

UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO

CONHECIMENTO EM INDÚSTRIA 4.0 E PRÁTICAS
DE ECONOMIA CIRCULAR:
estudo de caso em uma rede de resíduos eletroeletrônicos

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Paulista – UNIP, como requisito para obtenção do título de Mestre em Administração.

ELIZABEL CRISTINA SILVA OSMUNDO DE SOUZA

SÃO PAULO

2020

UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO

CONHECIMENTO EM INDÚSTRIA 4.0 E PRÁTICAS
DE ECONOMIA CIRCULAR:
estudo de caso em uma rede de resíduos eletroeletrônicos

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Paulista – UNIP, como requisito para obtenção do título de Mestre em Administração.

Orientador: Prof. Dr. Maciel M. Queiroz
Área de Concentração: Redes organizacionais
Linha de Pesquisa: Abordagens Sociais em Redes

ELIZABEL CRISTINA SILVA OSMUNDO DE SOUZA

SÃO PAULO

2020

Souza, Elizabel Cristina Silva Osmundo de.
Conhecimento em Indústria 4.0 e práticas de economia
circular: estudo de caso em uma rede de resíduos eletroeletrônicos
/ Elizabel Cristina Silva Osmundo de Souza. - 2020.
82 f. : il.

Dissertação de Mestrado Apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Administração da Universidade Paulista, São Paulo,
2020.

Área de concentração: Redes Organizacionais.

Orientador: Prof. Dr. Maciel Manoel Queiroz.

1. Indústria 4.0. 2. Economia circular. 3. Conhecimento.

I. Queiroz, Maciel Manoel (orientador). II. Título.

ELIZABEL CRISTINA SILVA OSMUNDO DE SOUZA

**CONHECIMENTO EM INDÚSTRIA 4.0 E PRÁTICAS
DE ECONOMIA CIRCULAR:
estudo de caso em uma rede de resíduos eletroeletrônicos**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Paulista – UNIP, como requisito para obtenção do título de Mestre em Administração.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Maciel M. Queiroz - Orientador
Universidade - Paulista – UNIP

Profa. Dra. Simone Sehnem
Universidade do Oeste de Santa Catarina - UNOESC

Prof. Dr. Marcio Cardoso Machado
Universidade - Paulista – UNIP

DEDICATÓRIA

Primeiramente a Deus por me fortalecer e me manter firme perante as dificuldades e a realidade vivida, à minha mãe por sempre estar ao meu lado, incentivando a sempre persistir meus sonhos e nunca desistir sem alcança-los, ao meu noivo e minha família que sempre estiveram ao meu lado em todos os momentos, sempre acreditando que a educação é o melhor caminho para ampliar os horizontes independente da sua escolha de profissão.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Maciel M. Queiroz, em especial por todos os ensinamentos, pelas excelentes orientações que me conduziram na elaboração deste estudo onde sem sua ajuda, sabedoria e confiança, esta dissertação não poderia ter sido realizada.

Aos professores do Programa de Mestrado em Administração da UNIP por compartilhar seus conhecimentos durante as aulas, e incentivo ao desenvolvimento científico, aos professores da banca examinadora, Prof.^a Dra. Simone Sehnem e ao Prof. Dr. Marcio Cardoso Machado que gentilmente aceitarem o convite em fazer parte de minha banca examinadora avaliando este trabalho.

Aos meus amigos de trabalho do CEETEPS, Ana Lúcia Calaça, Álvaro Mendes da Rocha e João Carlos Lima e Silva, que me ajudaram nos momentos de ausência no trabalho.

Aos meus colegas que partilharam comigo momentos de aprendizado, angústias e parceria, Rogério Barbosa, Lucila Faustino, Fernando Grobman, Lídia Cruz, e Adenilson Alves.

À UNIP, ao Departamento de Pós-Graduação em Administração, à Coordenação do Curso, aos seus funcionários, por todo o suporte que me proporcionaram durante esta aprendizagem.

RESUMO

Os recentes avanços das Tecnologias de Comunicação e Informação (TICs) têm trazido oportunidades e desafios para as organizações. Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo investigar o conhecimento nas tecnologias da Indústria 4.0 e a sua influência na utilização de práticas associadas à Economia Circular. Nesse contexto, para a compreensão dessa interação, foi analisado em uma rede de descartes de resíduos eletrônicos o conhecimento em tecnologias da Indústria 4.0 dos gestores e a contribuição para a adoção de práticas sustentáveis, com foco em Economia Circular. A estrutura conceitual desenvolvida destaca o papel das tecnologias como um facilitador da Economia Circular e os impactos que podem ser causados pela não adoção da Indústria 4.0 na prática sustentável, assim bem como as possíveis desvantagens dos modelos de negócio da economia linear. Para investigar essa problemática foi realizada uma pesquisa de natureza exploratória, adotando uma estratégia de estudo de caso. Em relação à coleta de dados, utilizou-se questionário semiestruturado, análise documental e observação *in loco*. Os resultados mostraram que na rede investigada o conhecimento sobre tecnologias da Indústria 4.0 ainda é escasso, e consequentemente, tem impacto praticamente nulo na adoção de práticas de Economia Circular. Assim, a conscientização sobre tecnologias de ponta e sua contribuição para modelos de negócios mais circulares precisa ser disseminada na rede. Da mesma forma que a necessidade de troca de conhecimento entre os membros da rede pode ser um dos principais facilitadores, existem barreiras fortes como a falta de conhecimento, infraestrutura e aspectos legais. Portanto, os resultados desta pesquisa contribuem para o avanço da literatura e também para os tomadores de decisão dos envolvidos nesse segmento.

Palavras-chave: Indústria 4.0; Economia Circular; Conhecimento; Redes Organizacionais.

ABSTRACT

The recent advances in communication and information technologies (ICTs) have brought opportunities and challenges for organizations. In this sense, the present study aims to investigate the knowledge in the technologies of Industry 4.0 and its influence on the use of practices associated with Circular Economy. In this context, to understand this interaction, it was analyzed in a network of electronic waste disposals, the knowledge in technologies of Industry 4.0 of the managers, and the contribution to the adoption of sustainable practices, focusing on Circular Economy. The conceptual framework developed highlights the role of technologies as a facilitator of Circular Economy and the impacts that may be caused by the non-adoption of Industry 4.0 in sustainable practice, as well as the possible disadvantages of the business models of the linear economy. Thus, to investigate this issue, exploratory research was carried out, adopting a case study strategy. The study used semi-structured questionnaire, document analysis and on-site observation. The results showed that in the investigated network, knowledge about technologies of Industry 4.0 is still scarce, and consequently, has virtually no impact on the adoption of circular economy practices. Thus, awareness of cutting-edge technologies and their contribution to more circular business models need to be disseminated across the network. Thus, as the need for knowledge exchange between members of the network can be one of the main facilitators, there are strong barriers such as the lack of knowledge, infrastructure, and legal aspects. Therefore, the results of this research contribute to the advancement of the literature and the decision-makers involved in this segment.

Keywords: Industry 4.0; Circular Economy; Knowledge; Organizational Networks.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Estrutura de organização inovadora..... | 20 |
| Figura 2 - Resumo avanço da Indústria 4.0..... | 22 |
| Figura 3 - Redes e relações com a Indústria 4.0..... | 23 |
| Figura 4 - Principais elementos de Indústria 4.0..... | 25 |
| Figura 5 - <i>Buttlerfly Framework</i> | 30 |
| Figura 6 - Conceitos adjacentes de Economia Circular..... | 32 |
| Figura 7 - Elementos impulsionadores das Economias Circulares..... | 38 |
| Figura 8 - Rede da empresa focal de resíduos eletroeletrônicos | 43 |
| Figura 9 - Organização Comercial 1..... | 50 |
| Figura 10 - Organização Comercial 2..... | 51 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 - Interfaces entre as tecnologias | 44 |
| Quadro 2 - Elementos da análise secundária..... | 52 |
| Quadro 3 - Principais achados – consolidação..... | 54 |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 12 |
| 1.1. Problema de Pesquisa | 13 |
| 1.2 Objetivo Geral | 14 |
| 1.3 Objetivos Específicos..... | 14 |
| 1.4 Justificativa..... | 15 |
| 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 16 |
| 2.1. Redes organizacionais e abordagem social..... | 16 |
| 2.1.1. Conhecimento na perspectiva das redes organizacionais | 17 |
| 2.2. Indústria 4.0..... | 21 |
| 2.3. Economia Circular | 27 |
| 2.3.1 Barreiras de Implementação da Economia Circular | 32 |
| 3. METODOLOGIA | 39 |
| 3.1 Pesquisa Exploratória..... | 39 |
| 3.2 Estudo de Caso | 40 |
| 3.2.1 Unidades de Análise | 41 |
| 3.2.2 Coleta de dados..... | 43 |
| 4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS | 44 |
| 4.1 Análise do Questionário..... | 44 |
| 4.2 Análise dos dados <i>in loco</i> | 49 |
| 4.3 Análise dos dados secundários | 52 |
| 5. IMPLICAÇÕES | 56 |
| 5.1. Implicações Teóricas | 56 |
| 5.2. Implicações Gerenciais | 57 |
| 5.3. Implicações Sociais..... | 57 |
| 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 59 |
| APÊNDICE 1 – PROTOCOLO DE PESQUISA..... | 79 |

1. INTRODUÇÃO

Devido ao avanço recente das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), as organizações têm experimentado mudanças sem precedentes. Percebe-se uma crescente atenção em relação às tecnologias disruptivas (big data, blockchain, IoT, etc.) (QUEIROZ et al., 2019), as quais têm chamado a atenção da academia e mercado, principalmente devido às mudanças que têm provocado nos modelos de negócios das organizações (QUEIROZ et al., 2020). Nesse sentido, a Economia Circular (SEHNEM et al., 2019a) e a Indústria 4.0 (QUEIROZ et al., 2019) são destacadas como abordagens que podem remodelar a dinâmica de negócios das redes organizacionais. Porém, a integração entre Economia Circular e Indústria 4.0 ainda é um tema que está nos estágios iniciais (JABBOUR et al., 2020a).

Estes avanços na Indústria 4.0 e sua conceituação são recentes e estão em fase de desenvolvimento em economias emergentes (LUTHRA e MANGLA, 2018). Para isso é de suma importância entender como indicar e sustentar benefícios competitivos ao implementar a Indústria 4.0 utilizando os avanços tecnológicos (HOPALI e VAYVAY, 2018), principalmente no contexto da Economia Circular. Contudo, recuperar o atraso e implantar essa nova forma estratégica de produção pode não ser considerada uma tarefa simples, visto que as organizações enfrentam as várias limitações financeiras, tecnológicas e estratégicas (LUTHRA e MANGLA, 2018).

A Economia Circular surgiu como um conceito estratégico, que tem como intuito amparar na redução, reutilização, recuperação e reciclagem de materiais e energia (SEHNEM et al., 2019b). Nesse sentido, a Economia Circular está ganhando destaque na academia, indústria e junto aos formuladores de políticas públicas. A compreensão dos ciclos sustentados pela Economia Circular, vem sendo destacada e aceita nos diferentes processos produtivos, assim como no aumento da literatura científica (FOSTER et al., 2017; JABBOUR et al., 2020a).

Em relação à Indústria 4.0, as organizações estão buscando as atualizações que são requeridas pelos processos de inovação e de sustentabilidade, os quais estão sendo integrados ao conhecimento dos gestores e da Economia Circular (QUEIROZ et al., 2019). Apesar de não existir um conceito único em relação à Indústria 4.0 a literatura tem se esforçado para destacar que o termo engloba as principais inovações tecnológicas de diversos campos aplicados à manufatura (SILVEIRA; LOPES, 2016), principalmente, com suporte das tecnologias *big data analytics*, *internet of things* e *cyber-physical systems* (WAIBEL et al., 2017; QUEIROZ et al., 2019). Porém, a literatura ainda é escassa em relação a trabalhos sobre

a relação do conhecimento em Indústria 4.0 e práticas de Economia Circular, principalmente no segmento de resíduos eletroeletrônicos.

Com esta abordagem, o presente estudo visa analisar a adoção das práticas de Indústria 4.0 na Economia Circular, por meio da influência do conhecimento como facilitador para suprir novos fluxos circulares num processo integrado nas organizações que trabalham em rede de negócio do setor de resíduos eletroeletrônicos no estado de São Paulo.

Os resultados esperados deste trabalho são: (a) entendimento das contribuições das tecnologias para a Economia Circular; (b) discussão sobre como o conhecimento interfere na adoção da Economia Circular; (c) como as organizações de resíduos eletroeletrônicos estão se preparando para a adoção da Economia Circular e (d) identificar oportunidades de pesquisa para estudos futuros sobre a integração entre a concepção da Indústria 4.0 e Economia Circular, baseado nos achados e na literatura.

1.1. Problema de Pesquisa

Compreender a importância do papel dos países emergentes é fundamental no consumo de bens e serviços, bem como as limitações e desafios relacionados aos problemas de investimento tecnológico na Indústria 4.0 para que a promoção e adesão geradas não passem por dificuldades sobre este conhecimento (TORTORELLA e FETTERMANN, 2018). Analisando este campo, Stock e Seliger (2016) contribuíram para que as possibilidades da Indústria 4.0 trouxessem subsídios para a produção sustentável na perspectiva de se adotar novos modelos de negócios e redes de criação de valores, bem como aqueles relacionados ao nível organizacional.

No aspecto de sociedade, percebe-se que conhecimento é fundamental para integrar novas tecnologias nas operações das organizações e, conseqüentemente, melhorar eficiência e sustentabilidade (BENEŠOVÁ e TUPÁ, 2017). Nesta perspectiva, pode-se relatar que desafios relacionados aos problemas estruturais podem influenciar a implementação e disseminação de conceitos de Economia Circular (LANKAO, 2007), e que sob a ótica da tecnologia, a questão pertinente está relacionada ao envolvimento, entre as novas competências tecnológicas e o desenvolvimento de novos modelos de negócios (LIBONI-AMUI et al., 2017; LIBONI et al., 2018).

Abarcar a Indústria 4.0 e o valor da Economia Circular são os princípios para que se possa incluir suas limitações e desafios de acesso a modernização industrial em direção ao desenvolvimento sustentável, pois o paradigma da Indústria 4.0 ocasiona transformações

para as organizações, alterando as práticas de gestão e desenvolvendo competências tecnológicas contínuas para que assim possam sustentar as inovações (LIBONI-AMUI et al., 2017; LIBONI et al., 2018; RASHID et al., 2014). Porém, vale destacar que existe uma lacuna importante na literatura sobre a relação do conhecimento em Indústria 4.0 e práticas de Economia Circular. Nesse contexto, o problema de pesquisa investigado nesse trabalho é:

Como se estabelecem interfaces entre as tecnologias da indústria 4.0 e as práticas de Economia Circular?

Delineando e objetivando os benefícios e dificuldades em se empregar a circularidade no contexto atual, determinar a atuação dos colaboradores na organização que estão inseridos pode abarcar possibilidades de estímulos para um crescimento consolidado e ganhar eficiência em sua cadeia de valor horizontal por meio da digitalização (PWC, 2016). Na busca pela minimização dos impactos negativos, estes colaboradores podem contribuir para um maior envolvimento relacionado às atividades econômicas que estão imbricadas no consumo de recursos finitos desassociando-se da extração, fabricação ,utilização e descarte. Consequentemente, impulsionando novas práticas de gestão que podem auxiliar em novas oportunidades agregando valor à organização e maximizando o aproveitamento dos recursos naturais (GONÇALVES, 2019, p. 19).

1.2 Objetivo Geral

Tendo em vista o contexto da relação entre conhecimentos de Indústria 4.0 e práticas de Economia Circular, o objetivo geral deste trabalho é investigar o conhecimento em tecnologias da Indústria 4.0 e a influência na utilização de práticas associadas à Economia Circular.

1.3 Objetivos Específicos

- Analisar se o conhecimento em Indústria 4.0 nas redes de descartes de resíduos eletrônicos auxiliam na adoção de práticas sustentáveis relacionadas à Economia Circular.
- Relatar como os preceitos da indústria 4.0 implementados no âmbito das redes de descarte de resíduos eletrônicos contribuem para adoção das práticas da Economia Circular.
- Reportar as barreiras e facilitadores do conhecimento em tecnologias da Indústria 4.0 em direção às práticas de Economia Circular.

1.4 Justificativa

Diante do contexto de escassez de recursos e a necessidade de uma sociedade mais sustentável (JABBOUR et al., 2020b), com o passar do tempo os indivíduos vêm encontrando diferentes ciclos que atuam de maneira significativa na sociedade. Estes ciclos têm desencadeado ações de inserção de novas tecnologias e de diferentes formas na sociedade, bem como os acontecimentos que causaram grandes alterações nos arcabouços sociais e econômicos (SCHWAB, 2016). Assim como a mecanização, eletrificação e informatização determinaram as três últimas revoluções industriais. A digitalização define a quarta Revolução Industrial. Nesse contexto, Maslarić, Nikolić e Mirčetić (2016) mencionam que a digitalização é a palavra do século, por estar presente em diversos segmentos da sociedade atual, partindo da premissa da produção até as relações sociais. A transformação digital faz parte de um amplo processo tecnológico que está associada à utilização da tecnologia digital em diversas perspectivas e aspectos sociais (AZEVEDO, 2017).

No contexto brasileiro, algumas pesquisas vêm sendo realizadas nos últimos anos com a finalidade de elucidar os problemas quanto esta nova era (SILVA, KOVALESKI, e PAGANI, 2019; NASCIMENTO, ALENCASTRO, QUELHAS, CAIADO, GARZA-REYES, ROCHA-LONA e TORTORELLA, 2019; FRANK, DALENOGARE, e AYALA, 2019; TORTORELLA, VERGARA, GARZA-REYES e SAWHNEY, 2020). Neste sentido, o segmento eletroeletrônico tem uma relação importante com EC (UPS; GREENBIZ, 2016) por estar conexo à administração dos resíduos (COLE; COOPER; GNANAPRAGASSAM, 2016). Nesse sentido, impulsionado pela ampla demanda de produtos lançados, e também devido a diminuição do ciclo de vida dos produtos (COOPER, 2004; DEFRA, 2011; WANG et al., 2013), existe uma produção de resíduos cada vez maior.

Os estudos sobre os ciclos biológicos e técnicos das economias circulares ainda são fragmentados e precisam de um desenvolvimento substancial (SEHNEM et al., 2019; JABBOUR et al., 2020a). Assim, a justificativa para este trabalho está associada à necessidade de compreender melhor a interação entre Indústria 4.0 e Economia Circular, a partir do conhecimento em tecnologias da Indústria 4.0. Desse modo, esta pesquisa busca integrar e contribuir para a literatura e lançar luz sobre como o conhecimento em tecnologias da indústria 4.0 auxilia nas práticas de Economia Circular.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Redes organizacionais e abordagem social

O surgimento e desenvolvimento de redes nas organizações passou a ter expressiva relevância a partir da década de 1970, tendo como autores iniciais a abordarem esse tema Tichy, Tushman e Fombrun (1979), que associaram conceitos sociológicos e antropológicos para observar os aspectos estáticos e dinâmicos das organizações e suas ligações sociais ao longo do tempo. Desde então, o tema progrediu, onde fortaleceu as investigações sobre as formas das redes se organizarem. Assim, o tema de redes obteve importância e legitimidade, principalmente devido a diversas obras que refletiram no mundo acadêmico e gerencial (GRANOVETTER, 1985; NOHRIA, ECCLES, 1992; GRANDORI, SODA, 1995; UZZI, 1997; GULATI, 1998; CASTELLS, 1999). O termo ‘redes’ ganhou diferentes conceituações em relação aos princípios de natureza humana e formas de ações coletivas, posto isto, o aumento na disseminação de informações amplo em redes dispõe de recursos mais amplos. (GULTOM, 2016) e com isso as redes se tornam importantes para o desenvolvimento das empresas (SOETANO, 2019).

O fenômeno de redes é um termo que trata da modificação dos padrões de relacionamento unindo-se com a expressão sociedade em rede. A sociedade em rede é uma vigente configuração da construção da sociedade, instituída por meio das redes de conexões, que formam, processam e compartilham as informações a partir de conhecimento coletado nos nós (colaboradores) dessas redes. As redes são arcabouços abertos em movimento constante, que incorpora ou remove nós em conformidade com o necessário (CASTELLS, 2005).

Também vale destacar que as redes são agrupamentos de organizações que atuam legalmente e com atuações independentes, mas que trabalham de maneira conjunta para alcançar suas metas e as metas coletivas (PROVAN, KENIS 2008). Autores como Granovetter (1985); Castells (1999); Uzzi (1997) destacam que toda organização está incorporada em uma rede, direta ou indiretamente, mesmo quando seus colaboradores tenham ou não conhecimento dessa imersão, quer eles demandem ou não de suas conexões. Com essas conexões ligadas e ativas pode ocorrer o aumento da competitividade das organizações integrantes (BALESTRIN, VERSCHOORE, 2016), pois realiza-se o compartilhamento de recursos.

2.1.1. Conhecimento na perspectiva das redes organizacionais

O desenvolvimento do conhecimento em redes organizacionais ocorre pelo contato entre as pessoas e organizações com interesses similares, onde os propósitos são buscar oportunidades, compartilhar recursos e aprender melhores práticas de conhecimento com as características de envolver indivíduos que de maneira recíproca trocam informações, insights, experiências e ferramentas sobre alguma área de interesse comum (CAPRA 2002, p. 267).

Na concepção de Burke (2003), os acontecimentos sociais têm fundamento desde o século XII, onde os grupos podiam ser observados na formação de portos, comércio, mosteiros ou universidades, entre os quais, a informação era transmitida. Na visão do Conferência sobre Gestão da Informação e Conhecimento (2003), as comunidades de prática formalizam as redes sociais sobre o gerenciamento de informações e conhecimento, além de apresentarem os avanços recentes em dados e bases de conhecimento, com o objetivo de identificar problemas, envolvendo o desenvolvimento de futuros sistemas de conhecimento e informação e adaptar as futuras pesquisas solicitando e revisando resultados teóricos e aplicados.

Hustad (2004) destaca que, por mais complexas e por vezes com maiores riscos, as trocas entre comunidades com interesses diferentes apontam para um elevado potencial de criação de novos e relevantes conhecimentos. Na teoria social do conhecimento, as organizações podem ser observadas como coletivos sociais e sistemas de conhecimento onde são ressaltados os quatro princípios do processo social do conhecimento:

- I. Criação (ou construção);
- II. Armazenamento/recuperação;
- III. Transferência e Aplicação.

As organizações com sistemas de conhecimento conseguem retratar a natureza cognitiva e social do conhecimento organizacional, bem como sua inclusão na prática e na cognição individual, e na prática e cultura coletivas (HUSTAD, 2004, p.58). Nesse cenário, pode-se considerar que a formação de redes realizada pela transferência de conhecimento é uma iniciativa significativa para a criação de novos conhecimentos, não impedindo que a economia fundamentada em conhecimento poderá auxiliar na revelação de alianças estratégicas (CONTRACTOR; LORANGE, 2002).

Além do mais, este é um dos agentes pelos quais o desenvolvimento de redes é apresentado como um dos principais movimentos empresariais de estratégia contemporânea, onde encontra-se um cenário em que a organização não se restringe à relação direta com o

mercado, mas visa também as suas relações com os demais agentes da economia (FLEURY; FLEURY, 2005).

Esses fatores constituem o comportamento organizacional no que diz respeito aos valores e crenças que conduzem os indivíduos, à conexão e a maneira de organização das pessoas em grupos. Sem esforço, o desenvolvimento desses fatores organizacionais voltados para o conhecimento não alcança os benefícios esperados (GONZALEZ; MARTINS, 2014).

A distribuição do conhecimento está relacionada ao processo de novas informações, com distintas fontes de compartilhamento e criação de novos conhecimentos, entendimento e informação. (LEFEBVRE et al., 2016; VAN DIJK; HENDRIKS; ROMO-LEROUX, 2016). Uma gestão como máquina está obsoleta quando se busca por um estudo nas organizações que faculte a constante aquisição e distribuição do conhecimento, com um fluxo intenso relacionado ao conhecimento HWANG; SINH; ARGOTE, 2015).

Nesse contexto, a habilidade das organizações estimularem o ciclo de conhecimento está relacionada com o desenvolvimento de elementos contextuais que a beneficiem. Yang (2010) trata a Gestão do Conhecimento como um procedimento com fases específicas onde o objetivo é transmitir o conhecimento para ser utilizado por outros indivíduos e grupos, gerando então novas aprendizagens.

Desta forma, a Gestão do Conhecimento (GC) necessita de um contexto social baseado em trabalho em equipe – grupos que compartilham ideias e competências profissionais (HWANG; SINH; ARGOTE, 2015) a fim de requerer a aprendizagem contínua dos indivíduos. Uma metodologia contínua de aquisição, armazenamento, distribuição e utilização de conhecimento é a função da Gestão do Conhecimento (CHEN; HUANG; SIAO, 2010; GONZALEZ; MARTINS, 2014). A obtenção do conhecimento é o início do processo de GC, expondo a capacidade de aprendizagem dos indivíduos ou pela conexão de conhecimento de origem externa (LÓPEZ-SÁEZ et al., 2010; WHITE; CICMIL, 2016).

Relacionando a fase de utilização do conhecimento, Ganzaroli et al. (2016) destacam que precisa da habilidade dos indivíduos de uma organização em identificar, acessar e utilizar informação e conhecimento armazenados nos sistemas de memória formal e informal da organização. O emprego do conhecimento pode assumir características exploratórias, quando a partir dele são tomadas decisões ou melhorias, utilizando-se a mesma base do conhecimento; seja em caráter explorativo, quando essa base é utilizada como conhecimento primário para a criação de novos conhecimentos, numa proposta inovativa (COHEN; LEVINTHAL, 1990; ROWLEY, 2001).

Autores como Liao, Chuang e To (2011), Martins e Meyer (2012) e Gonzalez e Martins (2014), destacam que o desenvolvimento específico das fases do processo de GC depende do desenvolvimento organizacional, e da implementação de cinco constructos organizacionais:

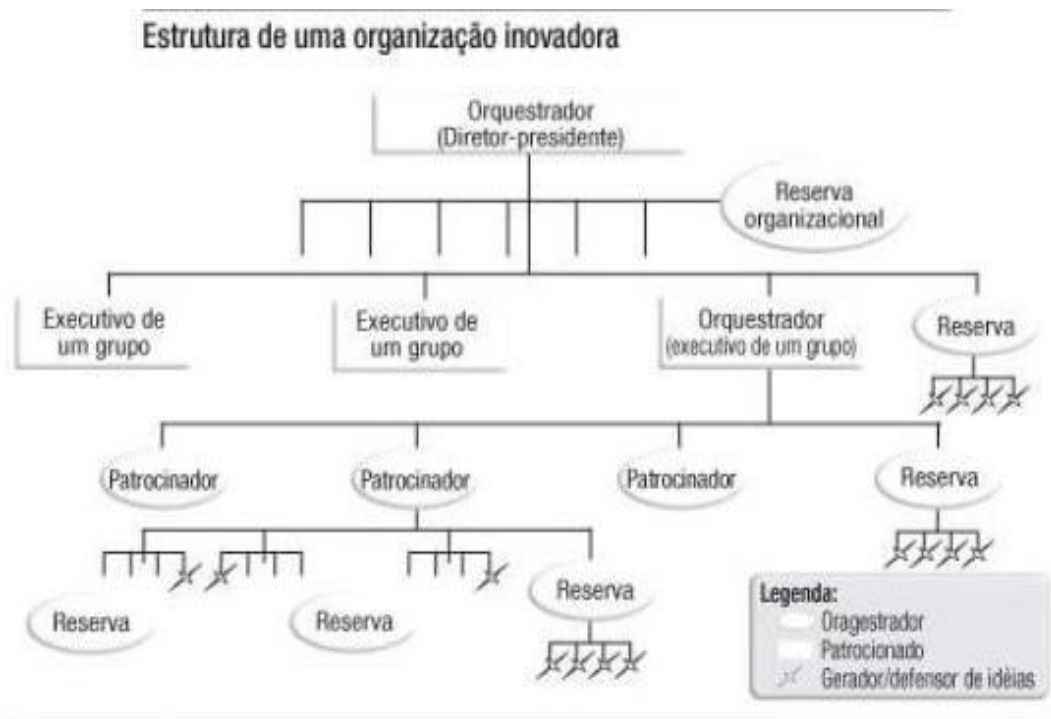
- I. Desenvolvimento de recursos humanos;
- II. Trabalho em equipe;
- III. Cultura organizacional;
- IV. Estrutura organizacional; e
- V. Desenvolvimento e absorção de conhecimento.

Tais constructos abrangem o conhecimento e as características necessárias às organizações para uma aprendizagem onde o conhecimento deriva do nível individual para o grupo, até ser institucionalizado no nível organizacional (CROSS; SPROULL, 2004). Bhatt (2001) frisa que para acumular o conhecimento no contexto da sua criação, validação, apresentação, distribuição e aplicação, as organizações devem ser capazes de equilibrar suas atividades de gestão do conhecimento.

Esse equilíbrio em geral precisa de mudanças na cultura organizacional em tecnologias e em técnicas organizacionais, acreditando que, ao ressaltar os indivíduos, tais tecnologias, ou técnicas, podem conduzir o conhecimento e a interação em uma ação conjunta, permitindo que a organização gerencie seu conhecimento criando condições para sustentar suas vantagens competitivas. Entre os autores, Rossetti e Morales (2007) argumentam que a gestão do conhecimento abrange a gestão de ativos de diferentes naturezas: pessoas, conhecimentos tácitos, explícitos, individuais, organizacionais e de redes, onde de maneira criativa trata de diferentes dimensões do conhecimento, a partir da criação, dos dados e da transformação de informações.

A gestão do conhecimento, segundo Kruglianskas e Terra (2003), integra e aumenta outras iniciativas organizacionais, abordando o gerenciamento total da qualidade, a reengenharia de processos e o aprendizado organizacional para sustentar a posição competitiva das organizações. Galbraith (1997) apresenta a estrutura por ele denominada de Organização Inovadora, (Figura 1), onde coexistem duas estruturas organizacionais – a operacional e a inovadora com a finalidade de favorecer a criação e a aplicação do conhecimento.

Figura 1 - Estrutura de Organização Inovadora



Fonte: Galbraith (1997).

Conforme Hawryszkiewicz (1999), o conhecimento especializado é disseminado de acordo com as necessárias explicações e narrativas para capacitar as pessoas a construir significados e interpretar o conhecimento no seu próprio contexto. Nesse sentido, Choo (2003) assegura que a pesquisa para preencher as lacunas de conhecimento pelo contato social é o cerne para a formação das redes de conhecimento. As redes de conhecimento podem ser criadas entre indivíduos de uma mesma organização; entre organizações com interesses comuns, independentemente de porte; entre organizações e institutos de conhecimento ou entre organizações globais.

Cabe salientar que os indivíduos podem fazer parte ao mesmo tempo de diferentes comunidades, enriquecendo o conhecimento, por meio de temas diversos e apresentando novas configurações de conhecimento e de tecnologia na gestão do conhecimento, onde as organizações são consideradas sistemas sócio técnicos, capazes de armazenar as interconexões entre pessoas e tecnologia.

A inteligência organizada em redes é a conexão do aprendizado organizacional e da organização consciente, ressaltando que ela é responsável pela intermediação dos *inputs* (informações) que resultam nos *outputs* (conhecimentos), capazes de solucionar problemas empresariais (SARVARY, 1999). A tecnologia de informação com determinado grau de desenvolvimento fez com que o processo de informações deixasse seu valor fundamental nas

organizações, migrando seu foco das organizações para a produção e processamento de conhecimento (SCHULZ, 2001), o que elucida por que a sociedade global ingressa em uma fase mais atual da era da informação, e o conhecimento tem papel decisivo nas organizações (ANAND et al, 2002).

Com a adesão de tecnologias e a gestão do conhecimento, as organizações poderão tomar melhores decisões no processo organizacional. Assim, poderá ser alcançada uma gestão mais eficiente, e que contribua para a construção de vantagens competitivas (STOCKER et al., 2014). No tocante à Indústria 4.0, os agentes do conhecimento desempenham papel fundamental, pois são elementos decisivos para alcançar o sucesso dos negócios, desenvolvendo suas competências. Burzlaff e Bartelt (2017) ressaltam a importância do conhecimento para garantir que este seja reutilizável, por ser um direcionamento no contexto da Indústria 4.0. O conhecimento em Indústria 4.0 tem permitido a inclusão de tecnologias inovadoras em diferentes setores econômicos. A conexão entre o desenvolvimento de pessoas e novas tecnologias ocorre pelo compartilhamento do conhecimento organizacional, originário do produto da Indústria 4.0, que pode promover o desenvolvimento de vantagens competitivas sustentáveis.

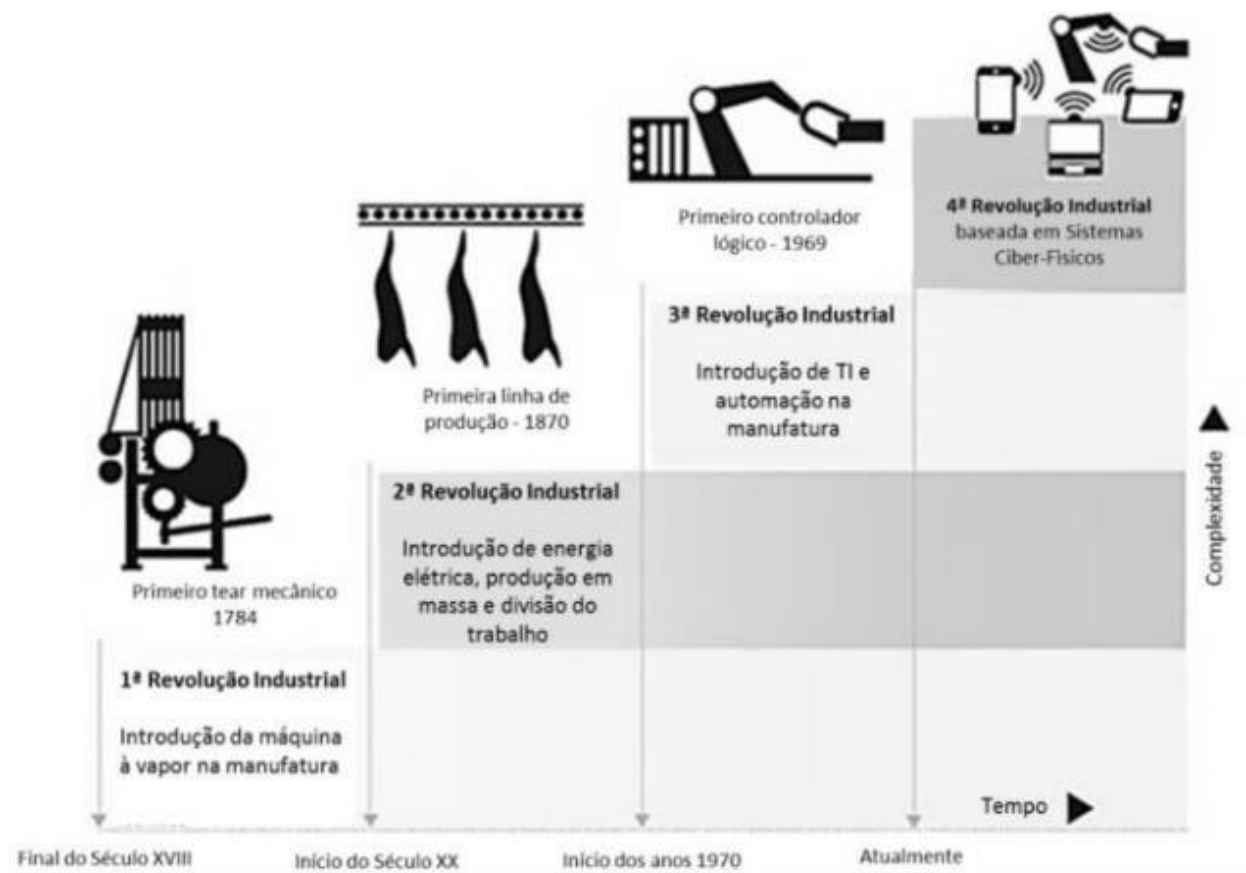
2.2. Indústria 4.0

Ao longo da história, o avanço da tecnologia tem incentivado o surgimento de novas tecnologias, criando oportunidades e permitindo que novas ferramentas de produção e gestão tornassem determinados marcos importantes para definir a evolução nos métodos industriais de produção (STOJKIĆ et al., 2016). Com o passar dos anos aconteceram muitas evoluções no ambiente da indústria. A partir da primeira Revolução Industrial, o quadro interno e externo das organizações passou por diferentes transformações, o que auxiliou na construção do conhecimento alcançado dentro das organizações (LEORNADI; BASTOS, 2014).

A primeira Revolução Industrial adveio em 1760 a 1830 na Inglaterra com o aparecimento da produção mecanizada e o uso de máquinas a vapor (LU, 2017). A segunda Revolução Industrial ocorreu em 1870 com a evolução da energia elétrica que passou a ser um componente fundamental para a produção em massa (DUARTE, 2017). Em 1969 ocorreu a terceira Revolução Industrial, onde gradativamente a exploração e utilização de tecnologia de informação e dos eletroeletrônicos em meio às atividades dos processos produtivos das fábricas trouxe novos processos de revolução relacionados a informática, robótica e à computação, que antes não eram empregadas nas atividades produtividade, passando então a ganhar destaque. (DUARTE, 2017).

A quarta revolução proporciona embasamento para a Indústria 4.0 observando práticas modernas de Tecnologia da Informação e Comunicação, que são conectadas com a incorporação da automação industrial, rede de dados, e tecnologias de processos industriais contemporâneos para alcançar uma produção inteligente, aumentando a interação entre ser humano e máquinas (LUTHRA e MANGLA, 2018; BASL, 2017; KHAN et al., 2017; DUARTE; CRUZ; MACHADO, 2017). Nesse contexto, à nomenclatura “Indústria 4.0” surgiu em 2011 na Alemanha, como um projeto para o desenvolver a política econômica alemã baseada em estratégias de alta tecnologia (ROBLEK, 2016). Segundo Duarte (2017), as passagens da Era Industrial podem ser exibidas como revoluções, conforme apresentado na Figura 2 a seguir.

Figura 2 - Resumo avanço da Indústria 4.0



Fonte: Duarte (2017, p. 27)

Composta por conceitos de interoperabilidade e interconectividade, a Indústria 4.0 e seus pilares são de extrema importância para se obter um bom desenvolvimento com o objetivo de melhoria contínua e eficiência dos processos. Assim, observa-se que os principais conceitos relacionados para o desenvolvimento da quarta revolução industrial são: a Internet

das coisas, Sistemas Ciber-Físicos, *Big Data* e Segurança dos dados (HERMANN et al., 2016).

Para facilitar o entendimento e buscar maior clareza do conceito de Indústria 4.0, alguns estudiosos descrevem este fenômeno embasados em princípios de design subjacentes e tendências tecnológicas (GILCHRIST, 2016; ZHENG et al., 2018). Por exemplo, Ghobakhloo (2018, pp. 911-912) destaca que os princípios de design de Indústria 4.0 tratam claramente o assunto da Indústria 4.0 com ambiguidade, facultando uma sistematização do conhecimento e da definição dos componentes desse fenômeno. Por se tratar de um conceito que integra as principais inovações tecnológicas indicativas à automação, controle e tecnologia da informação aplicadas aos meios de produção, sua base em processos industriais descentralizados, e controlados de forma autônoma por sistemas ciber-físicos e pela internet das coisas, retrata consequências da indústria 4.0 que superam as barreiras industriais alcançando todos os setores da economia (AMORIM, 2017).

A Figura 3 destaca algumas destas tecnologias digitais que já vêm sendo utilizadas e trazendo como resultado, um nível em que seu alto grau de confiabilidade e seus menores custos começam a dar sentido para que ocorra as aplicações industriais (MCKINSEY, 2018).

Figura 3 - Redes e relações com a Indústria 4.0



Fonte: O Futuro das Coisas (2018).

A Indústria 4.0 reproduz o atual modelo de produção que conecta a informação e a comunicação de tecnologias com outras tecnologias relacionadas a manufatura digital (KANG et al. 2016). Shrouf et al. (2014), fundamentam que o recurso da Indústria 4.0 é a conectividade

entre máquinas, pedidos, funcionários, fornecedores e clientes em virtude da Internet das coisas e os dispositivos eletrônicos. Assim, devido às empresas serem capazes de produzir produtos dissociados, as decisões e sistemas tornam-se autônomos (LASI et al., 2014). Trentesaux et al. (2016) complementam que a Indústria 4.0 possibilita que as fábricas e os produtos inteligentes, que utilizam componentes, máquinas, e dispositivos digitais podem se comunicar, com o propósito de autogerenciar as linhas de produção, promovendo alto desempenho em termos de *design* de produto, produção e sistemas de logística, visto que uma das principais características da Indústria 4.0 diz respeito à integração de máquinas e organizações, capazes de operar, funcionar ou atuar com outro sistema (LU, 2017).

A utilização das tecnologias da Indústria 4.0 possibilita acompanhar e controlar em tempo real importantes fatores de produção, como status da produção, consumo de energia, fluxo de materiais, pedidos de clientes e dados de fornecedores, permitindo o relacionamento e a comunicação com os clientes, devido à integração entre clientes e produtos. Dessa forma, trazendo para as organizações o desenvolvimento de produtos que auxiliem nas necessidades reais dos clientes (SHROUF et al., 2014). Fundamentado nos conceitos descritos, pode-se entender que a Indústria 4.0 é uma nova forma do sistema de manufatura baseado na tecnologia e na conexão entre as dimensões físicas e as configurações virtuais, intitulado como ciberespaço, estão ligados tornando possível a utilização dos sistemas ciber-físicos (ALMADA, 2018). Além do mais, A Indústria 4.0 tem sido utilizada em contextos fora da Indústria.

Autores contemporâneos realizaram estudos sobre a Indústria 4.0 (QUEIROZ et al., 2019), destacando os desafios e oportunidades de sua adoção na cadeia de suprimentos como um todo, relatando os impactos e seus principais componentes: Sistemas ciber-físicos (CPS), Internet das Coisas (IoT), Análise de Big Data (BDA), Computação em Nuvem (CC), Sistemas de Produção inteligentes / fábrica / manufatura (SPS), Manufatura de Nuvem (CM), Impressão 3D / fabricação aditiva (3DP / AM), Máquina a Máquina (M2M), Blockchain (BC), Veículos Guiados Autônomos (AGV), Inteligência Artificial (AI) e Cidades Inteligentes (SC), conforme detalhado na Figura 4. (QUEIROZ et al., 2019).

Figura 4 - Principais Elementos de Indústria 4.0



Fonte: Adaptado: Queiroz, Wamba, Machado e Telles, 2019 p.3

Assim, pode-se notar que a Indústria 4.0 pode acrescentar tecnologias e valores às organizações, onde as organizações inteligentes poderão trabalhar com uma dinâmica nova de produção em relação às máquinas, instalações e sistemas de armazenagem interligados, promovendo o intercâmbio de informações e sistemas, relacionando toda a cadeia de valor e alterando automaticamente informações. Como consequência, as organizações inteligentes podem ter um aspecto fundamental em relação a conectividade em tempo real das pessoas, equipamentos e dos dispositivos em geral (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2015). Os equipamentos conectados em uma rede como a internet podem operar de forma centralizada

com o mundo físico e o mundo virtual, em formato de sistemas ciber-físicos, (KAGERMANN et al., 2013).

Hecklau (2016) relata os desafios ambientais que podem necessitar de uma maior eficiência ao utilizar recursos naturais escassos devido à exigência das organizações na busca por soluções inovadoras sustentáveis ao longo de suas ações e processos. No entanto, os principais impactos sociais podem ocorrer pela força de trabalho, na empregabilidade e na falta das pessoas completarem suas competências para enfrentar as novas tecnologias e garantir sua empregabilidade, o que pode resultar dessa, uma maior exigência de qualificação, concomitante com as mudanças demográficas já em curso (SCHWAB, 2016; HECKLAU, 2016). Assim, devido a essa situação, deve-se observar o destaque que por Buhr (2017, p. 10) faz “imprescindível que olhemos com mais atenção para esse aspecto, para que seja possível identificar onde estão os riscos, mas também as oportunidades para o progresso e a inovação social”.

A repercussão causada pelos impactos do capital humano dentro das organizações mostra que a Indústria 4.0 aponta para uma nova realidade nas relações de trabalho por meio de novas formas de conexões entre humanos e máquinas, apresentando ainda novos processos e necessidades para a execução de atividades (JABBOUR et al. 2018). Contudo, com o crescente aumento da industrialização os resultados ainda retratam diversos problemas ambientais que precisam de correção, para que as gerações seguintes não tenham um maior comprometimento futuro (YIN; QIN; 2019). Dessa forma, a Indústria 4.0 investiga por meio de novas práticas e tecnologias, como reduzir os resultados negativos provenientes da produção, favorecendo assim, a propagação do conceito de crescimento sustentável (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016).

No entanto, para atingir os benefícios relativos à Indústria 4.0 é necessário que se estabeleça um processo para a sua aplicação prática, especialmente ao analisar seu impacto na gestão de operações (HOLMSTRÖM; ROMME; 2012). Também, a implementação dessas tecnologias demanda custos de capital significativos, o que acaba limitando a sua prática (TORTORELLA; FETTERMANN, 2018). No esquema contemporâneo sobre as operações, Indústria 4.0 e a sustentabilidade, é de suma importância compreender o papel significativo que a sinergia de ambos tem para potencializar e enriquecer ainda mais a sociedade sustentável (DUBEY et al., 2017).

Questões ambientais e econômicas na gestão de operações das organizações são abordadas com o desenvolvimento potencial da conexão de Indústria 4.0 e sustentabilidade (ELKINGTON, 1994; GUNASEKARAN; IRANI, 2014). A troca de informações nas cadeias

de abastecimento contemporâneos são exemplos significativos da capacidade de subsídios que a Indústria 4.0 tem para auxiliar nas decisões melhorando a gestão de operações sustentáveis (STOCK; SELIGER, 2016). Deste modo, a sinergia para uma abordagem integrada de Indústria 4.0 e os princípios da Economia Circular podem impulsionar a gestão de operações sustentáveis.

Todavia, como o aparecimento atual de conceitos, a conexão entre as tecnologias da Economia Circular e a Indústria 4.0 na literatura ainda são analisadas de forma separadas com pouco destaque para as sinergias entre Economia Circular e Indústria 4.0. Por exemplo, Jabbour et al. (2018a) avaliaram a Economia Circular e a Indústria 4.0 de maneira separada em sua pesquisa e retratam determinadas tecnologias aplicáveis na gestão de operações sustentáveis inseridas nas oportunidades de negócios da Economia Circular, representadas pelo framework ReSOLVE, desenvolvido pela Ellen MacArthur Foundation (EMF) (2015a), não obstante, os resultados obtidos nos estudos que abordam a sinergia entre a Economia Circular e a Indústria 4.0, ainda estão em evolução.

2.3. Economia Circular

As práticas do conceito Economia Circular datam do início do século 20, através da apresentação da circularidade como princípio lógico da economia pelo pesquisador alemão Wassily Leontief, em seu trabalho intitulado *“The Economy as Circular Flow”*, publicado em 1928. O tema ganhou relevância global por meio das iniciativas promovidas pela EMF, organização internacional para a promoção e difusão da Economia Circular (EMF, 2015c), com a publicação, em 2012, do relatório *“Towards circular economy: An economic and business rationale for an accelerated transition”*.

A Economia Circular descreve a disrupção dos paradigmas econômicos, apresentando uma melhor alternativa para o atual modelo de desenvolvimento econômico, baseado na lógica linear *“take, make, dispose”* (NESS, 2008), dando suporte e garantindo menor desperdício de recursos no processo de produção e em todo o ciclo de vida do produto (MURRAY; SKENE; HAYNES, 2017). De acordo com Sehnem et al. (2019c) a Economia Circular é um conceito que visa estabelecer um novo paradigma socioeconômico por meio do aumento fluxo (circularidade) dos produtos/materiais, nos sistemas produtivos, maximizando sua vida útil.

Trazer à luz ao conceito de Economia Circular, é trazer uma compilação subdividida de ideias advindas de diversos campos científicos, abarcando os campos emergentes e conceitos técnicos. Tais procedências abrangem a ecologia industrial (FROSCH e

GALLOPOULOS, 1989; GRAEDEL, 1996; LIFSET e GRAEDEL, 2001), ecossistemas industriais (JELINSKI et al., 1992), simbioses industriais (CHERTOW e EHRENFELD, 2012) e produção mais limpa (STEVENSON e EVANS, 2004). Também é fundamental destacar as análises dos fluxos de materiais circulares dos sistemas de fabricação e desenvolvimentos para esse fim (LIEDER e RASHID, 2016), sistemas de serviços de produtos (TUKKER, 2015), ecoeficiência (HUPPES e ISHIKAWA, 2009 , WELFORD, 1998a , HAAS et al., 2015), design do berço ao berço (BRAUNGART et al., 2007; BRAUNGART e MCDONOUGH, 2002; MCDONOUGH e BRAUNGART, 2003), biomimética (BENYUS, 1997; BENYUS, 2003), resiliência dos sistemas socioecológicos (FOLKE, 2006; CRÉPIN et al., 2012), economia de desempenho (STAHEL, 2010; STAHEL, 2006 ; Ellen MacArthur Foundation - EMF, 2013) capitalismo natural (HAWKEN et al., 2008) e o conceito de zero emissões (PAULI, 2010).

Conceitos mais influentes sobre Economia Circular decorreram de agentes de negócios que indicaram o conceito do princípio ao princípio de “ecoficácia ” (BRAUNGART et al., 2007; BRAUNGART e MCDONOUGH, 2002, Ellen MacArthur Foundation - EMF, 2013), bem como o conceito de ecologia industrial (GRAEDEL, 1996; FROSCHE e GALLOPOULOS, 1989), abrangendo a interpretação do ecossistema industrial da “ecologia Inter sistema” (KORHONEN, 2001). Por mais que a Economia Circular tenha recentemente se tornado um tópico emergente nos meios acadêmicos e governamentais, a sua disseminação é dificultada devido à grande quantidade de abordagens diferentes do conceito (KALMYKOVA et al., 2017; PREITO-SANDOVAL, 2018).

McDowall et al. (2017) argumentam que a Economia Circular apresenta um escopo amplo, que oferece potencial para a flexibilidade interpretativa, isto é, pode ser entendida ou aplicada de forma distinta em diferentes contextos, a fim de acomodar uma ampla gama de interesses. Segundo Kirchherr et al. (2017), a Economia Circular é um tema abrangente que tem sido muito discutido, o que comumente promove a distorção de conceitos e falta de consenso sobre sua definição.

O desenvolvimento do conceito de Economia Circular e seu conteúdo de pesquisa ainda permanece pouco explorado por ser uma abordagem que apresenta novas definições considerando as três perspectivas de dimensões econômico, ambiental e social (KORHONEN, HONKASALO e SEPPALA, 2018). Ainda que diversos indicadores foram apontados sobre este assunto, os mesmos ainda são contraditórios em seus objetivos, finalidades e aplicações (SAIDANI et al., 2019). A ausência de trabalhos acadêmicos e o conhecimento científico sobre tais indicadores podem ser interpretados como barreiras para possíveis implementações

(AKERMAN, 2016). Saidani et al., 2019 relatam ainda a necessidade da padronização de forma generalizada para que se possa obter uma métrica relacionada a Economia Circular.

A Economia Circular “opera nos níveis micro (produtos, empresas, consumidores), meso (eco industrial, parques industriais) e macro (cidades, regiões, nações), com o objetivo de alcançar o desenvolvimento sustentável, simultaneamente proporcionando qualidade ambiental, prosperidade econômica e equidade social para o benefício das gerações atuais e futuras” (KIRCHHERR et al, 2017, p. 299). Devido a sua abordagem multifacetária, que leva em conta os principais processos relacionados à Economia Circular, seus diferentes níveis de operação, e a relação entre este novo modelo econômico e o desenvolvimento sustentável, este estudo toma esta definição como base conceitual para este texto.

Vários *frameworks* para a Economia Circular foram desenvolvidos (PRENDEVILLE et al, 2018). O denominado *Buttlerfly Framework* (EMF, 2015c) e amplamente divulgado pela EMF dividindo o fluxo de produtos e serviços em ciclos técnicos e biológicos. O *Cradle-to-Cradle Framework* (BRAUNGART e MCDONOUGH, 2009) foca em cinco critérios: qualidade material, reutilização, avaliação da energia requerida para produção, uso da água e responsabilidade social. O *Modèle de L'économie Circulaire* (INSTITUT EDDEC, 2018) dá enfoque ao repensar a extração de recursos e otimização de seu uso. Lieder e Rashid (2016) desenvolveram um *framework* integrativo baseado na combinação entre ações *top-down* e *bottom-up*, relacionadas à Economia Circular.

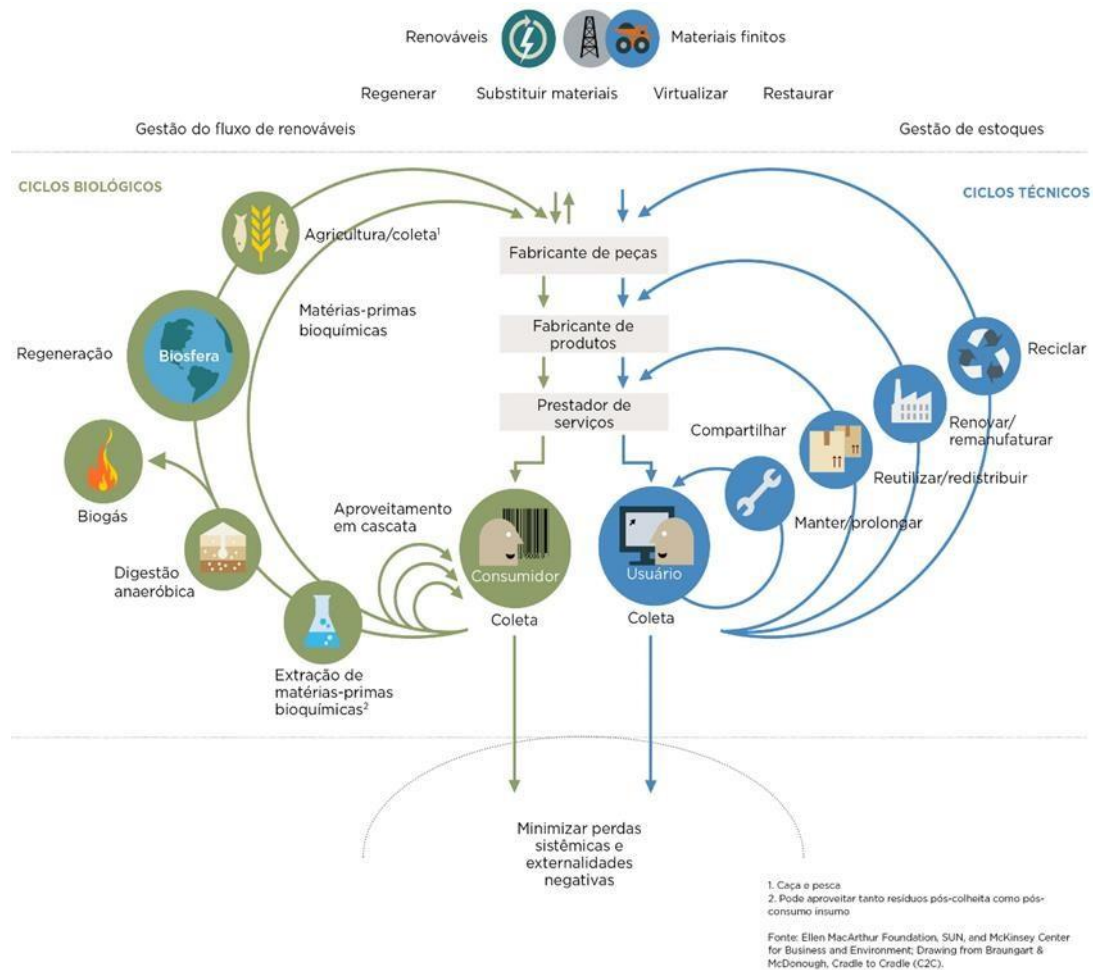
No entanto, esses modelos são representações conceituais e simplistas dos fluxos de produtos e materiais (PRENDEVILLE et al., 2018) com base em três princípios da EC, sendo eles, a preservação e aumento do capital natural, otimização da produção de recursos e a promoção da eficácia do sistema. A EMF (2015b) descreve seis práticas fundamentais para o

desenvolvimento de negócios e ações circulares concretas, formando a metodologia

ReSOLVE – *Regenetare, Share, Optimise, Loop, Virtualise, Exchange*. Tal ferramenta descreve como a EC pode se manifestar em negócios, indústria, ou no governo (EMF, 2015a). Por ser um sistema industrial regenerativo e restaurador que tem como princípio substituir o conceito de “fim de vida” por uso renovável, conservando produtos, componentes e materiais no seu nível mais alto de utilidade e valor ao longo do tempo (EMF, 2012, p. 7), é de suma importância destacar o trabalho de Ellen MacArthur nesse assunto (EMF, 2014; 2013a;

2013b), além de atuar como centro de colaboração para empresas, formuladores de políticas e universidades. A Figura 5 *Buttlerfly Framework* demonstra o processo contínuo de reabsorção e reciclagem, fundamentado na redução, reutilização, recuperação e reciclagem de materiais e energia, conforme os princípios de uma economia mais circular.

Figura 5 - Butterfly Framework



Fonte: Ellen MacArthur Foundation - Adaptado do protocolo de design do berço ao berço por Braungart & McDonough. 2015c.

Conforme pode se observar na figura, as possibilidades produtivas propostas apontam os princípios que prevalecem pela manutenção, reuso, remanufatura, reciclagem, reaproveitamento e quebra de materiais em recursos orgânicos. Assim, do lado esquerdo do diagrama estão representados os insumos biológicos, e do lado direito os insumos técnicos, o fluxo contínuo de materiais técnicos e biológicos por meio do círculo de valor reforça três princípios básicos que regem a Economia Circular:

1- Preservar e aprimorar o capital natural controlando estoques finitos e equilibrando os fluxos de recursos renováveis.

2- Otimizar o rendimento de recursos fazendo circular produtos, componentes e materiais no mais alto nível de utilidade o tempo todo, tanto no ciclo técnico quanto no biológico.

3- Estimular a efetividade do sistema revelando e excluindo as externalidades negativas desde o princípio. (EMF, 2013a).

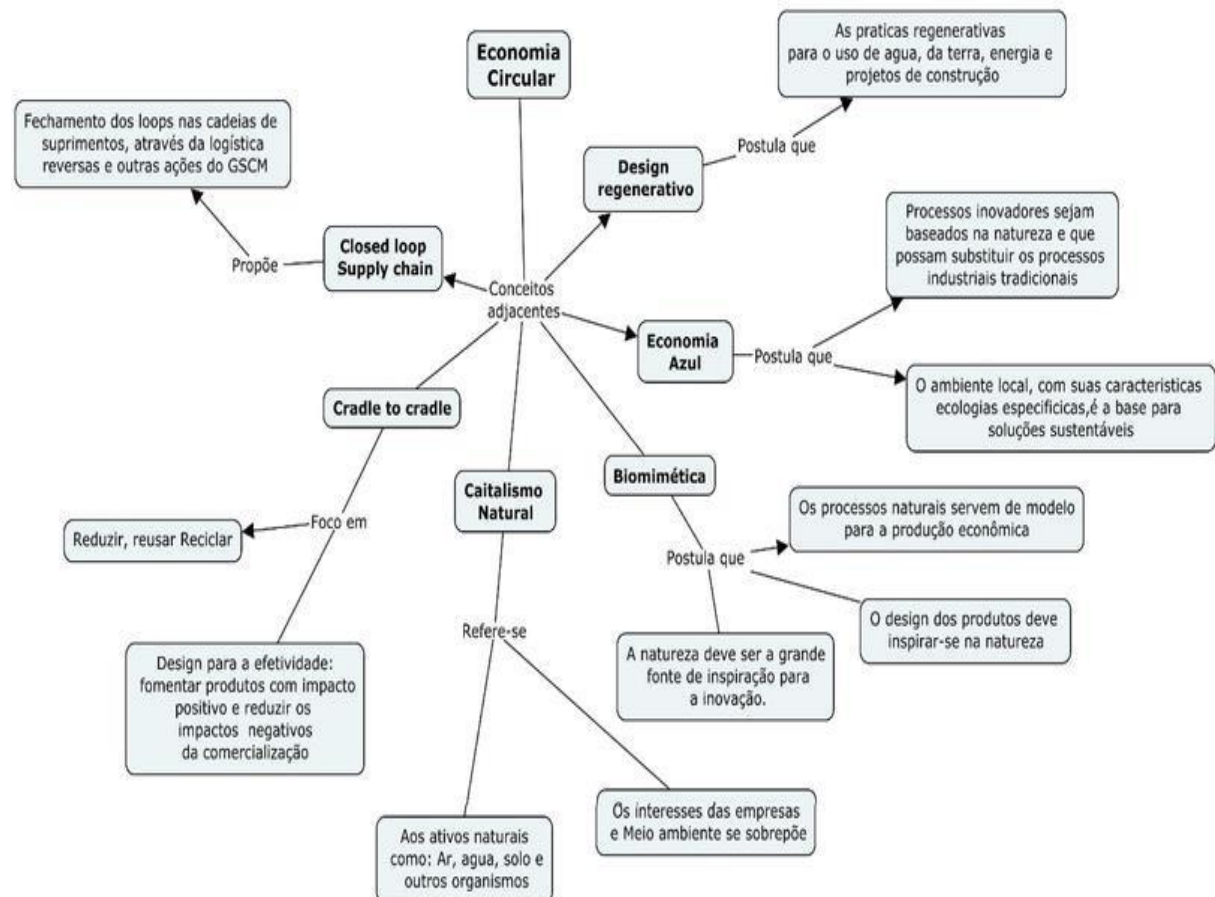
A mudança para um sistema circular exige inovações na área ambiental, no intuito de fechar o ciclo de vida dos produtos, obter produtos valiosos para terceiros a partir de resíduos, e atender as necessidades de resiliência ambiental, apesar das tendências em direção ao crescimento econômico (SCHEEL, 2016). Esse novo modelo econômico busca, em última instância, dissociar o desenvolvimento econômico global do consumo de recursos finitos (EMF, 2015c). O conceito de Economia Circular é de grande interesse para diferentes setores, uma vez que é visto como a operacionalização para a implementação do desenvolvimento sustentável pelo mercado (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016; MURRAY; SKENE; HAYNES, 2017).

As organizações deveriam utilizar os mesmos indicadores para que a viabilidade da Economia Circular possa obter resultados iguais, porém com a existente inconsistência, o desenvolvimento apresenta problemas sobre diferentes finalidades e possíveis usos, relacionados a alguns indicadores de Economia Circular que podem ser interpretados de maneiras diferentes, por não estar claro o que, e como medir (SAIDANI et al., 2019). Pode-se entender que uma Economia Circular se relaciona com a economia e o desenvolvimento sem deixar de lado a proteção ambiental e uso eficiente dos recursos disponíveis (FOLTYNOWICZ, 2018). Millar, Mclaughlin e Börger (2019) citaram que a relação adequada entre Economia Circular e desenvolvimento sustentável não está totalmente definida e explorada, o que por consequência, demonstra e reafirma as existentes inconsistências na literatura mostrando que a Economia Circular pode servir como uma ferramenta para o desenvolvimento sustentável, e compreensão de como seus efeitos a longo prazo diferem daqueles da economia "linear" (MILLAR, MCLAUGHLIN e BÖRGER, 2019).

A Economia Circular é fundamental para auxiliar na obtenção da padronização e realização de uma análise comparativa dos resultados para organizações de maneira individualizada, pois existem diversos aspectos relacionados à implementação da Economia Circular na configuração do sistema circular da cadeia de suprimentos (MASI, KUMAR e GARZA-REYES, 2018). A padronização da Economia Circular poderá fornecer informações sobre o que e como medir, levando em consideração a definição e estratégias para a

preservação das funções, produtos, componentes, materiais e energia incorporada (MORAGA et al., 2019). Nesse contexto, Geisendorf e Pietrulla (2017) argumentaram e compararam os principais conceitos de Economia Circular. A Figura 6 apresenta as relações dos principais conceitos adjacentes encontrados na literatura.

Figura 6 - Conceitos adjacentes de Economia Circular



Fonte: BACOVIS (2019, p. 15 vol. 40).

2.3.1 Barreiras de Implementação da Economia Circular

A implementação da Economia Circular apesar de ainda recente, e estar nos estágios iniciais, está cada vez mais focalizando para os aspectos essenciais das organizações e países que buscam minimizar e gerenciar o desperdício de maneira eficiente e eficaz (GHISELLINI et al., 2016; STAHEL, 2016). O resultado da implementação nas economias emergentes pode trazer benefícios por meio de uma elaboração apropriada de políticas, que oferece diversas oportunidades para o gerenciamento de produtos (AMOYAW-OSEI e AGYEKUM, 2011). Por ser uma abordagem estruturada, a Economia Circular precisa de uma implementação eficiente, mas diversos autores identificaram barreiras que podem prejudicar esta ação

(VANNER et al., 2014; VAN EIJK, 2015; SHAHBAZI et al., 2016; MONT et al., 2017; PHEIFER, 2017; JESUS e MENDONÇA, 2018; KIRCHHERR et al., 2018; RANTA et al., 2018). Porém, em contrapartida, podem ser observados resultados que identificam e destacam vários fatores que podem superar tais barreiras e implementar a Economia Circular com sucesso, como por exemplo, a abertura de novos mercados para reciclagem e remanufaturados, ciclo de materiais e energia que sustentam os sistemas naturais; estruturas regulatórias que visam a exportação de fluxos de resíduos; assim como, incertezas sobre o valor residual de novos produtos, ou seja, reparados, reutilizados, reciclado e recondicionado. (PARK et al., 2010; ZHU et al., 2010; SMOL et al., 2015; LIEDER e RASHID, 2016; HAZEN et al., 2017; MONT et al., 2017; QUINA et al., 2017; GOVINDAN e HASANAGIC, 2018).

Dijksma e Kamp (2016, p.23) argumentam que, apesar de estar longe de se alcançar a circularidade total, percebe-se que estudiosos atribuem o avanço limitado na implementação da Economia Circular a uma variedade de barreiras associadas ao entorno da Economia Circular, que tratam da dificuldade e estruturação de inovação, além da legislação e regulamentação, aumentando gradualmente a circularidade total ampliando assim, a necessidade de se obter uma literatura que relate sobre inovação nos últimos anos. Kirchherr et al.(2017, p.229) relata que a Economia Circular deve ser compreendida como uma inovação sistêmica, fundamental por demandar mudanças essenciais em seus padrões atuais de produção e consumo, sendo necessárias novas tecnologias para esta padronização (DEN HOLLANDER et al., 2017) e novas políticas devem ser adotadas para regular a nova tecnologia (MILIOS, 2017), para que as mudanças culturais necessárias ocorram (ANTTONEN, 2017).

Jesus e Mendonça (2018) destacaram a diferença entre as barreiras flexíveis e rígidas que podem de alguma maneira impedir a implementação da Economia Circular por ser uma inovação sistêmica. Tal diferenciação foi baseada em Nye (1990) onde reconhece a diferença entre *Smart power*, poder duro ou poder da inteligência, como sendo a capacidade de unir em uma estratégia o uso da projeção de poder e influência de modo que seja rentável e legítima, enquanto o *Soft power*, poder brando ou poder de convencimento, deve ser utilizado para descrever a habilidade de uma parte para influenciar de maneira indireta o comportamento ou interesse de outras partes como uma maneira de distinguir os efeitos sutis de culturas, valores e ideias no comportamento. Portanto, observa-se que de acordo com a estrutura apresentada quando se relata sobre barreiras, pode-se considerar que existem as barreiras culturais (HANCHER e MORAN, 1989); as barreiras de mercados (MARSHALL, 2012) e, barreiras de tecnológicas, o que retrata o possível nó entre as diversas barreiras.

Uma vez demonstrada as dificuldades de implementação da Economia Circular nas organizações que buscam realizar a mudança para modelos circulares, fica corroborado o quanto é difícil e trabalhosa uma evolução da Economia Circular nas empresas. Ritzén e Sandström (2016) citam que as barreiras apresentadas para a Economia Circular são similares às barreiras para a incorporação de temas de sustentabilidade no geral. Estudos realizados sobre as barreiras da Economia Circular compilam as barreiras analisadas em diversos tipos de barreiras. Pheifer (2017) demonstra a divisão das barreiras em níveis econômicos (micronível, macronível e mesonível). Em contrapartida, Ritzén e Ölundh (2017) organizam as barreiras em atitudinais, estruturais, operacionais, financeiras e tecnológicas. Demais estudos agregam as barreiras em políticas e de mercado, financeiras e econômicas, técnicas e de informação, e organizacionais e de gestão (SHI, PENG, LIU, e ZHONG, 2008), e em barreiras culturais, de mercado, regulamentares e tecnológicas (KIRCHHERR et al., 2018).

A caracterização das variáveis sobre as barreiras à Economia Circular, adaptada de Liu e Bai (2014), pode-se compreender que as três tipologias iniciais se enquadram nas barreiras externas às organizações, por estarem fora do seu controle e conectarem-se fundamentalmente com questões financeiras, com fornecedores, legislação e questões legais e preferências de mercado, incluindo neste campo as barreiras culturais e de mercado (BCM), as barreiras financeiras (BF) e as barreiras políticas e regulamentares (BPR), e em seguida as duas tipologias de barreiras fundamentalmente internas, por serem barreiras inerentes à própria organização, ou seja, essas barreiras são as barreiras estruturais e tecnológicas (BET) e as barreiras organizacionais e de gestão (BOG) (RITZÉN e SANDSTRÖM; 2016, PHEIFER; 2017, RITZÉN e ÖLUNDH; 2017, SHI, PENG, LIU e ZHONG; 2008, KIRCHHERR et al., 2018) (SANTO, 2019; p. 22).

Entre os fatores motivadores externos pode-se identificar as regulações do governo, competitividade internacional, responsabilidade social empresarial e a pressão dos acionistas (AGYEMANG et al., 2018), considerando ainda o suporte governamental, legislação e a proximidade geográfica (MATTOS et al., 2018), política e economia (regulações, crescimento econômico), saúde humana e animal, proteção do meio ambiente (aquecimento global, diminuir do impacto ambiental) e sociedade (preocupação dos consumidores, redução do impacto fazer consumo e urbanização) (GOVINDAN E HASANAGIC, 2018).

Nota-se que outros autores que fundamentam sobre este tema abordam os fatores de motivação para implementação da Economia Circular sem especificá-los em relação ao seu ambiente. Rizos et al. (2016) por exemplo, relatam como os facilitadores de uma empresa podem implementar modelos de negócios em conformidade com a Economia Circular em uma

cultura organizacional, onde o comprometimento dos funcionários é fator determinante. A busca por uma regulamentação governamental para Moktadir, Mithun e Kumar (2018) é apontada como fator motivador para que ocorra a implementação da Economia Circular nas empresas. Jesus e Mendonça (2018) classificam os fatores que provocam a transição como sendo pesados ou leves.

Pesados por estarem conexos às questões técnicas e econômicas e leves em contrapartida por estarem relacionados pelos fatores institucionais que são, I. a normatização dos temas ambientais ligados a legislação; a ampliação dos padrões de proteção ambiental e os regulamentos governamentais relacionados ao gerenciamento de resíduos, e II. sociais e culturais que articulam a respeito da preocupação social no âmbito da preservação do meio ambiente; aumento da educação e informação da sociedade a respeito das questões ambientais e a transformação do padrão de comportamento dos consumidores (JESUS e MENDONÇA, 2018). Desta maneira, Tura et al. (2019) indicam a classificação destes fatores motivacionais como sendo institucionais, organizacionais, econômicos, sociais, tecnológicos/informacionais e provenientes da cadeia de suprimentos.

Assim, uma parcela da sistematização destes motivadores segundo a teoria, suas categorias e análise para a implementação da Economia Circular, dividem a dimensão em interna e externa, sendo na *dimensão interna classificado* por:

I. de negócio: a) lucratividade (JESUS E MENDONÇA, 2018; TURA et al., 2019; AGYEMANG et al., 2018); e b) estratégia de mercado (TURA et al., 2019; AGYEMANG et al., 2018);

II. Organizacional: a) princípios do negócio (TURA et al. 2019; AGYEMANG et al. 2018; MATTOS, LOURENÇO e ALBUQUERQUE 2018; RIZOS et al. 2016); b) empenho da alta gestão e funcionários (TURA et al., 2019; AGYEMANG et al., 2018); e c); conhecimento (AGYEMANG et al. 2018; MOKTADIR, MITHUN, KUMAR 2018; RIZOS et al., 2016);

III. Operacional: a) procedimento para redução de custos, segurança, estabilidade, eficiência (AGYEMANG et al. 2018; GOVINDAN e HASANAGIC, 2018; JESUS e MENDONÇA 2018) e b) ampliação da qualidade e eficiência de produto ou serviço, (AGYEMANG et al. 2018; GOVINDAN E HASANAGIC 2018);

IV. Fatores técnicos: a) Tecnologia disponível (AGYEMANG et al.,2018; TURA et al. 2019; JESUS e MENDONÇA 2018) e b) Inovação (AGYEMANG et al. 2018).

Baseados nos fatores da *dimensão externa* foram elencados como sendo:

I. governo e indústria: a) Incentivos governamentais (MATTOS, LOURENÇO e ALBUQUERQUE 2018; RIZOS et al. 2016); b) Regulação e leis (TURA et al., 2019; AGYEMANG et al. 2018); GOVINDAN e HASANAGIC 2018; JESUS e MENDONÇA 2018; MATTOS, LOURENÇO e ALBUQUERQUE 2018); c) influência da Rede (MATTOS, LOURENÇO e ALBUQUERQUE 2018; RIZOS et al. 2016); d) cadeia de suprimentos (TURA et al. 2019; MOKTADIR, MITHUN, KUMAR 2018); e) vantagem global competitiva (MOKTADIR, MITHUN, KUMAR 2018);

II. Social: a) crescimento Econômico (TURA et al. 2019; GOVINDAN e HASANAGI. 2018; MATTOS, LOURENÇO e ALBUQUERQUE, 2018); b) disposições de consumo (JESUS e MENDONÇA, 2018; RIZOS et al. 2016); c) preocupação social (TURA et al. 2019; AGYEMANG et al 2018; GOVINDAN e HASANAGIC, 2018; JESUS e MENDONÇA, 2018); d) educação (JESUS e MENDONÇA; 2018); e) Saúde humana e animal (GOVINDAN e HASANAGIC; 2018);

III. ambiental a) disponibilidade de recursos naturais (TURA et al. 2019; GOVINDAN e HASANAGIC 2018; JESUS e MENDONÇA 2018); b) impacto ambiental (TURA et al. 2019; GOVINDAN e HASANAGIC 2018).

Para impulsionar a transição da economia linear para a Economia Circular, as tecnologias de informação exercem uma função fundamental. A EMF identifica esses ativos inteligentes e suas conexões como sendo o desenvolvimento para a Economia Circular (MACARTHUR et al, 2015). Pagoropoulos et al. (2017) relatam um conhecimento limitado em como estas as novas tecnologias digitais e capacidades podem ser aplicadas na transição para a Economia Circular. Nesse contexto, algumas das principais tecnologias digitais que podem ser aplicadas para a transição da Economia Circular, são:

I) RFID (Identificação por rádio frequência) – que utiliza os campos eletromagnéticos para reconhecer e rastrear automaticamente os chips de etiquetas ou *tag* conectadas a um determinado objeto. Entende-se que essa tecnologia auxilia na implementação de estratégias de Re-uso, Reparação e Recondicionamento (JAYARAMAN et al., 2008);

II) *Internet of Things (IoT)* – na Economia Circular, essa tecnologia pode guardar informações criadas por sensores para que exista a conexão das partes atuais em toda a cadeia de valor (PAGOROPOULOS et al., 2017);

III) *Relational Database Management Systems –RDBMS* (sistemas de manuseio de banco de dados): estes sistemas estão conexos com a disposição de dados em tabelas

convencionalmente descritas, permitindo a relação de fontes de dados múltiplos, apontando uma disposição dos dados;

IV) *Product Lifecycle Management* (PLM): são os conjuntos do sistema de gerenciamento de informações que agregam dados, processos e sistemas de negócios. Esse sistema pode auxiliar na transição para a Economia Circular devido a integração das informações em diversos ciclos que integram a cadeia de valor (PAGOROPOULOS et al., 2017);

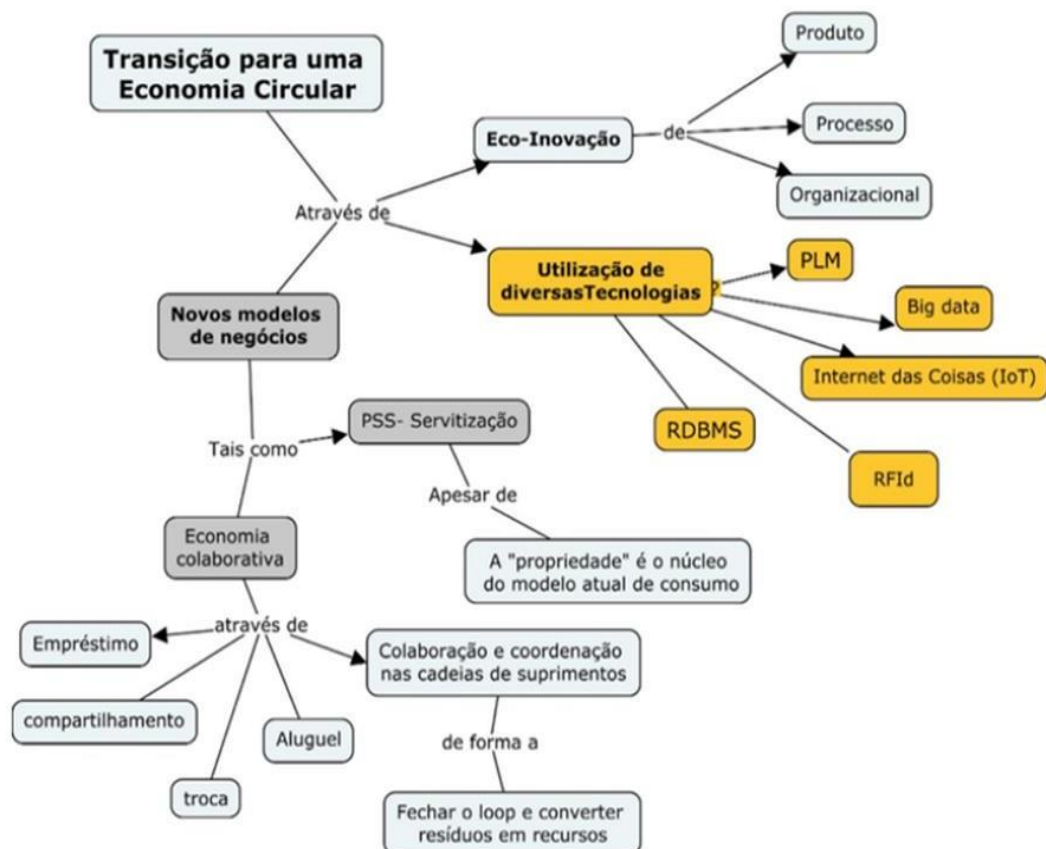
V) *Big Data*: em decorrência do aumento dos dados, capacidade de processamento e armazenamento, esta tecnologia é conhecida pelos quatro Vs: volume, velocidade, variedade e veracidade dos dados. O *Big Data* no contexto da Economia Circular é considerado uma abordagem viável para realizar o uso de informações de diversos sistemas de registro permitindo que se busque uma melhor tomada de decisão (PAGOROPOULOS et al., 2017; JABBOUR et al., 2017). Além dessas tecnologias, outras reportadas em Queiroz et al. (2019), podem ser utilizadas na Economia Circular.

A transição de modelos lineares para circulares requer mudanças tecnológicas e inovação organizacional. Prieto e Sandoval et al. (2018) apontam que para que ocorra a alteração para Economia Circular é necessário que seja determinado além das tecnologias, as inovações ecológicas, havendo assim a conclusão do ciclo de vida dos produtos, e alcançando produtos significativos para outros, mediante resíduos que otimizem a solução das necessidades ambientais. Inovações voltadas para a sustentabilidade, consideradas como eco inovações estão cada vez mais em evidência em alguns países que analisam seus impactos nas empresas, sem levar em consideração seu porte ou ramo de atuação, buscando por oportunidades de transições e estratégias para ajustá-las as práticas sustentáveis (PRIETO-SANDOVAL et al., 2018). Fussler (1996) estabeleceu um conceito sobre ecoinovação que descreve a sustentabilidade organizacional e Economia Circular. Ecoinovação, de forma semelhante à inovação, relata os novos produtos e processos atenuando significativamente os impactos causados ao meio ambiente, agregando valor tanto ao cliente quanto ao negócio, desenvolvendo o desempenho ambiental provocado pelas inovações de maneira similar à inovação.

Nesta perspectiva, algumas inovações são citadas por Sellitto (2018), sendo elas: a) inovações nos processos de produção, ou seja, o uso das novas tecnologias, novos materiais e novos métodos; b) inovações no desenvolvimento de produto, como sendo os novos produtos, novos métodos e a análise do ciclo de vida; c) criação de novos mercados para alguns clientes

que estabelecem práticas ambientalmente benéficas. Sendo assim, percebe-se que a inovação inserida a Economia Circular, consiste em cessar a exaustão e o desenvolvimento do consumo dos recursos fazendo com que o aumento econômico e o proveito sejam cada vez maiores sem pressionar cada vez mais o meio ambiente (POMPONI; MONCASTER, 2017). Neste contexto, a Figura 7 destaca a relação dos elementos necessários para uma transição para a Economia Circular.

Figura 7 - Elementos impulsionadores das Economias Circulares



Fonte: BACOVIS (2019, p. 15 vol. 40).

3. METODOLOGIA

Especificar os métodos de pesquisa é fundamental para dar suporte ao rigor metodológico e replicabilidade. Uma pesquisa administrada com o rigor metodológico apropriado contribui para incluir a robustez dos estudos, bem como para atestar a confiabilidade dos resultados obtidos (MENTZER E FLINT, 1997).

Este capítulo demonstra a definição do caminho metodológico adotado no desenvolvimento da pesquisa destacando o método mais aderente e competente para a investigação proposta buscando atender aos objetivos da pesquisa (LACERDA et al., 2013). De acordo com Dresch; Lacerda; Miguel, (2015), o pesquisador deve empregar uma delimitação como um instrumento na direção da pesquisa de forma precisa e significativa.

3.1 Pesquisa Exploratória

Segundo Marconi e Lakatos (2003) a pesquisa é o caminho para que se compreenda e reconheça uma circunstância de maneira integral ou parcial advindo de procedimentos formais e utilizando-se o raciocínio reflexivo. Vinculando esta relação às pesquisas exploratórias, Selltiz et al. (1965) descrevem como sendo parte da categoria de estudos exploratórios que tem por objetivo descobrir ideias e adquirir maior familiaridade com o fenômeno pesquisado, ou seja, os estudos exploratórios aproximam o pesquisador de fenômenos que não são totalmente conhecidos por ele.

Em pesquisas exploratórias, nem sempre é necessária a formulação de hipóteses ou proposições. Essa espécie de pesquisa permite ao pesquisador buscar o conhecimento sobre os fatos e possibilita uma formulação mais precisa de problemas, podendo gerar hipóteses e realizando novas pesquisas mais estruturadas (SELLTIZ et al. 1965). O planejamento da pesquisa precisa ser flexível o bastante para permitir a análise dos vários aspectos ligados com o fenômeno.

De maneira análoga, Gil (1999) analisa que a pesquisa exploratória tem o escopo de desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, visando à formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores. Devido a diversidade de procedimentos faz-se necessário observar o benefício e particularidade das alternativas para que se definida no começo do projeto de pesquisa qual será a trajetória no decorrer da pesquisa, especificando a escolha dos métodos e técnicas (CERVO e BERVIAN, 2006; COLLIS e HUSSEY, 2005; RICHARDSON, 2008; SELLTIZ, WRIGHTSMAN e COOK, 1987).

De acordo com Selltiz et al. (1987), a divisão dos estudos exploratórios integram-se àqueles que buscam encontrar ideias e intuições, com intuito de obter maior vínculo com o fenômeno pesquisado, enquanto que para Gil (2002) a pesquisa exploratória apresenta ao pesquisador maior proximidade com o problema investigado com o desígnio de torná-lo mais evidente e sugerir hipóteses ou proposições de um tema que o pesquisador tenha pouco conhecimento. Segundo o mesmo autor a maioria das pesquisas exploratórias envolve: (a) classificação bibliográfica; (b) entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; e (c) apreciação de exemplos que estimulem a compreensão (GIL, 2007, p.40).

Portanto, as pesquisas exploratórias destinam-se a proporcionar uma melhor compreensão sobre o assunto pesquisado originando assim um maior vínculo entre os pesquisadores e o seu tema de pesquisa (GIL, 2010; COSTA, 2018). Além disso, “essas pesquisas podem ser classificadas como: pesquisa bibliográfica e estudo de caso” (GIL, 2007). Devido a essa classificação a pesquisa exploratória, conforme Vieira (2002), transforma um problema complexo por um de maneira conhecida, possibilitando a construção de hipóteses, e de investigar um determinado dilema ou circunstância com o intuito de viabilizar conhecimentos e informações. Neste contexto, o estudo de caso exploratório é a abordagem mais aderente para este trabalho (YIN, 2010, 1981; BARRATT et al., 2011).

3.2 Estudo de Caso

Martins (2006, p. 11) observa que “como estratégia de pesquisa, um Estudo de Caso, independentemente de qualquer tipologia, orientará a busca de explicações e interpretações convincentes para situações que envolvam fenômenos sociais complexos”, e também, a elaboração “de uma teoria explicativa do caso que possibilite condições para se fazerem inferências analíticas sobre proposições constatadas no estudo e outros conhecimentos encontrados.” (MARTINS, 2006, p. 12). Portanto, a investigação de estudo de caso, conforme Yin (2001, p. 32-33),

[...] enfrenta uma situação tecnicamente única em que haverá muito mais variáveis de interesse do que pontos de dados, e, como resultado, [...] baseia-se em várias fontes de evidências, com os dados precisando convergir em um formato de triângulo, e, como outro resultado, [...] beneficia-se do desenvolvimento prévio de proposições teóricas para conduzir a coleta e a análise de dados.

Assim, baseando-se na coleta de dados por meio de fontes primárias e secundárias (FERNANDES, 2003) esta pesquisa visa ainda o lado do conhecimento relacionado a conexão

entre a Economia Circular e a Indústria 4.0 na contribuição para a literatura, acadêmicos e organizações para tomada de decisões na gestão de operações sustentáveis.

De acordo com Gerhardt e Silveira (2009) e Yin (2010), os procedimentos metodológicos (pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, pesquisa de campo, pesquisa experimental, pesquisa de levantamento, pesquisa de análise de arquivos, pesquisa histórica e estudo de caso, entre outros) necessitam das características do projeto de pesquisa, permitindo a escolha de métodos de pesquisa distintos ou o uso conjunto de ambos.

O estudo de caso deste trabalho é único com múltiplas unidades de análise (YIN, 2010), ou seja, o estudo utiliza projetos de casos múltiplos integrados. De acordo com Yin (2010), quando um projeto é integrado, o estudo pode exigir até mesmo a condução de um levantamento no local de cada estudo de caso, de maneira descritiva em relação ao fenômeno estudado. Aplicando-se o descrever do contexto da vida real qual ela ocorreu, ilustrada em tópicos em uma determinada avaliação.

Portanto, uma questão efetiva para se estabelecer um estudo de caso múltiplo bem-sucedido é que este consinta em uma lógica de replicação (YIN, 2001, p. 68). A lógica da replicação é fundamental para análise de casos com múltiplas unidades (EISENHARDT, 1989). Sendo assim, de fundamental importância para a sua compreensão e dos fundamentos lógico dos estudos de caso. A utilização nos projetos que aplicam casos múltiplos deve seguir uma lógica de replicação, e não de amostragem, onde o pesquisador deve propor cada caso cuidadosamente, pois os casos devem funcionar de uma maneira parecida aos experimentos múltiplos, com resultados similares (replicação literal) ou contraditórios (replicação teórica) previstos explicitamente no princípio da investigação (YIN, 2007, p. 75).

3.2.1 Unidades de Análise

As unidades empíricas de análise deste estudo dizem respeito aos membros de uma cooperativa de resíduos eletroeletrônicos. De maneira comparativa, foi realizada em referência a outras unidades do mesmo conjunto que compartilhe atributos, de relação, onde foi observada a vinculação que uma unidade tem com outras na estrutura do conjunto, tais como rede de interações do indivíduo no grupo social e, subunidades que são realizadas em referência à distribuição ou estrutura do conjunto.

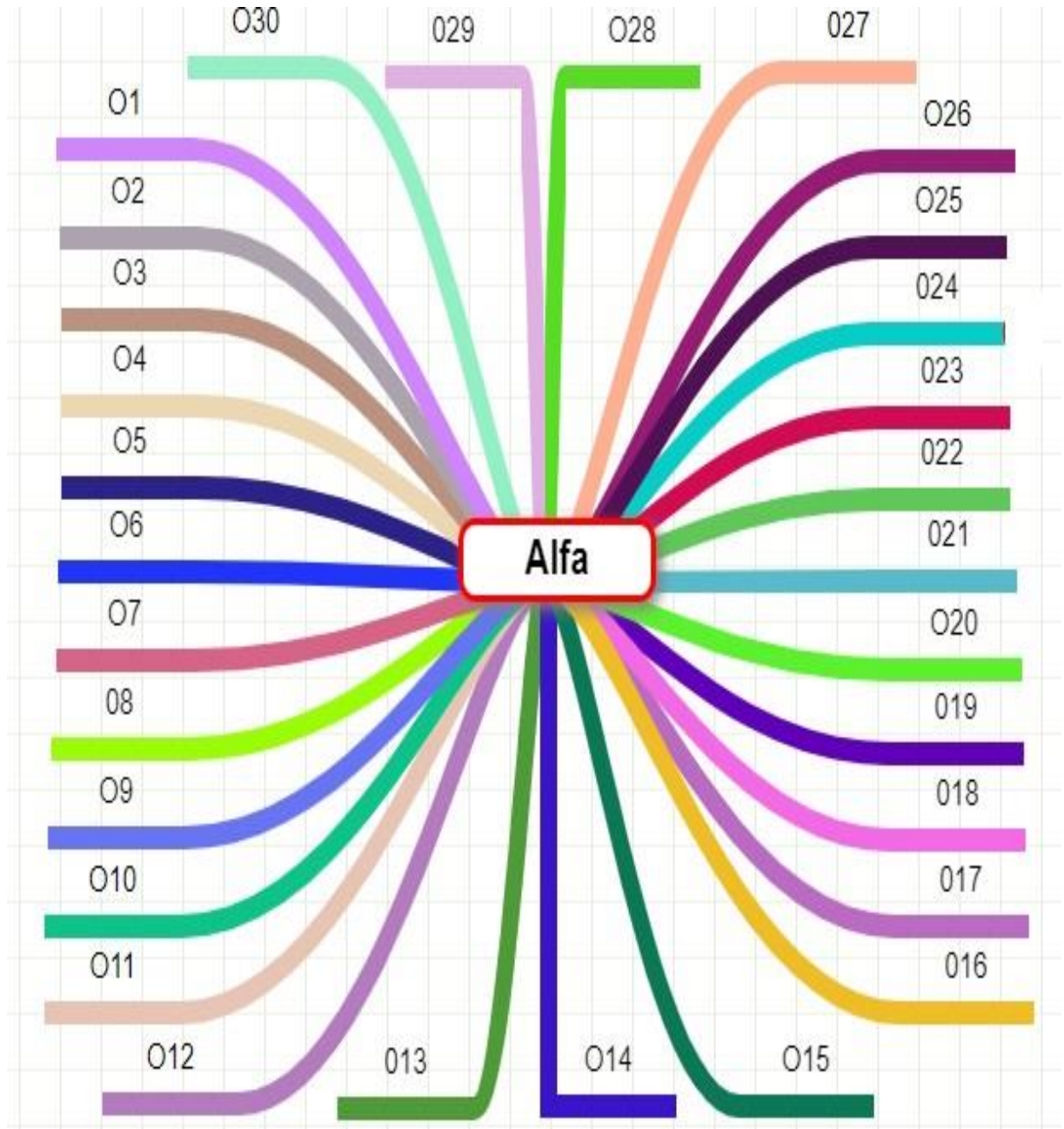
A seleção de casos da rede “Alfa” (nome fictício), cooperativa sem fins lucrativos, que é uma central de triagem de resíduos eletroeletrônicos (lixo eletrônico, lixo tecnológico ou e-lixo), conveniada com um órgão de gestão pública para essa finalidade.

Com um Sistema Integrado de Gestão da Qualidade e Meio Ambiente Certificado ISO 9001:2008 e ISO 14001:2004, desenvolve e opera soluções para o desfazimento do lixo eletroeletrônico (computadores, CPUs, impressoras, rádios, celulares, televisões, microondas, eletrodomésticos, entre outros), utilizando-se desse processo para realizar um trabalho de inclusão social, inclusão digital, capacitação, educação ambiental e cultura. A “Alfa” contribui de forma incisiva para a preservação de nosso meio ambiente, trabalhando para que o lixo eletrônico (e-lixo) não seja descartado de forma incorreta.

Todo material recebido ou coletado após triagem é destinado, reciclado ou reutilizado, gerando renda aos cooperados e proporcionando doações. O material chega à “Alfa” através de entrega voluntária na sede, coleta agendada por telefone ou pelo formulário no website e coleta nos PEVs (pontos de entrega voluntária nas organizações) para e-lixo espalhados em alguns pontos do município.

Geralmente, distintas “estratégias ou testes são sugeridos visando a obtenção de resultados com maior credibilidade”. Nesta pesquisa, foi adotada a validade do construto (CRESWELL, 2007; EISENHARDT, 1989; GODOY, 2006; LEONARD-BARTON, 1990; MEYER, 2001; SOY, 1997; VOSS, TSIKRIKTSIS e FROHLICH, 2002; YIN, 1981, 2010, 2015) e a validade externa (LEONARD-BARTON, 1990; SOY, 1997; VOSS, TSIKRIKTSIS e FROHLICH, 2002; YIN, 2010, 2015), utilizando diversos meios de triangulação para fortalecer as descobertas e as conclusões de pesquisa, ou seja, o estudo de caso pode integrar uma série de instrumentos de coleta de dados qualitativos, triangulando-os (BAUER e GASKELL, 2002; BONOMA, 1985; EISENHARDT, 1989; GODOY, 1995c; GODOY, 2006; HANCOCK, 1998; JICK, 1979; MINAYO, SOUZA e SANTOS, 2005; NEVES, 1996; RIDDER, HOON e MACCANDLESS, 2009; SOY, 1997; VOSS, TSIKRIKTSIS e FROHLICH, 2002; YIN, 1981, 2010, 2015). A Figura 8 destaca a rede considerada e as 30 organizações (O) principais que interagem com a Alfa.

Figura 8 – Rede da empresa focal de resíduos eletroeletrônicos



Fonte: a autora

3.2.2 Coleta de dados

Para a coleta de dados, diferentes estratégias foram utilizadas, como análise dos sites das organizações, questionário semiestruturado desenvolvido com suporte em literatura. (GUPTA et al., 2019; ASMA; MOHD; MING; SHULIN; MUKESH.2020) e observação *in loco*. Vide questionário no APÊNDICE 1.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Esta seção apresenta a análise e discussão dos resultados da rede de resíduos eletroeletrônicos Alfa. A empresa focal atua na gestão dos resíduos eletrônicos coordenando várias organizações de diferentes segmentos e porte. Inicialmente, é analisado o questionário, na sequência os dados *in loco*, e finalmente os dados secundários. Em seguida é apresentado um quadro consolidador (triangulação).

Após analisar a empresa focal “Alfa” e demais organizações, pode-se observar que no contexto do Brasil, a relação da Indústria 4.0 e Economia Circular exige maior conhecimento e envolvimento dos colaboradores para a implementação. As organizações abordam o papel de contribuir com a empresa Alfa para soluções de descartes de resíduos eletrônicos e de sustentabilidade, porém, praticamente sem a utilização de conhecimentos relacionado à Indústria 4.0.

4.1 Análise do Questionário

A pesquisa com a empresa focal trouxe a perspectiva e a preocupação de como se estabelecem as interfaces entre as tecnologias da Indústria 4.0 e as práticas de Economia Circular em projetos futuros e a contribuição do conhecimento para alavancar a gestão e operações para Economia Circular. O Quadro 1 apresenta as questões, o resumo das respostas e uma breve análise.

Quadro 1 - Interfaces entre as Tecnologias

| Empresa Focal | Respostas | Análise |
|---|---|--|
| 1. A Economia Circular, é um modelo sustentável de produção, distribuição e consumo que equilibra o relacionamento entre as empresas, os consumidores e os recursos naturais do planeta. Explique como funciona a reutilização, recuperação e/ou reciclagem dos resíduos | <i>“[Após manufatura reversa (desmontagem e descaracterização) dos equipamentos eletroeletrônicos, as partes e peças resultantes, tais como: metais ferrosos, metais não ferrosos e plásticos são absorvidos por organizações que necessitam desses materiais em seu processo produtivo, retornando para o mercado como matéria prima</i> | Verifica-se, com base nos dados fornecidos pela empresa focal que existe limitações na implantação da Indústria 4.0 e Economia Circular e sua relação com o conhecimento. Ou seja, isto sugere que nas operações das organizações envolvidas, existe pouca disseminação de |

| | | |
|--|---|--|
| eletrônicos entre sua organização e as organizações. | <i>para fabricação de novos produtos.]”</i> | conhecimento e tecnologias da Indústria 4.0. |
| 2. Os benefícios da Economia Circular são para todos (empresas e sociedade), que implementam este modelo de negócio. Detalhe como é o processo operacional de sua organização junto com organizações relacionado a escolha dos produtos eletrônicos. Por exemplo, expedição, armazenamento, custos envolvidos, tecnologias para dar suporte na operação, etc. | <i>“[Captação -> Agendamento de Coleta/Recebimento -> Recebimento -> Triagem / Estoque -> Produção -> Comercialização / Faturamento -> Expedição. Para apoiar a operação temos um Sistema Integrado de Gestão da Qualidade e Ambiental em conformidade com os requisitos da NBR ISO 9001:2005 e NBR ISO 14001:2015.]”</i> | Percebe-se que o foco está mais relacionado a ferramentas de qualidade, do que em tecnologias da Indústria 4.0. Principalmente em requisitos da NBR ISO 9001:2005 e NBR ISO 14001:2015, o que corrobora com a adoção de práticas sustentáveis. Porém, as tecnologias para dar suporte na operação ainda são ausentes. |
| 3. Considerando que atividades da Economia Circular fazem parte do cotidiano da sua organização e das organizações, discorra sobre quais são as principais dificuldades na implementação da reciclagem, reutilização e redução dentro de sua organização e também na relação com as organizações. | <i>“[... principal dificuldade é a obtenção de mão de obra capacitada...]”.</i> Necessidade de “[... investimento em treinamentos e capacitações internas...]”. “[... Fora da organização a captação do material é muito dificultada, tanto pela falta de conscientização da sociedade quanto a importância do descarte adequado...]”. | Pode-se considerar que existem variáveis associadas as barreiras e dificuldades à Economia Circular, como o social, institucional e econômico por exemplo, conforme abordado por Jesus e Mendonça (2018), que destaca que a relação do conhecimento em tecnologias da Indústria 4.0 na adoção de práticas de Economia Circular ainda são escassas. |
| 4. Podemos considerar como pilares da Indústria 4.0 o Big Data, a Internet das Coisas e a Inteligência Artificial, juto com Automação, Impressão 3D e outras inovações digitais. Muitas das empresas ainda não estão prontas | <i>“[Está nos nossos planos a utilização de ferramentas que simplifiquem a obtenção de dados para indicadores, como por exemplo: aplicativo que ao ser alimentado pelo cooperado, registra sua produção e consequentemente faz uma previsão de sua retirada ao</i> | A resposta sugere que a rede ainda está nos estágios iniciais de intenção de adoção de algumas tecnologias, porém, ainda existe baixa conscientização e conhecimento sobre as principais tecnologias da Indústria 4.0 e sua |

| | | |
|--|---|---|
| <p>para adotá-las, tornando-se assim um desafio para a sua implementação.</p> <p>Descreva quais tecnologias sua organização utiliza ou está pensando em utilizar para a gestão e operações relacionadas à resíduos eletrônicos.</p> | <p><i>término do mês, melhorando o controle e aferindo maior confiabilidade no repasse de produção, ferramentas que simplifiquem e agilizem o preenchimento de formulários internos...]</i>”.</p> | <p>contribuição para modelos de Economia Circular.</p> |
| <p>Para as empresas que escolhem uma inovação da Indústria 4.0, realizar a implementação é uma tarefa que conta com inúmeras barreiras que precisam ser superadas. Comente sobre as principais dificuldades para a sua organização em adotar alguma inovação tecnológica para as operações de resíduos eletrônicos.</p> | <p><i>“[...resistência do cooperado(a) por fazer uso de tecnologias...]</i>”.</p> <p>Existe uma lacuna de <i>“[...desenvolvimento profissional que os capacite no uso de tecnologias avançadas...]</i>”.</p> <p><i>“[...Em geral, a tecnologia disponível para controle e monitoramento de processos produtivos “intimidam” colaboradores...]</i>”</p> <p>As tecnologias <i>“[...são em geral um custo sacrificante para pequenas e médias organizações...]</i>”.</p> | <p>Percebe-se a existência de política de resistência em relação à adoção de alguma inovação tecnológica, principalmente, pelo receio de perda de emprego. Também, existe a barreira do custo. Embora existam ações da organização para dados e gestão de tarefas simples, eles demonstram dificuldades em fomentar o conhecimento na empresa (DAVENPORT e PRUSAK, 1998).</p> |
| <p>Explique como sua organização adotou ou pretende adotar práticas da Indústria 4.0, e como o processo de oferecer treinamentos, e participação dos colaboradores influenciaram ou podem influenciar em resultados para melhorias</p> | <p><i>“[Um ERP foi implantado de forma muito customizada à nossa operação, levando em consideração a natural dificuldade de nossos colaboradores com o uso de tecnologias, e as customizações tiveram foco em simplificar preenchimentos e mitigar erros comuns de lançamentos.]”</i></p> | <p>Dentre as principais tecnologias, ERP, ainda é uma tecnologia que muitas empresas pequenas ainda não possuem. Existe dificuldade na implantação, talvez, por falta de conhecimento do real potencial da ferramenta e como ela efetivamente poderia agregar para as operações e consequentemente, melhorar a circularidade da rede. Percebe-se que o</p> |

| | | |
|---|--|--|
| | | procedimento de criação de conhecimentos pela empresa pode contribuir para desenvolver ou sustentar as vantagens competitivas por estar associado a inovações, mas as dificuldades aumentam a criação de valor (CHANG, HUNG, e LIN, 2014) |
| A Indústria 4.0 e as práticas de Economia Circular possibilitam rastrear um material desde a produção inicial de um produto, até a utilização dele pelos usuários e à destinação dele para um novo ciclo de vida, permitindo a circularidade com muito mais eficiência e com menores custos. Descreva como sua organização está fazendo ou pretende implementar ações na gestão do ciclo de vida dos produtos. | <p><i>“[através da customização de uma ferramenta ERP para que atenda nossas necessidades particulares de manufatura reversa de eletroeletrônicos...]”.</i></p> <p>Outras tecnologias também estão sendo consideradas</p> <p><i>“[... software de leitura de código de barras que agilize e automatize o recebimento de eletroeletrônicos descartados, e consequentemente facilite e agilize o seu rastreamento em todo o processo de Logística Reversa, Manufatura Reversa e destinação.]”</i></p> | Apesar da empresa adotar tecnologias, falta compreender quais das tecnologias consideradas são mais adequadas para sustentar resultados de capacidade e em particular para a Economia Circular (BETTIOL. et. al 2019) |
| Para a aplicação da Economia Circular e Indústria 4.0, a adoção de tecnologias de informações para a sustentabilidade nas redes de negócios e as práticas de gestão devem ser capazes de gerar conhecimento e o compartilhamento entre as organizações. Discorra como esse processo ocorre na sua | <p><i>“[... “Conhecimento da Organização”, através de Planos de Gestão de Melhorias (PGMs), registramos conhecimentos que alimentam nossa biblioteca interna de “Conhecimento da Organização”...]”</i></p> <p><i>“[... independente do colaborador tenham o máximo de conhecimento possível sobre o setor e suas atividades, disponíveis para</i></p> | <p>Embora exista um esforço para a disseminação do conhecimento entre os colaboradores, há uma lacuna sobre tecnologias de Indústria 4.0 para esse modelo de negócio.</p> <p>Esta questão demonstra a pertinência nesta discussão, considerando o desenvolvimento do setor industrial e sua modernização, concentrando-se em uma</p> |

| | | |
|---|--|---|
| <p>organização junto as organizações.</p> | <p><i>consulta e aprendizado. As Assembleias Gerais regulares são utilizadas para universalizar conhecimentos específicos e críticos para a organização.”]</i></p> | <p>Economia Circular que seja sólida com os desafios do desenvolvimento sustentável, pois é perceptível a ausência de ferramentas que simplifiquem e identifiquem as tecnologias que a organização pode adotar. (OLIVEIRA et al., 2018).</p> |
| <p>As habilidades e qualificações da força de trabalho são fundamentais para o sucesso de uma empresa inovadora que requer conhecimentos em Indústria 4.0 e Economia Circular. Assim, o conhecimento pode melhorar e aprimorar as atividades entre os colaboradores. Explique como o conhecimento em tecnologias da Indústria 4.0 pode auxiliar sua organização em relação às práticas de Economia Circular.</p> | <p><i>“[Quanto mais capacitado é o colaborador, melhor e mais eficiente é o resultado, e menor é o custo...]”.</i></p> <p><i>“[...o custo do treinamento interno para qualificação do colaborador e o tempo para que colaborador comece a retornar o investimento é alto...]”]</i></p> | <p>A resposta sugere que, por enquanto, é escasso o conhecimento e disseminação de conhecimento em Indústria 4.0, e consequentemente, impactando pouco nas práticas de Economia Circular. Porém, ainda existe diversas barreiras, como o custo relacionado a treinamento dos colaboradores, principalmente, em tecnologias de ponta.</p> <p>Porém, a empresa demonstra capacidade de mudanças, bem como foco na qualidade e personalização para alcançar o sucesso, mas a ausência de uma maior conectividade entre os membros da rede.</p> |
| <p>A disponibilidade de uma base de conhecimento eficaz ainda é o gargalo na implementação da Economia Circular e os diferentes elementos da Indústria 4.0. Comente</p> | <p><i>“[É um desafio para toda a nossa sociedade, que embora haja sinais que indicam alguma conscientização com relação as questões ambientais e discursos mais engajados, ainda há pouca ação, insuficiente para</i></p> | <p>Pode-se perceber que esta questão demonstra as relações estratégicas e dificuldades entre novas tecnologias e a gestão do conhecimento para a implementação bem-sucedida de tecnologias</p> |

| | | |
|---|---|---|
| <p>se este processo pode ser considerado um desafio importante entre sua organização e as organizações para o conhecimento, desenvolvimento e adoção da Economia Circular em resíduos eletrônicos.</p> | <p><i>considerar que nós, como sociedade, estamos nos portando de maneira condizente com nosso discurso ambiental. O fator econômico no tripé da sustentabilidade é considerado pela sociedade como muito mais importante com peso muito maior, sendo o foco dos governantes e da indústria, aceito passivamente pela sociedade, desfavorecendo o necessário equilíbrio que deveria existir com relação aos fatores sociais, ambientais e econômicos.”]</i></p> | <p>da Indústria 4.0, o que representa desafios que as empresas precisam superar para alcançar com sucesso a Indústria 4.0 e o papel do conhecimento focados sobre este tipo de implementação.</p> |
|---|---|---|

Fonte: a autora

Assim, as respostas sugerem que embora haja um esforço da empresa focal em disseminar algumas boas práticas internamente e entre os membros da rede, existe baixa conscientização e adoção de tecnologias da Indústria 4.0, tanto na empresa focal, quanto entre os membros. Nesse sentido, também é percebido, que ainda é pouca a contribuição de conhecimento em tecnologias da Indústria 4.0 e adoção de modelos de negócios que utilizem aspectos de Economia Circular. Porém, a rede utiliza modelos de Economia Circular, mas, focada em ferramentas de qualidade e ERP.

4.2 Análise dos dados *in loco*

Como um dos instrumentos de coleta de dados, foi utilizado a visita em algumas organizações selecionadas. Isto ajudou a explorar as barreiras, bem como os facilitadores do conhecimento em tecnologias da Indústria 4.0 em direção às práticas de Economia Circular.

Os seguintes membros da rede foram visitados. A organização 13 (O13) é localizada na zona oeste de São Paulo e atua no segmento comercial para atender o público que mora, trabalha ou estuda nos bairros adjacentes. Já a organização 25 (O25), localizada no coração da zona norte de São Paulo, possui influência econômica e cultural no segmento comercial, onde reúne comodidade, conforto tem características ecológica e socialmente corretas desde sua concepção.

A análise *in loco* propiciou observar características para a analisar a possível existência entre conhecimento em Indústria 4.0 e práticas de Economia Circular. Porém, a observação *in loco* demonstrou que os colaboradores das organizações possuem grau de conhecimento praticamente nulo sobre as tecnologias da Indústria 4.0 e práticas de Economia Circular. Por exemplo, na O13 que tem como segmento o perfil comercial de porte médio, o primeiro contato por telefone com o colaborador 01 foi de extrema ajuda para o momento da visitação, já dando uma ideia parcial da localização do ponto de coleta, por meio dos colaboradores 02 e 03, que encontravam-se disponíveis para informações. Porém, ficou clara a ausência do conhecimento em Indústria 4.0 nas redes de descartes de resíduos eletrônicos na adoção de práticas sustentáveis relacionadas à Economia Circular ao serem questionados se este era abordado com os demais colaboradores daquela organização, ou se possuíam tecnologias de ponta nestas operações. No entanto, os mesmos demonstraram possuir conhecimento e conscientização da importância das ações executadas pela organização, relacionadas ao descarte e gestão, indicando como chegar ao local de coleta de forma rápida e segura.

Ao ser questionado sobre o local correto de descartes nas organizações comerciais, colaboradores 01 e 02 evidenciaram corretamente o ponto de coleta de resíduo tecnológico na organização, que mantém ainda, cartazes e informativos, com uma interface clara, de fácil identificação, com características simples para o consumidor em meio a uma sobreposição de características e benefícios para a sociedade, conforme apresentado na Figura 9.

Figura 9 - Organização comercial 1 (O13)



Fonte: Visita in loco.

Comportamento similar ocorreu na O25 com o mesmo segmento de perfil comercial, porém de porte maior. Os contatos por telefone com os colaboradores 01, 02, 03 e 04, apesar de auxiliarem para o momento da visitação, os colaboradores 05 e 06 não sabiam informar o local de descarte e muitos menos das ações executadas pela organização, já o colaborador 07 sabia informar o local de descarte, mas também não soube relatar algum conhecimento em tecnologias da Indústria 4.0 e seu respectivo uso nas operações de sua organização. Assim, percebe-se que praticamente todas as operações são realizadas manualmente, sem a utilização de tecnologias da Indústria 4.0. A Figura 10 destaca a infraestrutura básica

Figura 10 - Organização Comercial 2 (O25)



Fonte: Visita *in loco*.

Esta dinâmica (falta de conhecimento em tecnologias da Indústria 4.0 em Economia Circular), é corroborado por Cezarino et.al (2019) no relatório da Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2018), ao mostrar que apenas 48% das indústrias utilizavam alguma das tecnologias disponíveis na Indústria 4.0, e que sua aplicação está limitada por empresas que atuam em setores industriais de alta tecnologia.

4.3 Análise dos dados secundários

A análise dos dados secundários (sites) revelou que o conhecimento e adoção de tecnologias, principalmente da Indústria 4.0 relacionadas à Economia Circular, é praticamente escassa. Apesar de serem assuntos relevantes, ainda apresentam poucas ações e investimentos em tecnologias para as operações de resíduos eletroeletrônicos. Assim, praticamente todas as empresas demonstrarem a inexistência de utilização de tecnologias relacionadas à Indústria 4.0. Porém, uma tecnologia consolidada há muitos anos para a gestão de negócios e processos (como ERP) é a que predomina nas organizações. O Quadro 2 destaca as organizações e seus segmentos O 01 a O 30, seus respectivos segmentos e como se dá a relação do conhecimento em Indústria 4.0 e Economia Circular.

Quadro 2 - Elementos da análise de dados secundários

| Organizações | Segmento | Relação Conhecimento e Indústria 4.0 | Relação Conhecimento e Economia Circular |
|---------------------|------------------|---|---|
| O 01 | Saúde | RASTREABILIDADE | Não identificado |
| O 02 | Limpeza Urbana | COLETAS ONLINE; GUIA ELETRÔNICA; ARMAZENAMENTO. | Não identificado |
| O 03 | Telecomunicações | TICs | DESCARTE SEGURO |
| O 04 | Farmacêutica | Não identificado | GERENCIAMENTO E MANUTENÇÃO DOS RESÍDUOS |
| O 05 | Saúde | Não identificado | MONITORAMENTO; COLETA; ACOMPANHAMENTO |
| O 06 | Legislação | Não identificado | RECICLAGEM |
| O 07 | Educação | Não identificado | COLETA; DESCARTE. |
| O 08 | Educação | Não identificado | COLETA |

| | | | |
|-------------|-------------|------------------|--------------------------------------|
| O 09 | Educação | Não identificado | COLETA |
| O 10 | Educação | Não identificado | COLETA |
| O 11 | Construção | Não identificado | Não identificado |
| O 12 | Comercial | Não identificado | COLETA |
| O 13 | Tecnologia | Não identificado | TRATAMENTO |
| O 14 | Legislação | Não identificado | Não identificado |
| O 15 | Turismo | Não identificado | COLETA; RECICLAGEM; INCENTIVO. |
| O 16 | Educação | Não identificado | INCENTIVO; PARCERIAS |
| O 17 | Cosmético | BIOTECNOLOGIA | Não identificado |
| O 18 | Saúde | Não identificado | COLETA |
| O 19 | Saúde | Não identificado | Não identificado |
| O 20 | Saúde | Não identificado | RECICLAGEM |
| O 21 | Tecnologia | Não identificado | COLETA |
| O 22 | Comercial | Não identificado | Não identificado |
| O 23 | Comercial | Não identificado | RECICLAGEM |
| O 24 | Tecnologia | RECICLAGEM | Não identificado |
| O 25 | Comercial | Não identificado | Não identificado |
| O 26 | Educação | Não identificado | Não identificado |
| O 27 | Cultura | Não identificado | Não identificado |
| O 28 | Cooperativa | Não identificado | VOLUNTARIADO |
| O 29 | Comercial | AUTOMAÇÃO | Não identificado |
| O 30 | Empresarial | Não identificado | REDUÇÃO |

Fonte: a autora.

A ausência de tecnologias nas atividades operacionais e a integração com a Economia Circular, demonstra o despreparo relacionado ao conhecimento. O Quadro 3 apresenta de maneira mais consolidada os principais achados.

Quadro 3 – Principais achados

| CARACTERÍSTICAS | Principais achados |
|--|---|
| Interfaces existentes das tecnologias da indústria 4.0 e as práticas de Economia Circular por meio do conhecimento. | Dentre os resultados da empresa focal e da rede de organizações, foi possível notar a ausência destas práticas e como a diversificação de segmentos não está alinhada com as tecnologias. |
| Conhecimento em Indústria 4.0 nas redes de descartes de resíduos eletrônicos e a adoção de práticas sustentáveis relacionadas à Economia Circular. | É visível a lacuna desta sinergia quando observado que apenas 01 organização(O 12) possui alguma interface da Indústria 4.0 e as práticas de Economia Circular. Sugerindo que o de conhecimento em tecnologias da Indústria 4.0 impactam em práticas de Economia Circular. |
| Implementação de tecnologias Indústria 4.0 e a contribuição para a adoção das práticas da Economia Circular. | Nota-se que a rede, apesar das organizações possuírem programas de incentivo a implementação e integração de tecnologias, o conhecimento em tecnologias da Indústria 4.0 para ser aplicado em operações de Economia Circular, ainda apresentam uma falta de estrutura para disseminar novos conhecimentos. Assim, indicando que a contribuição para a adoção das práticas da Economia Circular por meio de Indústria 4.0 ainda é um ponto fraco. |
| Barreiras e facilitadores do conhecimento em tecnologias da Indústria 4.0 em direção às práticas de Economia Circular. | A implantação da Indústria 4.0 na relação com a gestão do conhecimento possui um papel fundamental. Ao focalizar nas barreiras e facilitadores, o resultado negativo é ainda um problema comum nas empresas como a necessidade da padronização e disseminação do conhecimento que se possa obter uma métrica relacionada a Economia Circular, assim como as barreiras de estrutura, culturais e as propriamente ditas tecnológicas. Sendo que os facilitadores podem ser vistos como a implementação de modelos de negócios em conformidade com a Economia Circular em uma cultura organizacional onde o comprometimento dos funcionários é fator determinante. |
| Avaliação dos gargalos e barreiras que dificultam os indicadores existentes entre 4.0 e práticas de Economia Circular. | Dentre as dimensões tecnológicas utilizadas como categorias iniciais que nortearam o estudo, destacam-se a institucional, aspectos jurídicos, sociais e econômicos. Aspectos relacionados a infraestrutura, resistência dos trabalhadores, falta de troca de |

| | |
|--|---|
| | conhecimento na rede e custos com as tecnologias, também são importantes gargalos e barreiras em direção a adoção de modelos mais circulares, por meio de tecnologias da Indústria 4.0. |
|--|---|

Fonte: a autora.

Foram encontradas evidência de algum conhecimento em tecnologias de Indústria 4.0 nas organizações de segmentos relacionados a saúde – O01; limpeza urbana – O02; telecomunicações – O03; cosméticos – O17; tecnologia – O24; e automação – O29. Porém, não foi encontrado evidências fortes da relação entre conhecimento em alguma tecnologia da Indústria 4.0 e a adoção de práticas de Economia Circular. Mesmo assim, pode-se perceber que quanto menor o conhecimento em Indústria 4.0, menor será a implementação e a contribuição para a adoção das práticas da Economia Circular. Já o conhecimento em Economia Circular, torna-se mais aparente nas demais organizações, mesmo sem o conhecimento formal da nomenclatura. Portanto, este parecer demonstra que o problema de pesquisa que investiga se existe relação entre o conhecimento em tecnologias da Indústria 4.0 e a adoção de práticas de Economia Circular, apenas a O 03 contribui com as Interfaces existentes das tecnologias da Indústria 4.0 e as práticas de Economia Circular por meio do conhecimento.

5. IMPLICAÇÕES

5.1. Implicações Teóricas

Ao explorar as interfaces entre as tecnologias da Indústria 4.0 e as práticas de Economia Circular por meio do conhecimento, este estudo apresenta as seguintes implicações teóricas. Embora a literatura tenha sugerido que a Indústria 4.0 pode ser um facilitador para a adoção de práticas circulares (JABBOUR et al., 2020a), o presente trabalho não encontrou evidências robustas desta relação. No contexto brasileiro estas relações ainda estão nos estágios iniciais, tanto na adoção, quanto na conscientização dessas interfaces.

A avaliação e interação relacionados ao conhecimento envereda por diversos caminhos que surgem quando se aborda a Indústria 4.0 e a Economia Circular. As barreiras e desafios relacionados aos problemas estruturais podem influenciar a implementação de conceitos de Economia Circular, e limitar a conexão entre as tecnologias da Indústria 4.0 e a parte operacional. Todavia, pode-se identificar facilitadores que se concentram em conjuntos variados de estudos sobre a Indústria 4.0 e a Economia Circular, porém poucos são os que investigam especificamente a causalidade das interfaces existentes das tecnologias da Indústria 4.0 e as práticas de Economia Circular explorando o conhecimento e sua adoção (LUTHRA e MANGLA, 2018).

Ao envolvermos como a relação do conhecimento em tecnologias da Indústria 4.0 na adoção de práticas de Economia Circular impactam, o estudo procurou analisar as propriedades consideradas relevantes para que a empresa focal e as organizações relatassem se o de conhecimento em tecnologias da Indústria 4.0 em práticas de Economia Circular, reportando as barreiras e facilitadores do conhecimento em tecnologias da Indústria 4.0 em direção às práticas de Economia Circular entre os colaboradores em uma rede de resíduos eletrônicos. Deste modo foi identificado que os colaboradores envolvidos infelizmente não possuem os atributos necessários para a implantação da Indústria 4.0 na adoção de práticas de Economia Circular. Na verdade, as organizações ainda estão nos estágios iniciais para acumular conhecimento nas tecnologias.

A Economia Circular propõe valores que possam ser gerados por meio de atividades que permitam agregar valor prolongado de utilização de resíduos sólidos. Entretanto, a literatura necessita de estudos nacionais que possam identificar as oportunidades no contexto da Economia Circular (SEHNEM et al., 2019a; SEHNEM et al., 2019b), por meio da implementação do fenômeno da Indústria 4.0 e como a tecnologia pode apoiar a adoção de práticas sustentáveis. O presente trabalho gerou contribuições para o entendimento sobre as interfaces e a influência na utilização de práticas associadas à Economia Circular e

disseminação do conhecimento na interação sobre as práticas de Indústria 4.0, indicando condições para aumentar a participação e práticas de Indústria 4.0 e Economia Circular, agregando os aspectos de conhecimento nas organizações necessários, identificados pela coleta de dados do presente trabalho, onde aborda como esse processo ocorre na sua organização junto as empresas organizações onde a relação pode ser considerada mínima ou limitada. Delinear as contribuições que a tecnologia pode trazer para a Economia Circular nas organizações de resíduos eletroeletrônicos e se estão se preparando para a adoção da Economia Circular tomando como base o conhecimento eficaz, ainda é o gargalo na implementação com peso muito maior, quando o foco passa a ser não só os colaboradores, mas também os governantes e a indústria.

5.2. Implicações Gerenciais

Os resultados do trabalho sugerem que gestores e envolvidos nessa área devem considerar e procurar desenvolver estratégias para a disseminação efetiva do conhecimento em tecnologias de ponta (Indústria 4.0) e como eles poderiam ser beneficiados por elas e também compreender os impactos das barreiras como por exemplo, legais, de treinamento e infraestrutura sobre os modelos de Economia Circular para que exista um desenvolvimento importante na estratégia da empresa relacionada ao conhecimento.

Outro fator que os gestores deveriam focalizar, diz respeito a interpretação do conhecimento nos níveis individuais e organizacionais e como integrar o conhecimento de uma forma que possa ser utilizada pela empresa para melhorar as operações relacionadas à Economia Circular. A pesquisa também trouxe a necessidade de se compreender a relação entre os novas tecnologias e as mudanças em termos de competências para considerar como interligar a relação do digital nas empresas coincidindo com os sistemas de gestão integrados, e como consequências verificar o papel das competências digitais para o sucesso da implementação da Indústria 4.0 e a essencialidade de se competir de forma eficaz e adequada com a ausência da mão de obra qualificada como sendo uma das principais barreiras para a adoção de tecnologias de ponta em modelos de Economia Circular, destacando a importância da tecnologia e da gestão do novo conhecimento técnico e gerencial.

5.3. Implicações Sociais

O presente trabalho gerou contribuições para a compreensão sobre a função nas relações sociais de sustentabilidade, agregando os aspectos de tecnologias necessárias. Observa-se na literatura que a revolução da Indústria 4.0 deve considerar os recursos humanos

de maneira estrategicamente essenciais para beneficiar as novas tecnologias e conhecimentos que permitem indicar o avanço das análises de extensões existentes e, como a Economia Circular e como sua adoção na área de resíduos eletrônicos, ainda é uma abordagem escassa especialmente em termos de conhecimento agregado a Indústria 4.0.

As especificidades da inovação tornam-se cada vez mais importantes e necessárias quando se trata de assunto relacionado à Economia Circular. O intuito é que a adoção de tecnologias da Indústria 4.0 no contexto da Economia Circular possibilite as organizações adquirirem níveis elevados de sustentabilidade por meio da circularidade em seus processos de negócios. Considerando a rede investigada, apesar de possuírem diferentes abordagens de gestão do conhecimento, deixa claro que as práticas não estão alinhadas. Na dinâmica interna e externa para a sua adoção e implantação, existe uma lacuna forte desta sinergia, demonstrando que a intensidade de tais treinamentos depende da combinação de tecnologias adotadas, e não somente dos resultados que podem ser alcançados por sua adoção.

No entanto, diferenças surgem entre as colaborações entre empresas, provavelmente aumentada com o desígnio de levar a introdução de tecnologias da Indústria 4.0, e por possuírem programas de incentivo a implementação e integração ao conhecimento entre estas redes sem uma estrutura para novos conhecimentos, que pode ter um resultado coerente quando relacionado com a colaboração entre colaboradores e suas funções na empresa.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste estudo foi investigar como as interfaces existentes das tecnologias da Indústria 4.0 e as práticas de Economia Circular se estabelecem por meio do conhecimento. Os resultados apontam que a falta de conscientização e conhecimento de tecnologias da Indústria 4.0, assim como em modelos de negócios circulares, podem ser as barreiras mais representativas em direção a adoção da Economia Circular. Também vale destacar a falta de infraestrutura adequada, resistência dos trabalhadores e custos com tecnologia como sendo potenciais barreiras. Também é fundamental destacar outras barreiras, como os aspectos legais, econômicos, institucionais e tecnológicos. Em relação aos aspectos jurídicos, ainda existe receio e resistência para o desenvolvimento de projetos com base em tecnologias da Indústria 4.0. Porém, é importante considerar que a rede analisada, utiliza algumas práticas de Economia Circular, mas sem o conhecimento explícito.

O estudo encontrou que alguns membros da rede possuem algumas práticas de Economia Circular, porém, mas ainda com dificuldade em introduzir alternativas sustentáveis baseados em tecnologias da Indústria 4.0. Novos conhecimentos, neste caso, são fundamentais no gerenciamento de uma transformação digital para amparar a criação de novas competências de diferentes maneiras. Por exemplo, como treinamento e a influência mútua das práticas que influenciam os recursos digitais organizacionais na integração da circularidade e a implementação da Indústria 4.0.

A adoção assim como, o compartilhamento de conhecimento possui efeitos positivos no processo de produção e no gerenciamento da integração de novas tecnologias das empresas e demais organizações. Nesse sentido, obter o conhecimento possível sobre o setor e suas atividades, disponíveis para consulta e aprendizado, permite melhorias do processo de produção, qualidade nos produtos, e inovação do modelo de negócios, podendo ser considerado outro fator essencial na relação entre Indústria 4.0 e Economia Circular. Além disso, as empresas devem investir com o intuito de atualizar as competências para incluir habilidades digitais como a tríade de geração de tecnologia, Economia Circular e conhecimento para se obter a difusão de tecnologias da Indústria 4.0 e criação de valor nos modelos de negócios circulares.

Como principais limitações, destaca-se a dificuldade de acessar as organizações da rede, assim como a coleta de dados e a falta de estudos no Brasil sobre essa temática. Pesquisas futuras devem contemplar a esta lacuna existente sobre a influência do conhecimento em Indústria 4.0 e práticas de Economia Circular, observando não somente as redes de resíduos eletroeletrônicos, mas outras redes, principalmente manufatura, construção civil, óleo e gás,

etc. Investigar o impacto da qualificação e estratégias de treinamento para os trabalhadores, constitui um trabalho futuro interessante. Além disso, explorar em profundidade as principais barreiras e facilitadores do relacionamento entre conhecimento em Indústria 4.0 e práticas de Economia Circular, é fundamental para a academia e mercado.

REFERÊNCIAS

- AGYEMANG, M., ZHU, Q. e TIAN, Y.(2018),“Analysis of opportunities for greenhouse emission reduction in the global supply chains of cashew industry in West Africa”, **Journal of Cleaner Production**, Vol.115,pp.149161.<http://www.ellenmacarthurfoundation.org/case_
- AKERMAN, E., 2016. Development of Circular Economy Core Indicators for Natural Resources - Analysis of existing sustainability indicators as a baseline for developing circular economy indicators. **Master of Science Thesis**, Royal Institute of Technology, Stockholm. Available at: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:897309/FULLTEXT01.pdf>
- ALMADA, F. The Industry 4.0 revolution and the future of Manufacturing Execution Systems **Journal of Innovation Management**. v. 6, n. 1, p. 55–79, 2018.
- AMORIM, E. A. Indústria 4.0 e a sustentabilidade do modelo de financiamento do Regime Geral da Segurança Social. **Cadernos de Direito Actual**, Portugal, n.º, p.243-254, 2017.
- AMOYAW-OSEI, Y. E AGYEKUM, (2011), " Avaliação de país de lixo eletrônico no Gana", **SBC e-waste Projeto África**, vol. 66, p. 111
- ANAND, Vikas; GLICK, Willian H.; MANZ, Charles C. **Thriving on the knowledge of the outsiders: Tapping organizational social capital**. The Academy of Management Executive, v. 16, no 1, p. 87-101, Fev. 2002.
- ANTTONEN, Markku. Emerging consumer perspectives on circular economy 2017/06/07 Paper presented at the 13th Nordic **Environmental Social Science Conference** HopefulNESS, 6.6.2017, Tampere, Finland https://www.researchgate.net/publication/317596538_Emerging_consumer_perspectives_on_circular_economy
- ASMA-Qamaliah Abdul-Hamid , MOHD Helmi Ali , MING-Lang Tseng , SHULIN Lan, MUKESH Kumar. Impeding challenges on industry 4.0 in circular economy: Palm oil industry in Malaysia. **Computers & Operations Research** Volume 123, November 2020,105052.2020.<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305054820301696?via%3Dihub>>doi.org/10.1016/j.cor.2020.105052 0305-0548/ 2020.
- AZEVEDO, M. T. D. (2017). **Transformação digital na indústria: indústria 4.0 e a rede de água inteligente no Brasil** (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- BACOVIS, Marcia Maria C. Synthesizing the research on Circular Economy through the use of conceptual maps. **Revista ESPACIOS**. ISSN 0798 1015 Vol. 40 (Nº 03) Ano 2019 https://www.researchgate.net/publication/333377486_Synthesizing_the_research_on_Circular_Economy_through_the_use_of_conceptual_maps.
- BALESTRIN, A VERSCHOORE J- **Redes de Cooperação Empresarial-: Estratégias de Gestão na Nova Economia 2016**.

BARRATT, M.; CHOI, T.Y.; LI, M. Qualitative case studies in operations management: Trends, research outcomes, and future research implications. **Journal of Operations Management**, v. 29, n.4, p. 329-342, 2011.

barriers for the Swedish industry – the voice of REES companies. Available at: <http://>

BASL, J. **Pilot study of readiness of Czech companies to implement the principles of Industry 4.0.** *Prod. Eng. Rev.* 8 (2), pp. 3–8, 2017.

BAUER, M. W.; GASKELL, G. **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático.** 2ª Ed, v.3, Petrópolis: Vozes, 2002.

BENEŠOVÁ, A. and TUPA, J. (2017), “**Requirements for education and qualification of people in industry 4.0**”, *Procedia Manufacturing*, Vol. 11, June, pp. 2195-2202, available at: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.366>.

BENYUS, J., 2003. **Biomimicry.** HarperCollins.

BENYUS, J.M., 1997. **Biomimicry - Innovation Inspired by Nature.** William Morrow and Company, New York (308p).

BHATT, Ganesh D. Knowledge management in organizations: examining the interaction between technologies, techniques, and people. **Journal of Knowledge Management**, v. 5, n. 1, p. 68-75, 2001.

BONOMA, T.V. (1985). Case Research in Marketing: Opportunities, Problems, and Process., 208. Retrieved from <http://www.jstor.org/discover/10.2307/3151365?uid=3737664&uid=2129&uid=2&uids7> **Journal of Marketing Research.** 22(2), 199.

BRAUNGART, M e MC DONOUGH, W, 2009 **Cradle to Cradle: Re-making the Way We Make Things** Vintage, London <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719330220>

BRAUNGART, M, MCDONOUGH, W., Anastas, P.T., & Zimmerman, J. B. (2003). Applying the principles engineering of green cradle-to-cradle design. **Environmental Science and Technology**, 434-441.

BRAUNGART, M., MCDONOUGH, W., 2002. **Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things.** North Point Press, New York, USA.

BRAUNGART, M., MCDONOUGH, W., Bollinger, A., 2007. Cradle-to-cradle design: creating healthy emissions - a strategy for eco-effective product and system design. **J. Clean. Prod.** 15 (13), 1337–1348.

BURKE, Peter. **Uma história social do conhecimento: de Gutenberg a Diderot.** Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2003.

BURZLAFF, F.; BARTELT, C. **Knowledge-Driven Architecture Composition: Case-Based Formalization of Integration Knowledge to Enable Automated Component Coupling.** In:

INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFTWARE ARCHITECTURE WORKSHOPS (ICSAW), 2017, Gothenburg, Sweden. Anais.Gothenburg, Sweden: IEEE, 2017. p. 108-111.

CAPRA, Fritjof. **As conexões ocultas: ciência para uma vida sustentável**. São Paulo: Cultrix, 2002.

CASTELLS, M. **A sociedade em Rede– Do conhecimento à ação política**. São Paulo: Paz e Terra, v. 1, 1999.

CASTELLS, M.; CARDOSO, G. **A sociedade em Rede - A era da informação: economia, sociedade e cultura**. Lisboa: Paz e Terra, 2005.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2006.

CHEN, C. J; HUANG, J. W.; SIAO, Y. C. Knowledge management and innovativeness: The role of organizational climate and structure. *International Journal of Manpower*, v. 31, n. 8, p. 48-70, 2010.

CHERTOW, M. and EHRENFELD, J., 2012. Organizing self-organizing systems: Toward a theory of industrial symbiosis. *Journal of industrial ecology*, 16(1), 13-27. London <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719330220>.

CHOO, Chun Wei. **A organização do conhecimento: como as organizações usam a informação para criar significado, construir conhecimento e tomar decisões**. Tradução Eliana Rocha. São Paulo: Senac, 2003. *Ciência da Informação*, Brasília, v. 34, n. 2, p. 93-104, maio/ago. 2005.

CNI (2018), **Investimentos brasileiros na indústria 4.0**, Confederação Nacional da Indústria, Brasília, https://bucketgwcnistaticcmssi.s3.amazonaws.com/media/filer_public/8b/0f/8b0f5599-9794-4b66-ac83-e84a4d118af9/investimentos_em_industria_40_junho2018.pdf

COHEN, W. M.; LEVINTHAL, D. A. **Absorptive Capacity: A new perspective on learning and innovation**. *Administrative Science Quarterly*, v. 35, p. 128-152, 1990.

COLE, C; COOPER, T; GNANAPRAGASAM, A. **Extending produce lifetimes through WEEE reuse and repair: Opportunities and challenges in the UK**. Proc. Electronics Goes Green 2016, Berlin, Germany, 7 9 September 2016, 9.

COLLIS, J.; HUSSEY, R. **Pesquisa em Administração: um guia**. Tradução de Lucia Simonini. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

CONTRACTOR, F. J.; LORANGE, P. **The growth of alliances in the knowledge-based economy**. *International Business Review*, v. 11, nº 4, p. 485-502, Ago. 2002. *Cooperação Empresarial-: Estratégias de Gestão na Nova Economia*. Porto Alegre: Bookman, 2016.

COOPER, D. R.; SCHINDLER, P. S. **Métodos de Pesquisa em Administração**. 7ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2004.

COOPER, T. Inadequate life? **Evidence of consumer attitudes to product obsolescence**. J. Consume. Policy, v.27, n.4, p.421–449, 2004.

COSTA, José Fernando Andrade. **Articulação entre pesquisa, ensino e extensão: um desafio que permanece**. Revista Ciência em Extensão, v. 14, n. 2, p. 9-19, 2018.

CRÉPIN, A., Biggs, R., Polasky, S., Troell, M., Zeeuw, A., 2012. **Regime shifts and management**. Ecol. Econ. 84 (2012), 15–22.

CRESWELL, J. W. **Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches**. 2. ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2007.

CROSS, R.; SPROULL, L. **More than an answer: Information relationships for actionable knowledge**. Organization Science, v, 15, n. 4, 446-462, 2004.

DEFRA (2011). WR 0608 **Emissions from Waste Management Facilities**: Department for Environment, Food and Rural Affairs.

DEN HOLLANDER, M. C. Forthcoming. Managing obsolescence— **Extending product lifetimes in a circular economy**. Doctoral thesis, University of Technology Delft, Faculty of Industrial Design Engineering, Delft, the Netherlands 2017.

DIJKSMA, S.A.M., KAMP, H.G.J., 2016. **A Circular Economy in the Netherlands by 2050**. Available at: https://www.government.nl/binaries/government/documents/policynotes/2016/09/14/a-circular-economy-in-the-netherlands-by-2050/17037+Circulaire+Economie_EN.PDF.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; MIGUEL, P. A. C. Uma Análise Distintiva entre o Estudo de Caso, A Pesquisa-Ação e a Design Science Research. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, v. 17, n. 56, p. 1116-1133. DOI: <http://dx.doi.org/10.7819/rbgn.v17i56.2069>

DUARTE, A. Y. S. **Gerenciamento da demanda em ti**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) apresentada na Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP/SP. 2017.

DUARTE, S., CRUZ-MACHADO, V. Exploring linkages between lean and green supply chain and the industry 4.0. In: **International Conference on Management Science and Engineering Management**, Springer, Cham, July, pp. 1242–1252, 2017.

DUBEY, R., GUNASEKARAN, A., PAPADOPOULOS, T., Childe, S. J., Shibin, K. T., Wamba, S. F., 2017. Sustainable supply chain management: framework and further research directions. **J. Clean. Prod.** 142 ,1119–1130.

EISENHARDT, K. M. Building **Theories from Case Study Research**. The Academy of Management Review, v. 14, n. 4, p. 532–550, 1989.

ELKINGTON, J., 1994. **Towards the sustainable corporation: win-win-win business strategies for sustainable development**. Calif. Manage. Rev. 36(2), 90–100.

EMF Ellen MacArthur Foundation 2015a. **Growth Within: a circular economy vision for a competitive Europe.** Cowes, Isle of Wight.

EMF Ellen MacArthur Foundation, 2012. **Towards the Circular Economy**, Report vol. 1

EMF Ellen MacArthur Foundation, 2013. **Towards the Circular Economy**.< <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthurFoundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>>

EMF Ellen MacArthur Foundation, 2013a. **Towards the Circular Economy**, vol. 2 (Isle of Wight).

EMF Ellen MacArthur Foundation, 2013b. **Towards the Circular Economy**, vol. 1 (Isle of Wight).

EMF Ellen MacArthur Foundation. 2014. **Towards the circular economy 3—Accelerating the scale-up across global supply chains.** www.ellenmacarthurfoundation.org/Publications.

EMF Ellen MacArthur Foundation. 2015(c). **“Ecovative.”** Accessed June, 2015.http://www.ellenmacarthurfoundation.org/case_studies/ecovative

EMF Ellen MacArthur Foundation.(2015b).**Case Studies.**

FERNANDES L. A.; GOMES, J. M. M. Relatório de pesquisa nas Ciências Sociais: **Características e modalidades de investigação.** ConTexto, Porto Alegre, v. 3, n. 4, 2003.

FLEURY, Afonso; FLEURY, Maria Thereza Leme. **A arquitetura das redes empresariais como função do domínio de conhecimentos.** In: Amato Neto, João (Org). *Redes Entre Organizações.* São Paulo: Atlas, 2005.

FOLKE, C., 2006. **Resilience: the emergence of a perspective for social-ecological systems analyses.** Glob. Environ. Chang. 16 (2006), 253–267.

FOLTYNOWICZ, Z., 2018. **Circular solution to boost the sustainability.** In: **XXI IGWT Symposium - Sustainability, Quality and Innovation: A Global View of Commodity Sciences.** Roma, Italy, 20-25 September 2018. Roma: Università degli Studi di Roma Tre.

FOSTER, Allan; Roberto, SOUZA, Samanta; IGARI, Alexandre Toshiro. **Economia Circular e resíduos sólidos: uma revisão sistemática sobre a eficiência ambiental e econômica.** São Paulo. Disponível em:< <http://engemausp.submissao.com.br/18/anais/arquivos/115.pdf>>.

FRANK, A. G., DALENOGARE, L. S., & AYALA, N. F. (2019). Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. **International Journal of Production Economics**, **210**, 15-26.

FROSCH, D., GALLOPOULOS, N., 1989. **Strategies for manufacturing.** Sci. Am. 261 (3), 94–102 (September 1989).

FUSSLER, Claude. Driving eco-innovation: a breakthrough discipline for innovation and sustainability. **Financial Times Management**, 1996.

GALBRAITH, Jay R. **Projetando a organização inovadora. In: STARKEY, Ken (Ed.). Como as organizações aprendem: relatos do sucesso das grandes empresas.** São Paulo: Futura, 1997. p. 190-218.

GANZAROLI, A. *et al.* The combined effect of technological relatedness and knowledge utilization on explorative and exploitative invention performance post-M & A. *European Journal of Innovation Management*, v. 19, n. 2, p. 167-188, 2016.

GEISENDORF, Sylvie; PIETRULLA, Felicitas. The circular economy and circular economic concepts—a literature analysis and redefinition. **Thunderbird International Business Review**, 2017.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. Métodos de pesquisa. coordenado pela Universidade Aberta do Brasil–UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica–Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. Porto alegre: Editora da UFRGS, v. 2, n. 0, p. 0, 2009.

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

GHOBAKHLOO, M. (2018). The future of manufacturing industry: A strategic roadmap toward Industry 4.0. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 29(6), 910-936

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 5 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GIL, A. C. **Metodologia científica.** São Paulo, v. 3, 2002.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GILCHRIST, A. (2016). **Industry 4.0: the industrial internet of things.** Heidelberg: Springer.

GODOY, A. S. **Estudo de caso qualitativo. Pesquisa qualitativa em estudos organizacionais: paradigmas, estratégias e métodos.** São Paulo: Saraiva, 2006.

GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de administração de empresas**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 20-29, 1995c

GONÇALVES, Sandro.C.(2019). **Circular Economy: Analysis And Applicability In Organizations In The Stakeholders Theory Point Of View**
https://www.universidadebrasil.edu.br/portal/_biblioteca/uploads/20200313211245.pdf

GONZALEZ, R. V. D.; MARTINS, M. F.; Toledo, J. C. Managing knowledge in a service

provider: A network structure-based model. **Journal of Knowledge Management**, v. 18, n. 3, p. 611-630, 2014

GOVINDAN, K., e HASANAGIC, M. (2018). A systematic review on drivers , barriers , and practices towards circular economy : a supply chain perspective. **International Journal of Production Research**, 7543, 1–34. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1402141>.

GRAEDEL, T.E., 1996. **On the concept of industrial ecology**. Annu. Rev. Energy Environ.

GRANDORI, A.; SODA, G. **Inter-firm networks: antecedents, mechanisms and forms**. Organization Studies, v. 16, n. 2, p. 183-214, 1995.

GRANOVETTER, M. Economic action and social structure: The problem of embeddedness. **The American Journal of Sociology**, v. 91, n. 3, p. 481-510, 1985.

GULATI, R. Alliances and Network. **Strategic Management Journal**, v. 19, n. 4, p. 293-317, 1998.

GULTOM, D. I. **Community based disaster communication: How does it become trustworthy?** Disaster Prevention and Management, v. 25, n. 4, p. 478-491, 2016

GUNASEKARAN, Angappa e IRANI, Zahir (2014) Sustainable Operations Management: design, modelling and analysis, **Journal of the Operational Research Society**, 65:6, 801-805, DOI: 10.1057/jors.2014.26.

GUPTA, P. (2019). **Modularidade facilitadores: uma ferramenta para a Indústria 4.0. Ciclo de Vida Confiabilidade e Engenharia de Segurança**, 8 (2), 157-163. doi: 10,1007 / s41872-018-0067-3

HAAS, W., Krausmann, F., WIEDENHOFER, D., Heinz, M., 2015. How circular is the global economy? An assessment of material flows, waste production, and recycling in the European Union and the world in 2005. **J. Ind. Ecol.** 19 (5), p765–p777.

HANCHER, L., MORAN, M., 1989. **Capitalism, Cultura e regulação econômica**. Oxford University Press, Oxford, Reino Unido .

HANNEMAN, R. **Introduction to social network methods**. 2001.

HAWKEN, P., Lovins, A., Lovins, H.L., 2008. **Natural Capitalism: Creating the Next Industrial Revolution (BackBay)**.

HAWRYSZKIEWYCZ, Igor T. **Knowledge sharing through workspace networks**. In: ACM SIGCPR CONFERENCE ON COMPUTER PERSONNEL RESEARCH, 1999, Louisiana. Proceedings... Sydney: University of Technology, 1999. p. 79-85.

HECKLAU, Fabian et al. **Holistic approach for human resource management in Industry 4.0**. Procedia CIRP, v. 54, p. 1-6, 2016.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. **Design principles for industrie 4.0 scenarios**. Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences, v. 2016-March, p. 3928–3937, 2016.

HERMANN, M; PENTEK, T; OTTO, B. **Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review**. Working paper, 2015.

HOLMSTRÖM, J., ROMME, A. G. L., 2012. **Five steps towards Exploring The Future Of operations management**. Oper. Manage Res. 5(1–2), 37–42.

HOPALI, E. e VAYVAY, Ö. (2018), “ **Indústria 4.0 como última revolução industrial e suas oportunidades para países em desenvolvimento** ”, em Brunet-Thornton, R. e Martinez, F. (Eds), *Analisando os impactos da indústria 4.0 em ambientes de negócios modernos*, IGI Global, Hershey, PA, pp. 6580,

HUPPES, G., ISHIKAWA, M., 2009. **Eco-efficiency guiding micro-level actions towards sustainability: ten basic steps for analysis**. Ecol. Econ. 68 (2009), 1687–1700.

HUSTAD, Eli. **Knowledge networking in global organizations: the transfer of knowledge**. In: SIGMIS CONFERENCE ON COMPUTER PERSONNEL RESEARCH, 2004, Tucson. Proceedings... Norway: Agder University College, 2004. p. 55-64.

HWANG, E. H.; Sinh, P. V.; ARGOTE, L. **Knowledge sharing in online communities: Learning to cross geographic and hierarchical boundaries**. Organization Science, v. 26, n. 6, p. 1593-1611, 2015.

JABBOUR, Ana Beatriz Lopes de Souza et al. **When titans meet–Can industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave?** The role of critical success factors. Technological Forecasting and Social Change, v. 132, p. 18-25, 2018.

JABBOUR, Ana Beatriz Lopes de Souza; JABBOUR, Charbel Jose Chiappetta; GODINHO Filho, Moacir; ROUBAUD, David. **Industry 4.0 and the circular economy: a proposed research agenda and original roadmap for sustainable operations**. Annals of Operations Research. 1-14, 2018a.

JABBOUR, C. J. C. et al. **First-mover firms in the transition towards the sharing economy in metallic natural resource-intensive industries: Implications for the circular economy and emerging industry 4.0 technologies**. Resources Policy, [s. l.], v. 66, 2020. a.

JABBOUR, C. J. C. et al. Stakeholders, innovative business models for the circular economy and sustainable performance of firms in an emerging economy facing institutional voids. **Journal of Environmental Management**, [s. l.], v. 264, n. February, p. 110416, 2020. b. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110416>.

JABBOUR, C. J. C., MAURICIO, A. L., LOPES, A. B., 2017. Critical success factors and green supply chain management proactivity : shedding light on the human aspects of this relationship based on cases from the Brazilian industry. **Prod. Plan. Control** 28, 671– 683. doi:10.1080/09537287.2017.1309705.

JAYARAMAN, Vaidyanathan; ROSS, Anthony D.; AGARWAL, Anurag. Role of information technology and collaboration in reverse logistics supply chains. **International Journal of Logistics: Research and Applications**, v. 11, n. 6, p. 409-425, 2008.

JELINSKI, L.W., GRAEDEL, T.E., Laudise, R.A., McCall, D.W., Patel, C.K.N., 1992. Industrial ecology: concepts and approaches. **Proc. Natl. Acad. Sci.** 89, 793–797 (February 1992).

JESUS, A. de, e MENDONÇA, S. (2018). Lost in Transition? Drivers and Barriers in the Ecoinnovation Road to the Circular Economy. **Ecological Economics**, (145), 75–89.

JICK, Todd D. 1979 **Process and Impacts of a Merger: Individual and Organizational Perspectives**. Doctoral dissertation, New York State School of Industrial and Labor Relations, Cornell University.

KAGERMANN, W. WAHLISLER, J. HELBIG, “**Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0**”, Frankfurt, 2013.

KALMYKOVA, Y., SADAGOPAN, M., & ROSADO, L. **Circular economy – From review of theories and practices to development of implementation tools**. Resources, Conservation and Recycling, 2017.

KANG, H. S. Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions. **International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology**, v.3, n. 1, p. 111-128, 2016.

KHAN, M., WU, X., XU, X., DOU, W. **Big data challenges and opportunities in the type of Industry 4.0**. In: 2017 IEEE International Conference on Communications (ICC), May, IEEE, pp. 1–6, 2017.

KIRCHHERR, J., PISCICELLI, L., BOUR, R., KOSTENSE-Smit, E., MULLER, J., Huibrechtse-Truijens, A. and Hekkert, M., 2018. Barriers to the circular economy: evidence from the European Union (EU). **Ecological Economics**, 150, 264-272.

KIRCHHERR, J.; REIKE, D.; HEKKERT, M. **Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions**. Resour. Conserv. Recycl. 2017, 127.

KORHONEN, J., 2001. Four ecosystem principles for an industrial ecosystem. **J. Clean. Prod.** Vol. 9/3 (2001), 253–259.

KORHONEN, J., HONKASALO, A. and SEPPÄLÄ, J., 2018. Circular economy: the concept and its limitations. **Ecological Economics**, 143, 37-46.

KRUGLIANSKAS, Isak; TERRA, José Cláudio Cyrineu. **Gestão do conhecimento em pequenas e médias empresas**. São Paulo: Negócio, 2003.

LACERDA, D. P., DRESCH, A., PROENÇA, A., & ANTUNES, J. (2013). **Design science research: A research method to production engineering**. *Gestão & Produção*, 20(4), 741–761.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LANKAO, PR (2007), “ **Estamos perdendo o ponto? Particularidades da urbanização, sustentabilidade e emissões de carbono em cidades latino-americanas** ”, *Meio Ambiente e Urbanização*, Vol. 19 No. 1, pp. 159-175.

LASI, H., FETTKE, P., KEMPER, H.G., FELD, T. and HOFFMANN, M. (2014) **Industry 4.0**. *Business & Information Systems Engineering*, 6, 239-242.

LEFEBVRE, V. M. et al. Social capital and knowledge sharing performance of learning networks. **International Journal of Information Management**, v. 36, p. 570-579, 2016.

LEONARD-BARTON, D. (1990). **A Dual Methodology for Case Studies: Synergistic Use of a Longitudinal Single Site with Replicated Multiple Sites**. *Organization Science*, 1(3), 248-266.

LEONARDI, J.; BASTOS, R. C. **Bases epistemológicas da teoria de criação de conhecimento organizacional**. *Perspectivas em Gestão & Conhecimento*, v. 4, n. 2, p.3-18, 2014.

LIAO, C.; CHUANG, S. H.; TO, P. L. How knowledge management mediates relationship between environment and organizational structure. **Journal of Business Research**, v. 64, p. 728-736, 2011.

LIBONI, L.B., LIBONI, L.H.B. and CEZARINO, L.O. (2018), “**Electric utility 4.0: trends and challenges towards process safety and environmental protection**”, *Process Safety and Environmental Protection* Vol.11 pp.593605, available at: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.05.027>

LIBONI-Amui, L.B.L., JABBOUR, C.J.C., de Sousa JABBOUR, A.B.L. and Kannan, D. (2017), “Sustainability as a dynamic organizational capability: a systematic review and a future agenda toward a sustainable transition”, **Journal of Cleaner Production**, Vol. 142, pp. 308-322.

LIEDER, M., RASHID, A., 2016. Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. **J. Clean. Prod.** 115, 36–51.

LIFSET, R., GRAEDEL, T.E., 2001. **Industrial ecology: goals and definitions**. In: Ayres, R.U., Ayres, L. (Eds.), *Handbook for Industrial Ecology*. Edward Elgar, Brookfield.

LIU, Y. and BAI, Y., 2014. **An exploration of firms’ awareness and behavior of developing circular economy: An empirical research in China**. *Resources, Conservation and Recycling*, 87, 145-152.

LÓPEZ-Sáez, P. et al. External knowledge acquisition processes in knowledge-intensive clusters. **Journal of Knowledge Management**, v. 14, n. 5, p. 690-707.

LU, Y. Industry 4.0: a survey on technologies, applications and open research issues. **Journal of Industrial Information Integration**, v.6, p.110, 2017. lup.lub.lu.se/search/ws/files/33914256/MISTRA_REES_Drivers_and_Barriers_Lund.

LUTHRA, S. e MANGLA, S., K. **Evaluating challenges to Industry 4.0 initiatives for supply chain sustainability in emerging economies**. Process Safety and Environmental Protection, vol. 117, pp. 168-179, 2018.

LUTHRA, S. e MANGLA, SK (2018), “ **Quando as estratégias importam: adoção de uma cadeia de suprimentos sustentável práticas de gestão em uma economia emergente**”, Recursos, conservação e reciclagem, Vol. 138, pp. 194-206

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARSHALL, Alex. **The Surprising Design of Market Economies**. University of Texas Press, 2012.

MARTINS, Gilberto de Andrade. **Manual para Elaboração de Monografias e Dissertações**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

MARTINS, E. C.; MEYER, H. W. J. Organizational and behavioral factors that influence knowledge retention. **Journal of Knowledge Management**, v. 16. n. 1, p. 77-96, 2012

MASI, D., KUMAR, V., GARZA-Reyes, J.A., Godsell, J., 2018. **Towards a more circular economy: exploring the awareness, practices, and barriers from a focal firm perspective**. Prod. Plan. Control 29, 539–550. <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1449246>.

MASLARIĆ, M.; NIKOLIČIĆ, S.; MIRČETIĆ, D. **Logistics Response to the Industry 4.0: the Physical Internet**. Gruyter. Novi Sad, Servia, p. 511-517. ago. 2016.

MATTOS, C. A. De, LOURENÇO, T., & ALBUQUERQUE, M. De. (2018). **Enabling Factors and Strategies for the Transition Toward a Circular Economy (CE)**. Sustainability, 10(4628). <https://doi.org/10.3390/su10124628>.

MCDONOUGH, W., BRAUNGART, M., 2003. **Toward a Sustaining Architecture for the 21st Century: The Promise of Cradle to Cradle Design** (Industry & Environment).

MCDOWALL, W. et al., 2017. **Circular economy policies in China and Europe**. J. Ind. Ecol., 21(3), pp.651–661. Available at: <https://doi.org/10.1111/jiec.12597>.

MCKINSEY. Industry 4.0 at McKinsey’s model factories: Get ready for the disruptive wave. 2018.

MENTZER, J. T.; FLINT, D. J. Validity in Logistics Research. **Journal of Business Logistics**, v. 18, n. 1, p. 199–217, 1997.

MEYER, G. G.; (HANS) WORTMANN, J. C.; SZIRBIK, N. B. Production monitoring and control with intelligent products. **International Journal of Production Research**, v. 49, n. 5, p. 1303–1317, 2011.

MILIOS, L., 2017. **Advancing to a circular economy: three essential ingredients for a comprehensive policy mix**. *Sustain. Sci.*, pp. 1–18. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11625-017-0502-9>.

MILLAR, N., MCLAUGHLIN, E. and BÖRGER, T., 2019. The Circular Economy: Swings and Roundabouts? **Ecological Economics**, 158, pp.11-19.

MINAYO, M. C. S. de., SOUZA, E. R. de., & SANTOS, N. J. dos. (2005). **Avaliação por triangulação de métodos: abordagem de programas sociais** (pp. 71-103). Rio de Janeiro:Fiocruz.

MOKTADIR, Md & Ali, Syed MITHUN & Rajagopal, Rajesh & Paul, Sanjoy. (2018). Modeling the interrelationships among barriers to sustainable supply chain management in leather industry. **Journal of Cleaner Production**. 181. 631-651. 10.1016/j.jclepro.2018.01.245.

MONT, O., et al., 2017. **Business model innovation for a circular economy drivers and barriers for the Sewdsh Industry**.

MORAGA, G., HUYSVELD, S., MATHIEUX, F., BLENGINI, G.A., Alaerts, L., VAN ACKER, K., Meester, S., Dewulf, J., 2019. **Circular economy indicators: What do they measure?** *Resources Conservation and Recycling*, 146, pp. 452-461.

MURRAY, A., SKENE, K., & HAYNES, K. (2017). The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. **Journal of Business Ethics**, 140(3), 369–380. <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2693-2>.

NASCIMENTO, D. L. M., ALENCASTRO, V., QUELHAS, O. L. G., CAIADO, R. G. G., GARZA-REYES, J. A., ROCHA-LONA, L., & TORTORELLA, G. (2019). **Exploring Industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing context: A business model proposal**. **Journal of Manufacturing Technology Management**, 30(3), 607-627.

NESS, D. Sustainable urban infrastructure in China: Towards a Factor 10 improvement in resource productivity through integrated infrastructure system. **Int. J. Sustain. Dev. World Ecol.** 2008, 15, 288–301.

NEVES, J. L. Pesquisa qualitativa – características, usos e possibilidades. **Caderno de Pesquisas em Administração**, São Paulo, v. 1, n. 3, 1996.

NOHRIA, N.; ECCLES, R. **Networks and organizations: Structure, form, and action**. Boston: Harvard Business School, 1992.

NYE, D. (1990), **Electrifying America: Social meanings of a new technology**. Cambridge: MIT Press.

O FUTURO DAS COISAS, 2018. ONLINE.<Disponível em:<http://ofuturodascoisas.com/wp-content/uploads/2016/09/Ind%C3%BAtria-4.0.png>. Acesso em maio de 2020.

OLIVEIRA, FR De, FRANÇA, SLB e RANGEL, LAD (2018), “ **Desafios e oportunidades em uma circular economia para um arranjo produtivo local de móveis no Brasil** ”, Recursos, conservação e reciclagem, Vol. 135, agosto, pp. 202-209.

PAGOROPOULOS, A.; PIGOSSO, D. C. A.; MCALOONE, T. C. **The Emergent Role of Digital Technologies in the Circular Economy: A Review**Procedia CIRP, 2017.

PARK, J., et al. (2010). "Creating integrated business and environmental value within the context of China's circular economy and ecological modernization." **Journal of Cleaner Production** 18(15): 1494-1501.

PAULI, G., 2010. **Blue Economy: 10 Years, 100 Innovations, 100 Million Jobs**. Paradigm Pubns.

PHEIFER, A.G., 2017. **Barriers and Enablers to Circular Business Models**. Available at: <https://www.circulairondernemen.nl/uploads/4f4995c266e00bee8fdb8fb34fbc5c15.pdf>

POMPONI, F, MONCASTER, A., 2017. Circular economy for the built environment: A researchframework. **J. Clean. Prod.** 143, 710 –7 18 . <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.055>.

PRENDEVILLE, S., CHERIM, E., & BOCKEN, N. (2018). **Circular cities: mapping six cities in transition. Environmental innovation and societal transitions**, 26, 171-194. doi: 10.1016/j.eist.2017.03.002.

PRIETO-SANDOVAL, Vanessa; JACA, Carmen; ORMAZABAL, Marta. Towards a consensus on the circular economy. **Journal of Cleaner Production**, v. 179, p. 605-615, 2018.

PROVAN, K.; KENIS, P. Modes of network governance: Structure, management, and effectiveness. **Journal of Public Administration Research and Theory**, v.18, n.2, p.229-252, 2008.

PWC (2016), “ **Indústria 4.0: digitalização como vantagem competitiva no Brasil** ”, disponível em: www.pwc.com.br/pt/publicacoes/servicos/assets/consultoria-negocios/2016/pwc-industry-4-survey-16.pdf

QUEIROZ, M. M. et al. Industry 4.0 and digital supply chain capabilities. Benchmarking: An **International Journal**, [s. l.], v. ahead-of-p, n. ahead-of-print, 2019. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/BIJ-12-2018-0435/full/html>.

- QUEIROZ, MM , FOSSO Wamba, S. , MACHADO, MC., TELLES, R., (2020) Smart production systems drivers for business process management improvement: An integrative framework. **Business Process Management Journal**. p.3
- QUINA, M.J., SOARES, M.A.R. and QUINTA, Ferreira, R. (2017), “**Applications of industrial eggshell as a valuable anthropogenic resource**”, Resources, Conservation and Recycling, Vol. 123, pp. 176-186, doi: 10.1016/j.resconrec.2016.09.027.
- RANTA, V., AARIKKA-STENROOS, L., RITALA, P., & MAKINEN, S. J. (2018). **Exploring institutional drivers and barriers of the circular economy: A cross-regional comparison of China, the US, and Europe**. Resources, Conservation and Recycling, 135, 70–82.
- RASHID, MHA, AHMAD, FS e OTHMAN, AK (2014), “ **A recuperação do serviço afeta o cliente satisfação? Um estudo sobre a indústria de varejo co-criada** ”, Procedia-Social and Behavioral Sciences, Vol. 130, pp. 455-460
- RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- RIDDER, Hans-Gerd; HOON, Christina; MACCANDLESS, Alina Baluch. **The theoretical contribution of case study research to the field of strategy and management** 2009.SP - 137 EP - 175 T1 - VL - 5 DOI - 10.1108/S1479-8387(2009)0000005007 JO - Research Methodology in Strategy and Management.
- RITZÉN, S. e ÖLUNDH, G., 2016. **Barreiras para a Economia Circular - integração de perspectivas e domínios**, Procedia CIRP. Elsevier, 64, 7-12.
- RITZÉN, Sofia; SANDSTRÖM, Gunilla Ölundh. **Barriers to the Circular Economy– Integration of Perspectives and Domains**. Procedia CIRP, v. 64, p. 7-12, 2016.
- RIZOS, V.; BEHRENS, A.; VAN DER Gaast, W.; HOFMAN, E.; IOANNOU, A.; Kafyeke, T.; Topi, C. **Implementation of circular economy business models by small and medium-sized enterprises (SMEs): Barriers and enablers**. Sustainability 2016, 8, 1212.
- ROBLEK, V., MESKO, M., & KRAPEŽ, A. (2016). **Uma visão complexa da indústria 4.0**. Sábio Open, 6 (2), 1-11. Schou, C., Andersen, RS, Chrysostomou, D., Bøgh, S., & Madsen, O. (2018). Instrução baseado na habilidade de robôs de colaboração em ambientes industriais. Robótica e Computer-Integrated Manufacturing, 53 (1), 72- 80.
- ROSSETTI, Adroaldo Guimarães; MORALES, ARAN BEY Tcholakian. **O papel da tecnologia da informação na gestão do conhecimento**. Ciência da Informação, Brasília, v. 36, n. 1, p. 124-135, jan./abr. 2007. 2010.
- ROWLEY, J. Unlocking value for a circular economy through 3D printing: **A research agenda**. Technological Forecasting and Social Change, 115, 75-84, 2017.

- SAIDANI, M., YANNOU, B., LEROY, Y., CLUZEL, F., & KENDALL, A. (2019). A taxonomy of circular economy indicators. **Journal of Cleaner Production**, 207, 542-559. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.10.014.
- SANTO, Renata Andreia Dionísio .**Entraves à implementação da Economia Circular nas empresas da Região de Leiria**. 2019.p.22, <http://hdl.handle.net/10400.8/4625>.
- SARVARY, Miklos. Knowledge Management and Competition in the Consulting Industry. Berkeley: California Management Review, v. 41, nº 2, p. 95-107, Winter, 1999.
- SCHEEL, C., (2016) Beyond sustainability. Transforming industrial zero-valued residues into increasing economic returns. **Journal of Cleaner Production**. 131, 376 - 386.
- SCHULZ, Martin. The Uncertain Relevance of Newness: Organizational Learning and Knowledge Flows. Briarcliff Manor: **Academy of Management Journal**, v. 44, nº 4, p. 661-681, Ago. 2001
- SCHWAB, Klaus. **The Fourth Industrial Revolution**. Geneva: World Economic Forum, 2016.
- SEHNEM, S., VAZQUEZ-BRUST, D. , PEREIRA, SCF e CAMPOS, LMS (2019), "**Economia circular: benefícios, impactos e sobreposição**", Supply Chain Management , vol. 24 No. 6, pp. 784-804. <https://doi.org/10.1108/SCM-06-2018-0213>.
- SEHNEM, S. et al. **Circular economy in the wine chain production: maturity, challenges, and lessons from an emerging economy perspective**. Production Planning and Control, [s. l.], 2019 a.
- SEHNEM, S. et al. **Circular economy: benefits, impacts and overlapping**. Supply Chain Management, [s. l.], v. 24, n. 6, p. 784–804, 2019. b.
- SEHNEM, S. et al. **Improving sustainable supply chains performance through operational excellence: circular economy approach**. Resources, Conservation and Recycling, [s. l.], v. 149, p. 236–248, 2019c.
- SELLITTO, Miguel Afonso. Assessment of the effectiveness of green practices in the management of two supply chains. **Business Process Management Journal**, v. 24, n. 1, p. 23-48, 2018.
- SELLTIZ, C. et. al. **Métodos de pesquisa nas relações sociais**. São Paulo: EPU, 1965.
- SELLTIZ, WRIGHTSMAN & COOK. **Métodos de pesquisa nas relações sociais**. São Paulo: E.P.U., 1987, vol. 1 (Caps. 2 e 3, pp. 11/48).
- SHI, H., PENG, S. Z., LIU, Y., e ZHONG, P. (2008). Barriers to the implementation of cleaner production in Chinese SMEs: government, industry and expert stakeholders' perspectives. **Journal of Cleaner Production**, 16 (7), 842–852. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2007.05.002>
- SHROUF, Fadi; ORDIERES, Joaquin; MIRAGLIOTTA, Giovanni. **Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm**. In: Industrial Engineering and

Engineering Management (IEEM), 2014 IEEE International Conference on. IEEE, 2014. p. 697-701.

SILVA, V. L., KOVALESKI, J. L., & PAGANI, R. N. (2019). **Technology transfer in the supply chain oriented to industry 4.0: a literature review**. *Technology Analysis & Strategic Management*, 31(5), 546-562

SILVEIRA, Cristiano; LOPES, Guilherme. O que é indústria 4.0. Citisystems, nov/2016.
SMOL, M., KULCZYCKA, J., HENCLIK, A., GORAZDA, K. and WZOREK, Z. (2015), “The possible use of Sewage Sludge Ash (SSA) in the construction industry as a way towards a circular economy”, **Journal of Cleaner Production**, Vol. 95, pp. 45-54, doi: 10.1016/j.jclepro.2015.02.051.

SOY, S., **The Case Study as a Research Method**. At: <http://www.gslis.utexas.edu/wssoy/usesusers/l391d1b.htm> 1997.

SOETANO, D. Examining change in entrepreneurial networks: using visualization as an alternative approach. **European Management Journal**, v. 37, n. 2, p. 139-150, 2019.

STAHEL, W., 2010. **The Performance Economy**. Palgrave Macmillan (349 p).

STAHEL, W.R., 2006. **The Performance Economy**. Palgrave Macmillan

STAHEL, Walter R. **The circular economy**. *Nature*, v. 531, n. 7595, p. 435-438, 2016.

STEVENSON, R., EVANS, J.W., 2004. Editorial to: cutting across interests: cleaner production, the unified force of sustainable development. **J. Clean. Prod.** 12 (2004), 185–187

STOCK,T.,SELIGER,G.,2016.**Opportunities of sustainable manufacturing in Industry 4.0**. *ProcediaCIRP*40,536–541.

STOCKER, A. et al. MENSCH-zentrierte IKT-Lösungen in einer Smart Factory. **Elektrotechnik und Informationstechnik**, v. 131, n. 7, p. 207-211, 2014.

STOJKIĆ, z. et al. **A Concept of Information System Implementation within Industry 4.0**. Vienna, Áustria: DAAAM International, 2016.v

TICHY, N.; TUSHMAN, M.; FOMBRUN, C. **Social network analysis for organizations**. *Academy of Management Review*, Ada: v. 4, n. 4, p. 507- 519, 1979.

TORTORELLA, G. L., VERGARA, A. M. C., GARZA-REYES, J. A., & SAWHNEY, R. (2020). Organizational learning paths based upon industry 4.0 adoption: An empirical study with Brazilian manufacturers. **International Journal of Production Economics**, 219, 284-294.

TORTORELLA, L.G. and FETTERMAN, D. (2018), “**Implementation of industry 4.0 and lean production in Brazilian manufacturing companies**”, *International Journal of Production Research*, Vol. 56 No. 8, pp. 2975-2987, doi: 10.1080/00207543.2017.1391420

TRENTESAUX, D., MILLOT, P., **A human-centered design to break the myth of the Magic Human in Intelligent Manufacturing Systems**, in: **Service Orientation in Holonic and Multi-Agent Manufacturing, Studies in Computational Intelligence**. Springer, pp. 103–114. 2016.

TUKKER, A. (2015), “Product services for a resource-efficient and circular economy – a review”, **Journal of Cleaner Production**, Vol. 97 No. 12, pp. 76-91

TURA, N., HANSKI, J., AHOLA, T., STÅHLE, M., & PIIPARINEN, S. (2019). Unlocking circular business : A framework of barriers and drivers. **Journal of Cleaner Production**, 212, 90– 98. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.202>.

UPS; GREENBIZ. **The Growth of the Circular Economy**; Whitepaper United Parcel Service of America & GreenBiz Group:Oakland, USA, 2016.

UZZI, B. Social structure and competition in interfirm networks, the paradox of embeddedness. **Administrative Science Quarterly**, v. 42, n. 1, p. 35-67, 1997

VAN DIJK, A.; HENDRIKS, P.; ROMO-LEROUX, I. Knowledge sharing and social capital in globally distributed execution. **Journal of Knowledge Management**, v. 20, n. 2, p. 327-343, 2016.

VANNER, R., BICKET, M., WITHANA, S., TEN BRINK, P., RAZZINI, P., VAN DIJL, E., Watkins, E., Hestin, M., Tan, A., Guilche, S. and Hudson, C. (2014), “**Scoping study to identify potential circular economy actions, priority sectors, material flows and value chains**”, European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg, doi: 10.2779/29525.

VIEIRA. J.A. E HIROCO, F. Complexidade em Sistemas Econômico-Administrativos In. **Revista Acadêmica Multimática**, PUCSP, 2002.

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case Research in Operations Management. **Int. J. Oper. Prod. Manag.** 2002, 22, 195–219.

WAIBEL, M. W. et al. **Investigating the effects of smart production systems on sustainability elements**. *Procedia Manufacturing*, v. 8, p. 731-737, 2017. South Africa, v. 8, p. 731–737.

WANG, H.-F., & HUANG, Y.-S. (2013). A two-stage robust programming approach to demand-driven disassembly planning for a closed-loop supply chain system. **International Journal of Production Research**, 51(8), 2414–2432.

WELFORD, R., 1998a. **Corporate environmental management, technology and sustainable development: postmodern perspectives and the need for a critical research agenda**. *Bus. Strateg. Environ.* 7 (1), 1–12.

WHITE, G. R. T.; CICMIL, S. Knowledge acquisition through process mapping: Factors affecting the performance of work-based activity. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 65, n. 3, p. 302-323, 2016.

YANG, J. The knowledge management strategy and its effect on firm performance: A contingency analysis. **International Journal of Production Economics**, v. 125, n. 2, p. 215-223, 2010.

YIN, R. K. ; DAVIS, Darnella. **Adicionando novas dimensões às avaliações dos estudos de caso: O caso da avaliação de reformas abrangentes. Novas direções para avaliação** , v. 2007, n. 113, pág. 75-93, 2007.

YIN, R. K. (2001). **Estudo de caso: planejamento e métodos. Catalogação na publicação: Mônica Ballejo Canto** (Vol. 2). Porto Alegre: Bookman. <https://doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201>

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

YIN, R. K. **The case study crisis: some answers**. Administrative Science Quarterly, 26(1), 58-65, 1981.

YIN, R.K. **Estudo de Caso: Planejamento e métodos**. Bookman editora, 2015.

YIN, Y.; QIN, S. F. **A smart performance measurement approach for collaborative design in Industry 4.0**. Advances in Mechanical Engineering, v. 11, n. 1, p. 1–15, 2019.

ZHENG, P., SANG, Z., ZHONG, R. Y., LIU, Y., LIU, C., MUBAROK, K., XU, X. (2018). **Smart manufacturing systems for Industry 4.0: Conceptual framework, scenarios, and future perspectives**. Frontiers of Mechanical Engineering, 13(2), 137-150.

ZHU, Q., GENG, Y. e LAI, KH, 2010. Economia Circular entre os fabricantes chineses variando em cooperação cadeia de abastecimento ambiental-orientada e as implicações de desempenho. **Journal of Environmental Management**, 91 (6), 1324-1331

APÊNDICE 1 – PROTOCOLO DE PESQUISA

A) Visão geral do estudo de caso e finalidade do protocolo

a) Título

Conhecimento em Indústria 4.0 e Práticas de Economia Circular: Estudo de caso em uma rede de Resíduos Eletroeletrônicos

b) Objetivo Geral

Analisar como as interfaces existentes das tecnologias da indústria 4.0 e as práticas de Economia Circular explorando o conhecimento e a influência na utilização de práticas associadas à Economia Circular.

c) Objetivos Específicos

- Analisar se o conhecimento em Indústria 4.0 nas redes de descartes de resíduos eletrônicos auxiliam na adoção de práticas sustentáveis relacionadas à Economia Circular.
- Relatar se o de conhecimento em tecnologias da Indústria 4.0 impactam em práticas de Economia Circular.
- Reportar as barreiras e facilitadores do conhecimento em tecnologias da Indústria 4.0 em direção às práticas de Economia Circular.

d) Problema de Pesquisa

Como se estabelecem interfaces entre as tecnologias da Indústria 4.0 e as práticas de Economia Circular?

e) Estrutura do trabalho

1. Introdução.
2. Fundamentação Teórica
3. Metodologia
4. Análise e Discussão dos Resultados
5. Implicações
6. Considerações Finais
- Referências

B) Procedimentos de coleta de dados

a) Aspectos metodológicos

Pesquisa exploratória, com intuito de obter maior vínculo com o fenômeno adotando como estratégia o estudo de caso único com múltiplas unidades de análise (integrado), que orientará a busca sobre a dinâmica do conhecimento em Indústria 4.0 e práticas de Economia Circular.

b) Setor alvo

Rede de empresas que operam no setor de resíduos eletrônicos.

c) Organizações

Organizações que operam na triagem de resíduos eletroeletrônicos (lixo eletrônico, lixo tecnológico ou e-lixo) conveniada com empresas para essa finalidade.

d) Coleta de dados

Pesquisa realizada por meio de revisão da literatura, entrevista semiestruturada (questionário), dados secundários (documentos disponíveis em websites) e observação in loco.

e) Fontes dos dados e instrumentos de coleta de dados

1. Primárias

a) Profissionais das organizações que fazem parte da rede.

2. Secundárias

a) Internas: documentos e registros nos websites oficiais das empresas.

b) Externas: revisão de literaturas, website da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente e do Ministério do meio ambiente.

C) Questões do Estudo de Caso

As questões foram desenvolvidas com base nos aspectos teórico-conceituais

QUESTÕES (Q) ECONOMIA CIRCULAR

O modelo econômico ‘extrair, produzir, desperdiçar’ da atualidade está atingindo seus limites físicos. A Economia Circular é uma alternativa atraente que busca redefinir a noção de crescimento, com foco em benefícios para toda a sociedade. Isto envolve dissociar a atividade econômica do consumo de recursos

finitos, e eliminar resíduos do sistema por princípio. Apoiada por uma transição para fontes de energia renovável, o modelo circular constrói capital econômico, natural e social. Ele se baseia em três princípios: Eliminar resíduos e poluição desde o princípio; Manter produtos e materiais em uso; Regenerar sistemas naturais.

Q1. A Economia Circular, é um modelo sustentável de produção, distribuição e consumo que equilibra o relacionamento entre as empresas, os consumidores e os recursos naturais do planeta. Explique como funciona a reutilização, recuperação e/ou reciclagem dos resíduos eletrônicos entre sua organização e as organizações.

Q2. Os benefícios da Economia Circular são para todos (empresas e sociedade), que implementam este modelo de negócio. Detalhe como é o processo operacional de sua organização junto com as organizações relacionado a escolha dos produtos eletrônicos. Por exemplo, expedição, armazenamento, custos envolvidos, tecnologias para dar suporte na operação, etc.

Q3. Considerando que atividades da Economia Circular fazem parte do cotidiano da sua organização e das organizações, discorra sobre quais são as principais dificuldades na implementação da reciclagem, reutilização e redução dentro de sua organização e também na relação com as organizações.

QUESTÕES INDÚSTRIA 4.0

A Indústria 4.0 reúne uma série de tecnologias avançadas para tornar a produção mais flexível, inteligente e autônoma. Apesar de a automação não ser tão nova para a manufatura, a Indústria 4.0 agrega novos sistemas que levarão essa atividade a outro nível. Com isso, será possível produzir de forma muito mais rápida e eficiente, além de personalizar e variar a produção.

Q4. Podemos considerar como pilares da Indústria 4.0 o Big Data, a Internet das Coisas e a Inteligência Artificial, junto com Automação, Impressão 3D e outras inovações digitais. Muitas das empresas ainda não estão prontas para adotá-las, tornando-se assim um desafio para a sua implementação. Descreva quais tecnologias sua organização utiliza ou está pensando em utilizar para a gestão e operações relacionadas à resíduos eletrônicos.

Q5. Para as empresas que escolhem uma inovação da Indústria 4.0, realizar a implementação é uma tarefa que conta com inúmeras barreiras que precisam ser superadas. Comente sobre as

principais dificuldades para a sua organização em adotar alguma inovação tecnológica para as operações de resíduos eletrônicos.

Q6. Explique como sua organização adotou ou pretende adotar práticas da Indústria 4.0, e como o processo de oferecer treinamentos, e participação dos colaboradores influenciaram ou podem influenciar em resultados para melhorias.

QUESTÕES INTEGRAÇÃO INDÚSTRIA 4.0 E ECONOMIA CIRCULAR

Os processos produtivos, na questão do tratamento de resíduos eletrônicos, podem ser otimizados devido a existência de várias medidas e inovações que podemos aplicar com o objetivo de produzir com mais inteligência e racionalidade e identificando os rejeitos que podem ser reutilizados, produzindo uma Economia Circular e sua combinação e relação com a Indústria 4.0. Porém, para que esta implementação ocorra é preciso considerar a necessidade da transformação da sociedade.

Q7. A Indústria 4.0 e a práticas de Economia Circular possibilitam rastrear um material desde a produção inicial de um produto, até a utilização dele pelos usuários e à destinação dele para um novo ciclo de vida, permitindo a circularidade com muito mais eficiência e com menores custos. Descreva como sua organização está fazendo ou pretende implementar ações na gestão do ciclo de vida dos produtos.

Q8. Para a aplicação da Economia Circular e Indústria 4.0, a adoção de tecnologias de informações para a sustentabilidade nas redes de negócios e as práticas de gestão devem ser capazes de gerar conhecimento e o compartilhamento entre as organizações. Discorra como esse processo ocorre na sua organização junto as organizações.

Q9. As habilidades e qualificações da força de trabalho são fundamentais para o sucesso de uma empresa inovadora que requer conhecimentos em Indústria 4.0 e Economia Circular. Assim, o conhecimento pode melhorar e aprimorar as atividades entre os colaboradores. Explique como o conhecimento em tecnologias da Indústria 4.0 pode auxiliar sua organização em relação às práticas de Economia Circular.

Q10. A disponibilidade de uma base de conhecimento eficaz ainda é o gargalo na implementação da Economia Circular e os diferentes elementos da Indústria 4.0. Comente se este processo pode ser considerado um desafio importante entre sua organização e as organizações para o conhecimento, desenvolvimento e adoção da Economia Circular em resíduos eletrônicos.