal of Cleaner Production**. v. 197, p. 185- 194, 2018. Disponivel em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618317621 Acesso em: 03 dez 2021.

OECD. Material resources, productivity and the environment. Paris: OECD Green Growth Studies, **OECD Publishing**, 2015. Disponível em: https://www.oecd.org/ Acesso em: 25 dez 2021.

OECD. Business Models for the Circular Economy – Opportunities and Challenges from a Policy Perspective. **Re-Circle – Resource Efficiency & Circular Economy Project**. Paris, 2018. Disponível em: https://www.oecd.org/ Acesso em: 03 dez 2021.

OPPITZ, Marcus; TOMSU, Peter **Inventing the cloud century: How cloudiness keeps chaging our life, economy and technology**., 1 ed., New York, Spring International Publising (2018).

OZTEKIN, Asil. Big data analytics for creating a marketing strategy in healthcare industry, **Annals of Operations Research**, pp. 1-7, 2017. Disponível em: https://ideas.repec.org/a/spr/annopr/v270y2018i1d10.1007_s10479-017-2493-4.html Acesso em: 2 nov 2021.

PAGOROPOULOS, A.; PIGOSSO, Daniela C.; MCALOONE, T. (2017) The emergent role of digital Technologies in the Circular Economy: A review. **Procedia CIRP**, 64, p. 19-24, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.02.047 Acesso em: 22 nov 2021.

PAPADOPOULOS, Thanos et al.Towards next generation of manufaturing: implications of big data and digitalization in the context os Industry 4.0, **Production Palnning and Control**, 2021. Disponível em: 10.1080/09537287.2020.1810767 Acesso em: 03 out 2021

PERSIS, D. Jinil et al. Modelling and analysing the impact of circular economy: Internet of things and ethical business practices in the VUCA world: evidence from the food processing industry., **Jounal of Cleaner Production**, vol 301, 126871, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126871 Acesso em: 11 nov 2021.

PILKINGTON, Marc. 11 Blockchain technology: principles ans applications, F.X. Olleros, M. Zhegu (Eds.), **Research Handbook on Digital Transformations**, Edward Elgar, p. 225, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.4337/9781784717766.00019 Acesso em: 21 nov 2021.

POTTING, José et al. Circular economy: Measuring innovation in the product chain., **PBL Publising**, 2544, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/319314335_Circular_Economy_Measuring_innovation_in_the_product_chain Acesso em: 20 nov 2021.

PRENDEVILLE, Sharon et al. Circular Economy: Is it enough?. **EcoDesign Centre**, Wales, 2014. Disponível em: 10.13140/RG.2.1.1473.1128 Acesso em: 20 fev 2022

QIAN, Xiaojun; CHE, Xiaoping. Security-enhance serach engine design in internet of things, **Journal of Universal Computer Science**, 18 (9), p. 1218-1235, 2012. Disponível em: https://lib.jucs.org/article/23459 Acesso em: 28 nov 2021.

QU, Ting et al. Internet-of-Things-based just-in-time milk-run logistics routing system., 2015 IEEE International Conference on Networking, **Sensoring and Control, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc**., 2015. Disponível em: 10.1109/ICNSC.2015.7116045 Acesso em: 10 out 2021.

RAJESH, Rajagopal. (2017) Technological capabilities and supply chain resilience of firms: A relational analysis using Total Interpretive Structural Modeling (TISM)., **Technological Forecasting and Social Change**, 118 (2017), p. 161-169, 2017.Disponível em: 10.1016/j.techfore.2017.02.017 Acesso em: 8 out 2021.

RAJPUT, Shubhangini; SINGH, Surya. Industry 4.0 Model for circular economy and cleaner production. **Journal of Cleaner Production 2020**, 277, 123853, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123853 Acesso em: 2 nov 2021.

RAO, B.; ANGELOV, O.; NOV, O. Fusion of disruptive technologies: lessons from the skype case., **European Management Journal**., 24 (2), p. 174-188, 2006. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.emj.2006.03.007 Acesso em: 9 nov 2021.

REHMAN KHAN, S.A. et al. The role of block chain technology in circular economy practices to improve organisational performance. **International Journal of Logistics Resources and Applications**, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1080/13675567.2021.1872512 Acesso em: 25 out 2021.

REN, Shan et al. A comprehemsive review of big data analytics throughout product lifecycle to support sustainable smart manufacturing: a framework challenges and future research directions**. Journal of Cleaner Production**, 210, pp. 1343-1365, 2019. Disponível em: 10.1016/j.jclepro.2018.11.025 Acesso em: 01 out 2021.

RIALTI, Riccardo et al. Achieving strategic flexibility in the era of Big Data: The importance of knowledge management and ambidexterity., **Management Decision**., 58 (8), p. 1585-1600, 2020. Disponível em: 10.1108/MD-09-2019-1237 Acesso em: 1 nov 2021.

RIESENER, M. et al. Circular economy: Challenges and potentials for the manufacturing industry by digital transformation. **2019 IEEE International Symposium on Innovation and Entrepreneurship (TEMS-ISIE)**, Hangzhou, China, 24–26, p. 1–7, 2019. Disponível em: 10.1109/TEMS-ISIE46312.2019.9074421 Acesso em: 29 out 2021.

RITZÉN, Sofia; SANDSTRÖM, Gunilla Ö. Barriers to the circular economy: Integration of perspectives and domains., **Procedia CIRP**, 64, p. 7-12, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.005 Acesso em: 28 nov 2021.

ROBLEK, V.; MESKO, M.; KRAPEZ, A. A complex view of industry 4.0, **Sage Open**, 6 (2), 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1177/2158244016653987 Acesso em: 22 out 2021.

ROSA, Paolo et al. Assessing relations between circular economy and industry 4.0: a systematic literature review., **International Journal of Production & Research**, 58 (6), pp. 1662-1687, 2020. Disponível em: 10.1080/00207543.2019.1680896 Acesso em: 03 out 2021

RÜßMANN, Michael et al. Industry 4.0: the future of productivity and growth in manufacturing industries, **Boston Consult Group**, 9 (1), p. 54-89, 2015. Disponível em: https://www.bcg.com/pt-br/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries Acesso em: 27 nov 2021.

RUSU, Octavian et al. Converting unstructured and semi-structured data into knowledge. **2013 11th Roedunet International Conference**, IEEE, p. 1-4, 2013. Disponível em: 10.1109/RoEduNet.2013.6511736 Acesso em: 08 dez 2021.

SABERI, Sara et al. Blockchain technology and its relationship to sustainable supply chain management, **International Journal of Production Research**, p. 1-19, 2018.Disponível em: https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1533261 Acesso em: 26 nov 2021.

SAGIROGLU, Seref; SINANC, Duygu. Big data: a review, Collaboration Technologies and Systems (CTS), **2013 International Conference**, IEEE, pp. 42-47, 2013. Disponível em: 10.1109/CTS.2013.6567202 Acesso em: 27 out 2021.

SANKAR, L.S.; SINDHU, M.; SETHMADHAVAN, M. Survey of consensus protocols on blockchain applications, **2017 4th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS)**, p. 1-5, 2017. Disponível em: 10.1109/ICACCS.2017.8014672 Acesso em: 15 nov 2021.

SAVITZ, A. W.; WEBER, K. **The triple bottom line: how today's best-run companies are achieving economic, social, and environmental success – and how you can too**. San Francisco: Wiley & Sons, 2006.

SAUVÉ, Sebastien; BERNARD, Sophie; SLOAN, Pamela. Environmental sciences, sustainable development and circular economy: alternative concepts for trans-disciplinary research. **Environmental Development**, v.17, p. 48-56, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.envdev.2015.09.002 Acesso em: 13 mar 2022.

SCHROEDER, Patrick; ANGGRAENI, Kartika; WEBER, Uwe. The relevance of circular economy practices to the sustainable development goals., **Journal of Industrial Ecology**, v. 23, n. 1, p. 77-95, 2019.Disponível em: https://doi.org/10.1111/jiec.12732 Acesso em: 22 dez 2021.

SEHNEM, Simone et al. **Green Supply Chain Management: uma análise da produção científica recente (2001-2012).** 2013, Disponível em: http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132014005000006 Acesso em: 01 out 2021

SEYEDAN, Mahya; MAFAKHERI, Fereshteh. Predictive big data analytics for supply chain demand forecasting: methods, applications and research opportunities., **Journal of Big Data**, 7 (1), p. 1-22, 2020. Disponível em: https://journalofbigdata.springeropen.com/articles/10.1186/s40537-020-00329-2 Acesso em: 27 nov 2021.

SERRÃO, M.; ALMEIDA, A.; CARESTIATO, A**. Sustentabilidade: Uma questão de todos nós.**, Editora SENAC São Paulo, São Paulo, 2020.
SHI, Han et al. China's quest for eco-industrial parks, part I, **Journal of Industrial Ecology**, v. 16, n.1, p. 8, 2012. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1530-9290.2012.00454.x Acesso em 20 fev 2022

SKARMETA, A.F.; HERNANDEZ-RAMOS, J.L.; MORENO, M.V. (2014) A decentralized approach for security and privacy challenges in the internet of things., **2014 IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT)**, p. 67-72, 2014.Disponível em: 10.1109/WF-IoT.2014.6803122 Acesso em: 23 nov 2021.

SLAPER, Timothy; HALL, Tanya. The triple bottom line: What is it and how does it work?, **Indiana Business Review**, 2011. Disponível em: http://www.ibrc.indiana.edu/ibr/2011/spring/article2.html Acesso em: 13 out 2021.

SPRING, M.; ARAUJO, L. Product biographies in servitization and the circular economy. **Industrial Marketing Management**, 60, pp. 126-137, 2017 Disponível em: 10.1016/j.indmarman.2016.07.001 Acesso em: 02 out 2021

STAHEL, Walter R. The Circular Economy, **Nature,** 531 (7595), p. 435-438, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.4324/9780429259203 Acesso em: 08 out 2021.

SU, Biwei et al. A review of the circular economy in China: moving from rhetoric to implementation. **Journal of Cleaner Production**, v. 42, p. 215-227, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.020 Acesso em: 13 mar 2022.

SUÁREZ-EIROA, Brais et al. Operational principles of circulare conomy for sustainable development: linking theory and prctice. **Journal of Cleaner Production**, v. 214, p. 952-961, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.271 Acesso em: 11 mar 2022.

SWAN, Melanie. **Blockchain: Blueprint for a new economy**, O'Reilly Media Inc, Sebastopol, CA, USA, 2015.

TANWAR, S.; PAREKH, K.; EVANS, R. Blockchain-based electronic healthcare record system for healthcare 4.0 appllications., **Journal of Information Security and Applications**, 50, 102407, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jisa.2019.102407 Acesso em: 19 nov 2021.

TRELEAVEN, P.; GENDAL BROWN, R.; YANG, D. Blockchain technology in finance, **Computer**, 50 (9), p. 14-17, 2017. Disponível em: 10.1109/MC.2017.3571047 Acesso em: 17 nov 2021.

TUKKER, Arnold. Product services for a resource-efficient and circular economy e a review. **Journal of Cleaner Production**, v. 97, p. 76-91, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.049 Acesso em: 13 mar 2022.

UNEP - United Nations Environment Program. The Global Outlook on SCP Policies. Taking action together. Executive Summary. **Nairobi Kenya: United Nations Environment Program**, 2012. Disponível em: https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/21539142 Acesso em: 22 dez 2021.

UPADHYAY, Arvind et al. Blockchain technology and the circular economy: implications for sustainability ans social responsability., **Journal of Cleaner Production**, vol. 293, 126130, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126130 Acesso em: 28 nov 2021.

USAPEIN, P.; CHAVALPARIT, O. (2014) Development of sustainable waste management toward zero landfill waste for the petrochemical industry in Thailand using a comprehensive 3R methodology: a case

study, **Waste Management & Research**, 32 (6), p. 509-518, 2014. Disponível em: https://doi-org.ez328.periodicos.capes.gov.br/10.1177/0734242X14533604 Acesso em: 5 nov 2021.

VON HALLER GRONBAEK, M. (2016) Blockchain 2.0, smart contracts and challenges. Computers & Law, **SCL Magazine**, p. 2-5, 2016. Disponível em: https://www.twobirds.com/~/media/pdfs/in-focus/fintech/blockchain2_0_martinvonhallergroenbaek_08_06_16.pdf Acesso em: 29 nov 2021.

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROLICH, M. Case research in operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, Emerald [s.1.], v.22, n.2, p. 195-519, 2002. Disponível em: http://www.dep.ufmg.br/old/disciplinas/epd804/artigo4.pdf ACesso em: 22 fev 2022

XING, E. et al.Petuum: A new plataform for distributed machine learning on big data. **IEEE Transactions Big Data**, 1 (2), p. 49-67, 2015. Disponível em: https://petuum.com/wp-content/uploads/2019/01/Petuum_Platform_Distributed_Machine_Learning_Big_Data.pdf Acesso em: 22 nov 2021.

WACH, Elise; THORPE, Jodie. Introduction: Changing perspectives in business and development. **IDS Bulletin**, v. 46, n. 3, p. 1-6, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1111/1759-5436.12139 Acesso em: 25 dez 2021.

WÄGER, P.A.; HISCHIER, R.; EUGSTER, M. Environmental impacts of the Swiss collection and recovery systems for waste electrical and electronic equipment (WEEE): A follow-up. **Science of the Total Environment**, v. 409, n. 10, p. 1746-1756, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.01.050 Acesso em: 26 dez 2021.

WAHYUDI, A., PEKKOLA, S. & JANSSEN, M. Representattional quality challenges of big data: Insights from comparative case studies., Challenges and opportunities in the digital era, **Springer International Publising**, p. 520-538, 2018. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rac/a/fDJkpGFF4gH8xmgnLCYRB8z/?format=pdf&lang=pt Acesso em: 22 nov 2021.

WALDNER, Jean-Baptiste. **Inventer l'Ordinateur du XXleme Siècle**, Londres: Hermes Science, p. 254, 2007.

WALDNER, Jean-Baptiste. **Nanocomputers and Swarm Intelligence**. Londres: ISTE**.** p. 227-231, 2008

WAMBA, Samuel F. et al. How 'big data" can make big impact: Findings from a systematic review and a longitudinal case study. **International Journal of Production Economics**., 165, p. 234-246, 2015. Disponível em: 10.1016/j.ijpe.2014.12.031 Acesso em: 14 nov 2021.

WANG, B. et al.Internet of Things (IoT): Enabled accountability in source separation of household waste for a circular economy in China. **Journal of Cleaner Production**, 300, p. 126773, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126773 Acesso em: 6 nov 2021.

WANG, H.; YAO, Y.; SALHI, S. Tension in bid data using machine learning: Analysis and applications. **Technological Forecasting and Social Change**, 158, Article 120175, 2020. Disponível em: 10.1016/j.techfore.2020.120175 Acesso em: 22 nov 2021.

WANG, Xiaonan, YANG, Wentao, NOOR, Sana, CHEN, Chang, GUO, Miao & VAN DAM, Koen (2020) Blockchain-based smart contract for energy demand management., **Energy Procedia**, 158, pp. 2719-2724 https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.02.028

WANG, Y.; HAN, Jeong H.; BEYNON-DAVIES, P. Understanding blockchain technology for future supply chains: A systematic literature review and reserach agenda., **Supply Chain Management-an International Journal**, 24 (1), p. 62-84, 2019. Disponível em: 10.1108/SCM-03-2018-0148 Acesso em: 15 nov 2021.

WATSON, Richard; WEBSTER, Jane. Analysing the past for the future: Writing a literaure review roadmap for release 2.0., **Journal of Decision System**, v. 29, n.3, pp. 129-147, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1080/12460125.2020.1798591 Acesso em: 03 dez 2021.

WEI, Shuoguo et al. Motives and Barriers of Remanufacturing industry in China. **Journal of Cleaner Production**. v.94, p. 340-351, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.014 Acesso em: 01 dez 2021.

WONG, K.S.; KIM, M.H. Privacy protection for data-driven smart manufacturing systems, **International Journal of Web Services Research**, v. 14, n. 3, p. 17-32, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.4018/IJWSR.2017070102 Acesso em: 17 out 2021.

WU, H-Q.; SHIA, Y.; XIAA, Q. Effectiveness of the policy of circular economy in China: A DEA-based analysis for the period of 11th five-year-plan., **Resources, Conservation and Recycling**, vol. 83, pp. 163-175, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1177/0734242X14533604 Acesso em: 6 nov 2021.

YADAV, Sachin; SINGH, Surya. Blockchain critical sucess factors for sustainable supply chain, **Resources, Conservation and Reciclying**., 152, Article 104505, 2020.Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104505 Acesso em: 22 nov 2021.

YANG, S.; KAMINSKI, J.; PEPIM, H. Opportunities for industry 4.0 to support remanufacturing., **Applied Science**, 8, p. 1177, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.3390/app8071177 Acesso em: 19 nov 2021.

YILDIZBASI, Abdullah. Blockchain and renewable energy: Integration challenges in circular economy era., **Renewable Energy**, vol 176, p. 183-197, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.05.053 Acesso em: 23 nov 2021.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Tradução Ana Thorell; revisão técnica Cláudio Damacena, 4ª Edição, Porto Alegre: Bookman, 2010.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Tradução Ana Thorell; revisão técnica Cláudio Damacena, 5ª Edição, Porto Alegre: Bookman, 2015.

ZENG, D.; GUO, S.; CHENG, Z. The web of things: A survey., **Journal of Communications**, 6 (6), p. 424-438, 2011. Disponível em: 10.4304/jcm.6.6.424-438 Acesso em: 27 nov 2021.

ZHANG, H.; LU, X. (2020) Vehicle communication network in inteligent transportation system based on Internet of Things., **Computer Communications**, 160, 799-806, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.comcom.2020.03.041 Acesso em: 27 out 2021.

ZHANG, Abraham et al. Blockchain-based life cycle assessmente: An implementation framework and system architecture. **Resources, Conservation and Recycling**, 152, p. 104512, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104512 Acesso em: 26 dez 2021.

ZHANG, R.; XUE, R.; LUI, L. Security and privacy on blockchain., **ACM Computing Survey**, v. 54, n. 3, p. 1-34, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1145/3316481 Acesso em: 29 nov 2021.

ZHAO, S.; ZHU, Q. Remanufacturing supply chain coordination under the stochastic remanufacturability rate and the random demand. **Annals of Operations Research**, 257 (1–2), p. 661-695, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.05.015 Acesso em: 22 out 2021.

ZHONG, Ray Y. et al. Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review., **Engineering**, v. 3, n. 5, p. 616-630, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.05.015 Acesso em: 22 out 2021.

ZHU, Shuai et al. The development of energy blockchain and its implications for China's ebergy sector., **Resources Policy**, 66, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101595 Acesso em: 20 nov 2021.

ZINK, Trevor; GEYER, Roland. Circular economy rebound. **Journal of Industrial Ecology**, v. 21, n. 3, p. 593-602, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1111/jiec.12545 Acesso em: 25 dez 2021.

APÊNDICE A – Roteiro de pesquisa

Pergunta Aberta
1- Poderia começar comentando um pouco sobre a empresa e como ela atua no mercado?
Dimensão relacionada a economia circular e triple bottom line
2- Quais práticas de sustentabilidade a empresa aplica em seus processos, produtos e serviços? Qual nível de conscientização a implementação dessas práticas tiveram junto a empresa?
3- Quais foram as necessidades de adequação por parte da empresa que levaram a implementação de práticas de sustentabilidade em seus processos organizacionais?
4- Através do princípio de equidade dos três pilares (social, ambiental e econômico) proposto pelo TBL, a empresa entende ser um desafio a busca pela equidade ou já conseguiu alcançar o equilíbrio entre os pilares? Onde os pilares auxiliam na implementação das práticas circulares?
Dimensão relacionada a práticas de economia circular
5- Quais das ações propostas pela estrutura ReSOLVE (regenerar, compartilhar, otimizar, loop, virtualizar e trocar) a empresa entende utilizar em seus processos, mesmo que não faz uso da estrutura completa?
6- A empresa entende atuar dentro dos princípios dos R's de sustentabilidade? Se sim, quais práticas dos R's a empresa aplica em seus processos, serviços e produtos?
7- Como a implementação de práticas de economia circular tem auxiliado a empresa na obtenção de resultados voltados para práticas sustentáveis?
Dimensão relacionada a tecnologias digitais
8- A empresa enxerga as tecnologias digitais como habilitadoras para a implementação de práticas de economia circular?
9- Quais foram os principais fatores que levaram a empresa a decidir pela utilização de tecnologias digitais (IoT, *Big Data* e *Blockchain*) para auxiliar na criação de seu projeto envolvendo práticas de economia circular?
10- Quais tecnologias digitais (IoT, *Big Data* e *Blockchain*) estão diretamente ligadas as práticas de economia circular que são utilizadas nos processos, produtos e serviços oferecidos pela empresa?
Dimensão relacionada as oportunidades geradas pela atuação das tecnologias digitais juntamente a práticas de economia circular
11- A empresa entende como vantagem competitiva a utilização de tecnologias digitais juntamente com práticas de economia circular?
12- Quais oportunidades a empresa enxerga com a utilização do modelo que tem como base as tecnologias digitais juntamente a práticas de economia circular?
13- A empresa entende como vantagem competitiva a utilização de tecnologias digitais juntamente com práticas de economia circular?

Continua

Conclusão

14- Quais oportunidades a empresa enxerga com a utilização do modelo que tem como base as tecnologias digitais juntamente a práticas de economia circular? 15- Quais vantagens a empresa visualiza ter obtido a partir da utilização das tecnologias digitais em seus processos circulares? Os conceitos relacionados a tecnologias digitais trouxeram novas oportunidades para a empresa?
Dimensão relacionada as barreiras enfrentadas com a implementação das tecnologias digitais juntamente a práticas de economia circular
16- Quais foram as principais barreiras de escolha e implementação das tecnologias digitais? Ocorreram desafios quanto a associação das tecnologias escolhidas com as práticas de economia circular? 17- Ocorreram barreiras durante o período de implementação da nova tecnologia juntamente com as práticas circulares? Os colaboradores aceitaram os novos processos? 18- Houve barreiras com as empresas que fazem parte da cadeia durante o processo de implementação das práticas de economia circular?

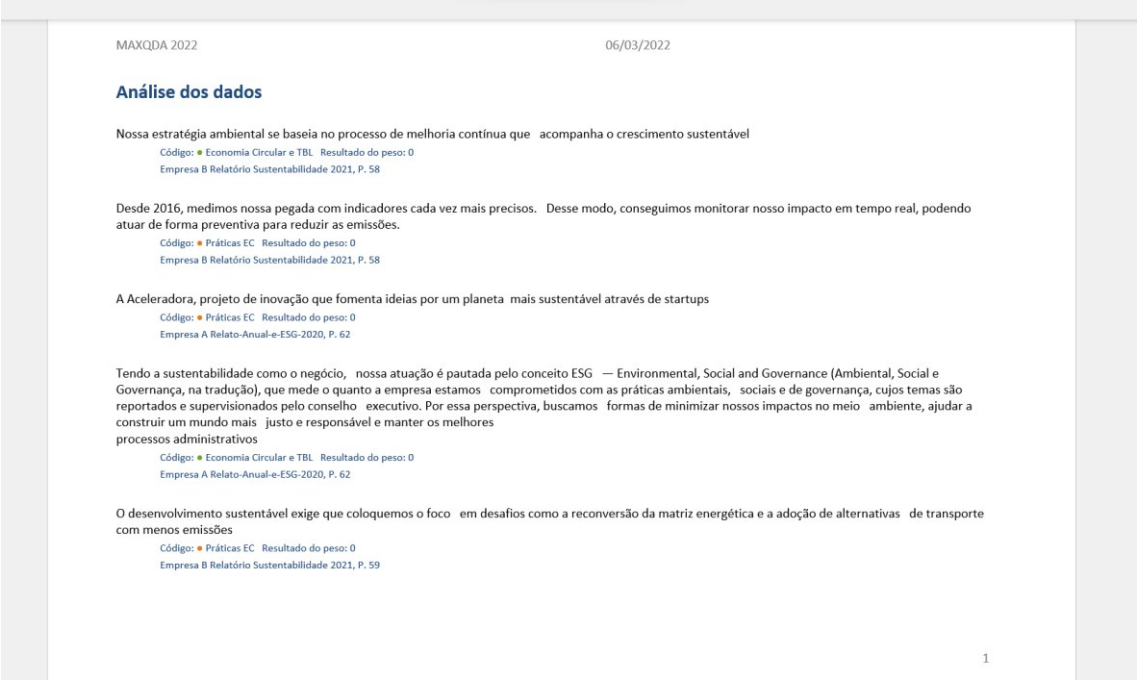
Fonte: Autor

APÊNDICE B – Ferramenta de análise de dados

Para análise qualitativa dos dados gerados nas entrevistas, foi utilizado o *software* MAXQDA, que auxiliou na transcrição manual das gravações das entrevistas e na inclusão dos dados secundários como relatórios de sustentabilidade e materiais disponíveis nos sites das empresas que fizeram parte do estudo. O *software* MAXQDA apoiou na organização, análise, classificação e combinação das informações geradas durante as entrevistas e dados secundários.

O tratamento dos dados iniciou-se com a transcrição das gravações das entrevistas, onde foram gerados relatórios que seriam cruzados juntamente com os dados secundários obtidos. As transcrições das entrevistas foram realizadas para a organização dos dados, seguida pela codificação das informações através das cinco dimensões do quadro teórico desenvolvido durante a pesquisa (economia circular, práticas de economia circular, tecnologias digitais, oportunidades das tecnologias digitais atuando no contexto de economia circular e barreiras das tecnologias digitais atuando no contexto de economia circular) e consequentemente a redução dos dados mantém apenas as informações pertinentes para a busca dos resultados almejados. O software MAXQDA gerou os relatórios que foram exportados nos formatos de *Microsoft Word* e *Microsoft Excel*.

Figura 7 – Relatório com codificação das dimensões em formato *Microsoft Word*



MAXQDA 2022 06/03/2022

Análise dos dados

Nossa estratégia ambiental se baseia no processo de melhoria contínua que acompanha o crescimento sustentável
Código: ● Economia Circular e TBL Resultado do peso: 0
Empresa B Relatório Sustentabilidade 2021, P. 58

Desde 2016, medimos nossa pegada com indicadores cada vez mais precisos. Desse modo, conseguimos monitorar nosso impacto em tempo real, podendo atuar de forma preventiva para reduzir as emissões.
Código: ● Práticas EC Resultado do peso: 0
Empresa B Relatório Sustentabilidade 2021, P. 58

A Aceleradora, projeto de inovação que fomenta ideias por um planeta mais sustentável através de startups
Código: ● Práticas EC Resultado do peso: 0
Empresa A Relato-Anual-e-ESG-2020, P. 62

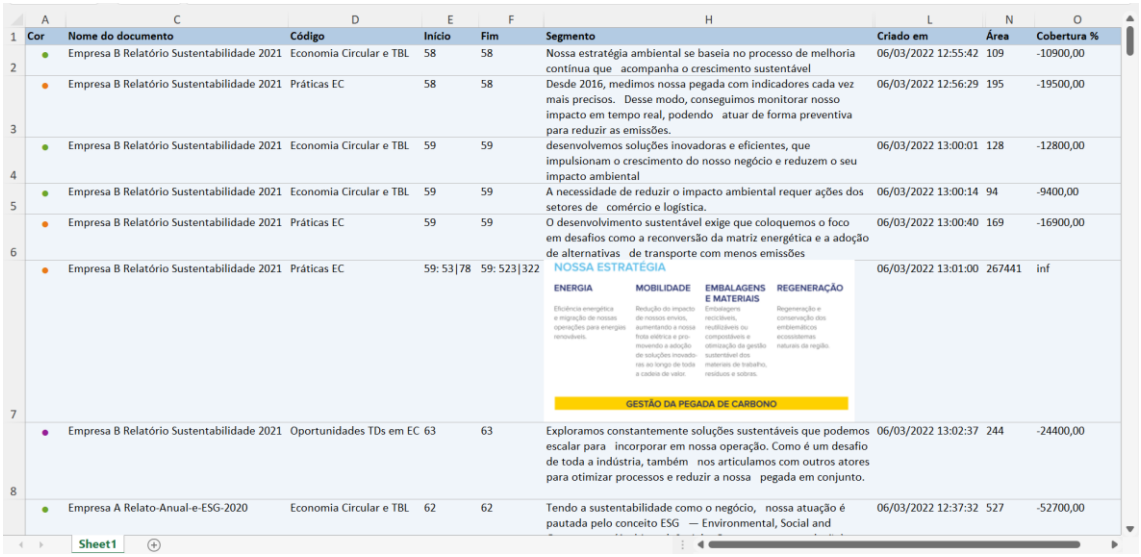
Tendo a sustentabilidade como o negócio, nossa atuação é pautada pelo conceito ESG — Environmental, Social and Governance (Ambiental, Social e Governança, na tradução), que mede o quanto a empresa estamos comprometidos com as práticas ambientais, sociais e de governança, cujos temas são reportados e supervisionados pelo conselho executivo. Por essa perspectiva, buscamos formas de minimizar nossos impactos no meio ambiente, ajudar a construir um mundo mais justo e responsável e manter os melhores processos administrativos
Código: ● Economia Circular e TBL Resultado do peso: 0
Empresa A Relato-Anual-e-ESG-2020, P. 62

O desenvolvimento sustentável exige que coloquemos o foco em desafios como a reconversão da matriz energética e a adoção de alternativas de transporte com menos emissões
Código: ● Práticas EC Resultado do peso: 0
Empresa B Relatório Sustentabilidade 2021, P. 59

1

Fonte: Autor

Figura 8 – Relatório com codificação das dimensões em formato *Microsoft Excel*



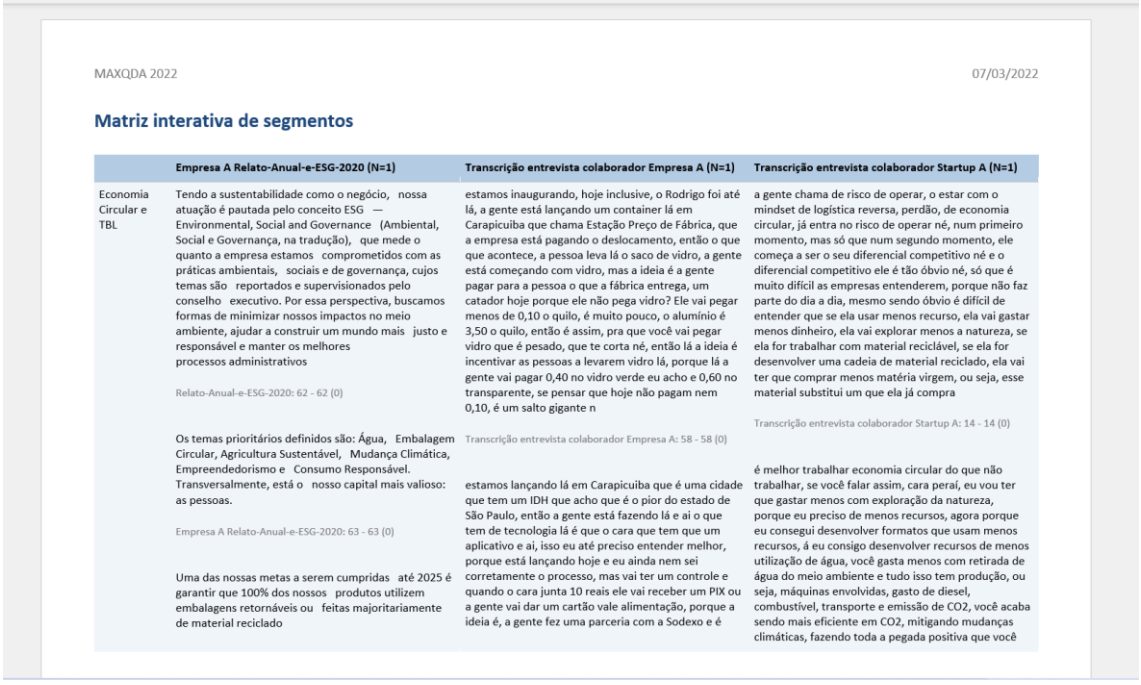
	A	C	D	E	F	H	L	N	O
1	Cor	Nome do documento	Código	Início	Fim	Segmento	Criado em	Área	Cobertura %
2	●	Empresa B Relatório Sustentabilidade 2021	Economia Circular e TBL	58	58	Nossa estratégia ambiental se baseia no processo de melhoria contínua que acompanha o crescimento sustentável	06/03/2022 12:55:42	109	-10900,00
3	●	Empresa B Relatório Sustentabilidade 2021	Práticas EC	58	58	Desde 2016, medimos nossa pegada com indicadores cada vez mais precisos. Desse modo, conseguimos monitorar nosso impacto em tempo real, podendo atuar de forma preventiva para reduzir as emissões.	06/03/2022 12:56:29	195	-19500,00
4	●	Empresa B Relatório Sustentabilidade 2021	Economia Circular e TBL	59	59	desenvolvemos soluções inovadoras e eficientes, que impulsionam o crescimento do nosso negócio e reduzem o seu impacto ambiental	06/03/2022 13:00:01	128	-12800,00
5	●	Empresa B Relatório Sustentabilidade 2021	Economia Circular e TBL	59	59	A necessidade de reduzir o impacto ambiental requer ações dos setores de comércio e logística.	06/03/2022 13:00:14	94	-9400,00
6	●	Empresa B Relatório Sustentabilidade 2021	Práticas EC	59	59	O desenvolvimento sustentável exige que coloquemos o foco em desafios como a reconversão da matriz energética e a adoção de alternativas de transporte com menos emissões	06/03/2022 13:00:40	169	-16900,00
7	●	Empresa B Relatório Sustentabilidade 2021	Práticas EC	59: 53|78	59: 523|322	NOSSA ESTRATÉGIA ENERGIA MOBILIDADE EMBALAGENS E MATERIAIS REGENERAÇÃO GESTÃO DA PEGADA DE CARBONO	06/03/2022 13:01:00	267441	inf
8	●	Empresa B Relatório Sustentabilidade 2021	Oportunidades TDs em EC	63	63	Exploramos constantemente soluções sustentáveis que podemos escalar para incorporar em nossa operação. Como é um desafio de toda a indústria, também nos articulamos com outros atores para otimizar processos e reduzir a nossa pegada em conjunto.	06/03/2022 13:02:37	244	-24400,00
	●	Empresa A Relato-Anual-e-ESG-2020	Economia Circular e TBL	62	62	Tendo a sustentabilidade como o negócio, nossa atuação é pautada pelo conceito ESG — Environmental, Social and	06/03/2022 12:37:32	527	-52700,00

Sheet1

Fonte: Autor

Após a realização da codificação das dimensões do quadro teórico, a análise avança com o cruzamento das informações das empresas (A e B), suas respectivas *startups* e as dimensões do quadro teórico, os relatórios gerados foram exportados em formato *Microsoft Word*.

Figura 9 – Cruzamento de dimensão com dados das empresas, *startups* e secundários



MAXQDA 2022 07/03/2022

Matriz interativa de segmentos

	Empresa A Relato-Anual-e-ESG-2020 (N=1)	Transcrição entrevista colaborador Empresa A (N=1)	Transcrição entrevista colaborador Startup A (N=1)
Economia Circular e TBL	Tendo a sustentabilidade como o negócio, nossa atuação é pautada pelo conceito ESG — Environmental, Social and Governance (Ambiental, Social e Governança, na tradução), que mede o quanto a empresa estamos comprometidos com as práticas ambientais, sociais e de governança, cujos temas são reportados e supervisionados pelo conselho executivo. Por essa perspectiva, buscamos formas de minimizar nossos impactos no meio ambiente, ajudar a construir um mundo mais justo e responsável e manter os melhores processos administrativos Relato-Anual-e-ESG-2020: 62 - 62 (0) Os temas prioritários definidos são: Água, Embalagem Circular, Agricultura Sustentável, Mudança Climática, Empreendedorismo e Consumo Responsável. Transversalmente, está o nosso capital mais valioso: as pessoas. Empresa A Relato-Anual-e-ESG-2020: 63 - 63 (0) Uma das nossas metas a serem cumpridas até 2025 é garantir que 100% dos nossos produtos utilizem embalagens retornáveis ou feitas majoritariamente de material reciclado	estamos inaugurando, hoje inclusive, o Rodrigo foi até lá, a gente está lançando um container lá em Carapicuíba que chama Estação Preço de Fábrica, que a empresa está pagando o deslocamento, então o que que acontece, a pessoa leva lá o saco de vidro, a gente está começando com vidro, mas a ideia é a gente pagar para a pessoa o que a fábrica entrega, um catador hoje porque ele não pega vidro? Ele vai pegar menos de 0,10 o quilo, é muito pouco, o alumínio é 3,50 o quilo, então é assim, pra que você vai pegar vidro que é pesado, que te corta né, então lá a ideia é incentivar as pessoas a levarem vidro lá, porque lá a gente vai pagar 0,40 no vidro verde eu acho e 0,60 no transparente, se pensar que hoje não pagam nem 0,10, é um salto gigante n Transcrição entrevista colaborador Empresa A: 58 - 58 (0) estamos lançando lá em Carapicuíba que é uma cidade que tem um IDH que acho que é o pior do estado de São Paulo, então a gente está fazendo lá e ai o que tem de tecnologia lá é que o cara que tem que um aplicativo e ai, isso eu até preciso entender melhor, porque está lançando hoje e eu ainda nem sei corretamente o processo, mas vai ter um controle e quando o cara junta 10 reais ele vai receber um PIX ou a gente vai dar um cartão vale alimentação, porque a ideia é, a gente fez uma parceria com a Sodexo e é	a gente chama de risco de operar, o estar com o mindset de logística reversa, perdão, de economia circular, já entra no risco de operar né, num primeiro momento, mas só que num segundo momento, ele começa a ser o seu diferencial competitivo né e o diferencial competitivo ele é tão óbvio né, só que é muito difícil as empresas entenderem, porque não faz parte do dia a dia, mesmo sendo óbvio é difícil de entender que se ela usar menos recurso, ela vai gastar menos dinheiro, ela vai explorar menos a natureza, se ela for trabalhar com material reciclável, se ela for desenvolver uma cadeia de material reciclado, ela vai ter que comprar menos matéria virgem, ou seja, esse material substitui um que ela já compra Transcrição entrevista colaborador Startup A: 14 - 14 (0) é melhor trabalhar economia circular do que não trabalhar, se você falar assim, cara peraí, eu vou ter que gastar menos com exploração da natureza, porque eu preciso de menos recursos, agora porque eu consegui desenvolver formatos que usam menos recursos, á eu consigo desenvolver recursos de menos utilização de água, você gasta menos com retirada de água do meio ambiente e tudo isso tem produção, ou seja, máquinas envolvidas, gasto de diesel, combustível, transporte e emissão de CO2, você acaba sendo mais eficiente em CO2, mitigando mudanças climáticas, fazendo toda a pegada positiva que você

Fonte: Autor

A análise dos dados através dos relatórios gerados pelo software MAXQDA proporcionou dinamismo para o cruzamento e análise dos dados com as variáveis do quadro teórico, assim, auxiliando na elaboração dos relatórios finais, a fim de buscar os resultados almejados e responder à pergunta de pesquisa.