

Tecnologias da Informação e Proposição de Valor para a Economia Circular: estudo com empresas do setor de gestão de resíduos

Information Technologies and Value Proposition to Circular Economy: study with companies
of waste management sector

Leonardo Medeiros Martins

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, Brasil.

INFOARTIGO

Palavras-chave:

Economia Circular,
Gestão de Resíduos,
Tecnologia da Informação,
Proposição de Valor.

RESUMO

A economia circular é um conceito que surge para enfatizar o máximo uso dos recursos na produção. Porém, o contexto do uso de tecnologias da informação para aplicar a economia circular é área a ser explorada pela literatura. Desse modo, o objetivo deste trabalho é investigar o papel das tecnologias da informação na proposição de valor de modelos de negócio inseridos na economia circular. Para tanto, foi feita uma pesquisa descritiva de natureza qualitativa que consistiu em uma pesquisa documental por meio da coleta de 62 documentos de 21 startups inseridas no setor de gestão de resíduos. A análise temática foi a técnica escolhida para analisar os dados bibliográficos e documentais. Como resultado, evidenciou-se que as funções de sensoriamento, monitoramento, conectividade e processamento podem incrementar o modelo de negócio para inovar setores tradicionalmente analógicos, principalmente através das tecnologias de internet das coisas, inteligência artificial, computação em nuvem e big data.

ARTICLE INFO

Keywords:

Circular Economy,
Waste Management,
Information Technology,
Value Proposition.

ABSTRACT

The circular economy is a concept that appears to highlight the maximum use of resources in production. However, the context of the use of information technologies to enable circular economy is an area to be explored by literature. So, the aim of the work is to investigate the role of information technologies in the value proposition of business models at circular economy. Therefore, it was done a descriptive study and research of qualitative nature that consisted in documental research through the collection of 62 documents of 21 startups inserted on the sector of waste management. The thematic analysis was the chosen technic to analyze the bibliographical and documental data. As result, it was evidenced that the sensing functions, tracking, connectivity and processing could increase the business model to innovate traditionally analogical sectors, principally through technologies such as internet of things, artificial intelligence, cloud computing and big data.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License Attribution-NonCommercial 4.0

International (CC BY-NC 4.0).

DOI: doi.org/10.51359/1679-1827.2021.252645

Correspondência para autor:

leonardo.martins.700@ufrn.edu.br (Martins, L.M.) (ORCID: [0000-0002-3337-4813](https://orcid.org/0000-0002-3337-4813))

1. Introdução

O padrão de consumo da atual sociedade é incompatível com a quantidade de recursos que o planeta pode oferecer. De acordo com ONU (2020b), é estimado uma população de 9,6 bilhões de habitantes em 2050, para o que seriam necessários quase 3 planetas Terra para manter a economia no nosso atual nível de consumo, a qual extraiu cerca de 85,9 bilhões de toneladas métricas de materiais em 2017 (ONU, 2020a). Este não é um cenário de debate recente, pois desde de a década de 1990, com o expoente da RIO 92, o tema do desenvolvimento sustentável já era ressaltado face o padrão de consumo da sociedade. Porém, ainda é um tema crítico para a sociedade, tendo em vista que em 2015 a ONU lançou os ODS, no qual o 12º trata especificamente do consumo responsável (ONU, 2015), dentro de sua Agenda 2030. De modo mais claro, o desenvolvimento sustentável preconiza o consumo da geração do presente de modo a não comprometer o desenvolvimento das gerações futuras (CMMAD, 1997).

Na linha do desenvolvimento sustentável, a economia circular é um conceito que surge para enfatizar o máximo uso e (re)aproveitamento dos recursos nos mais variados setores da economia (porém com foco à indústria), com zero desperdício e maior durabilidade dos materiais (FUNDAÇÃO ELLEN MACARTHUR, 2013). Mesmo tendo semelhanças, economia circular não é o mesmo que sustentabilidade. Com base em Sauv   et al. (2016), economia circular est   mais voltado para a concep  o de modelos de neg  cios fundamentados em pr  ticas da sustentabilidade, enquanto est     ltima    mais ampla e se relaciona com outros campos de conhecimento.

Al  m do aspecto do modelo de neg  cio, outro elemento de relev  ncia para o estudo da economia circular    a inova  o em tecnologias da informa  o e comunica  o (LACY, 2017; JABBOUR et al., 2018). Autores como Khitous et al. (2020) justificam a notoriedade desse elemento ao apontarem para as tecnologias da informa  o, especialmente da internet das coisas e big data, enquanto t  picos relevantes para as pesquisas futuras sobre economia circular. Ainda, Bressanelli et al. (2018, p. 216) comentam que h   “pouca aten  o em como as tecnologias da informa  o e comunica  o podem ser usadas para superar os desafios da economia circular”.

Por isso, o trabalho questiona qual    o papel das tecnologias da informa  o no modelo de neg  cio das empresas inseridas na economia circular, com base na proposi  o de valor, isto   , o conjunto da cria  o, entrega e captura de valor (OSTERWALDER & PIGNEUR, 2010)?

A contribui  o desse estudo, orientado pelo questionamento anterior, reside em, a princ  pio, entender melhor como a rela  o tecnologia–modelo de neg  cio opera na pr  tica para a economia circular, um campo de estudo recente e com predom  nio de trabalhos conceituais (KHITOUS, et al., 2020; BRESSANELLI et al., 2018).

Para tanto, o objetivo geral deste trabalho    “Investigar o papel das tecnologias da informa  o na proposi  o de valor de empresas do setor de gest  o de res  duos”. No intuito de atingi-lo, outros objetivos espec  ficos s  o incorporados, sendo respectivamente estes:

- (1) descrever a rela  o entre economia circular e tecnologias da informa  o;
- (2) investigar aspectos

do uso de tecnologias da informação em modelos de negócios da gestão de resíduos; e (3) analisar o papel das tecnologias da informação nos processos de criação, entrega e captura de valor.

2. Referencial teórica

2.1 Economia circular e gestão de resíduos

Quando se fala em economia circular é importante indagar também o que seria seu inverso, a economia linear. O atual modelo de produção não preza pela reinserção dos produtos e seus resíduos na cadeia produtiva, de modo a compor uma linha da extração, uso e descarte. A economia circular propriamente dita visa “fechar as pontas” desta linha, de modo a proporcionar um ciclo de extração, uso, descarte e reinserção.

De acordo com a Fundação Ellen MacArthur (2013), a economia circular pode ser definida sendo:

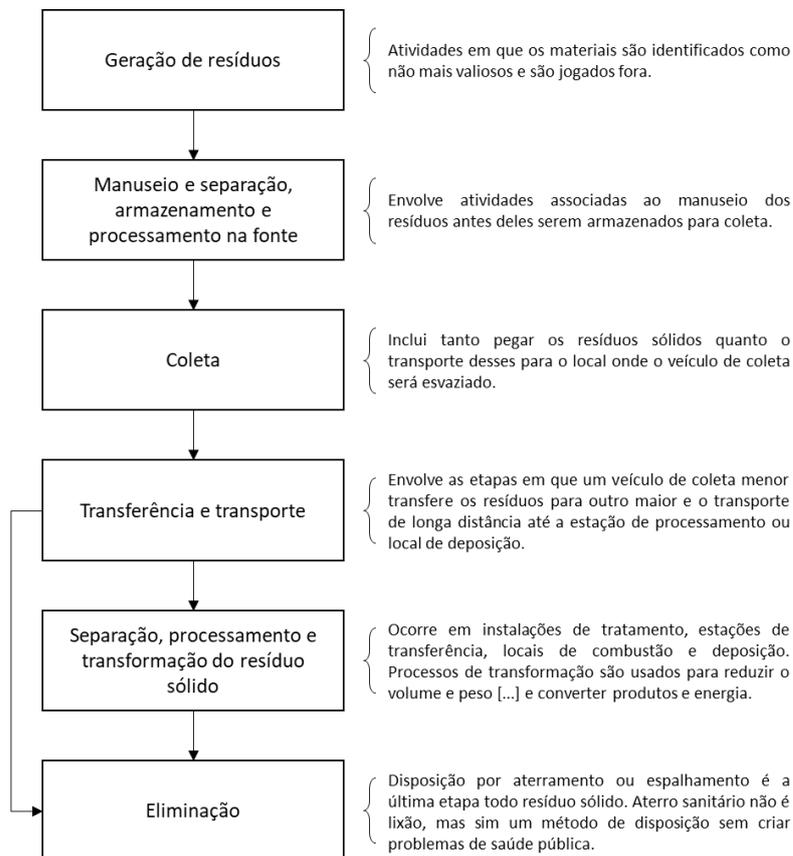
“[...] um sistema industrial que é restaurativo ou regenerativo por intenção e design. Ela substitui o conceito de “fim de vida” com restauração, altera para o uso de energia renovável, elimina o uso de químicos tóxicos, que prejudicam o reuso, e busca a eliminação de resíduos através do design superior dos materiais, produtos, sistemas, e, com isso, modelos de negócios” (FUNDAÇÃO ELLEN MACARTHUR, 2013, p. 14).

Esta definição ajuda a compreender como a economia circular possui relação com as práticas do desenvolvimento sustentável, por exemplo os 3Rs (reduzir, reutilizar e reciclar), frequentemente mencionados em publicações sobre economia circular (KIRCHERR, REIKE & HEKKERT, 2018). Nesse sentido as práticas de reduzir, reutilizar e reciclar seriam ações empregadas na cadeia produtiva para diminuir ao máximo a interferência do sistema econômico sobre os ciclos biológicos, de geração e recuperação dos recursos da natureza. Corroborando este pensamento, Pietro-Sandoval, Jaca & Ormazabal (2017) colocam que a economia circular representa uma mudança de paradigma no modo em que a humanidade se inter-relaciona com a natureza e objetiva prevenir o esgotamento dos recursos.

A economia circular se relaciona com o panorama urbano na medida em que as cidades são fontes de maior consumo de produtos industrializados, o que ocasiona o acúmulo poluidor de resíduos sólidos urbanos (RSU), quando não geridos, tratados e reciclados. Para ter uma noção da expansão urbana, a população mundial que vive em cidades, de 1950 a 2018, passou de 30% para aproximadamente 55%, o que representa 4 bilhões e 220 milhões de habitantes (DESA, 2019).

Tão logo, a gestão dos RSU para equilibrar a expansão e desenvolvimento da sociedade com o meio ambiente. Kreith e Tchobanoglous (2002) apresentam que a gestão de resíduos pode ser executada através de uma série de procedimentos, alocados dentro de 6 elementos fundamentais. Grosso modo, tais procedimentos englobam as práticas de coleta, transporte, armazenamento, tratamento e reciclagem e podem ser melhor entendidos na figura que segue.

Figura 1: Elementos funcionais da gestão de resíduos sólidos.



Fonte: Adaptado de Kreith e Tchobanoglous (2002) apud Martins (2021).

É pertinente comentar que a reciclagem é o objetivo ideal da gestão de resíduos, contudo, há materiais que nem sempre conseguem ser reciclados, devendo ser incinerados ou acumulados em aterros sanitários adequados (KREITH & TCHOBANOGLIOUS, 2002). A economia circular leva isso em consideração, por isso possui em seus princípios a maximização da recuperação de recursos (FUNDAÇÃO ELLEN MACARTHUR, 2013). Mas, ainda há muito espaço para aumentar a recuperação de recursos. Por exemplo, segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE, 40,5% do descarte de RSU no Brasil é realizado de modo inadequado (ABRELPE, 2020).

2.2 Economia circular e tecnologias da informação

A partir do desenvolvimento da eletrônica e das redes de dados (especialmente a internet) em meados do século XX, foi possível disseminar computadores mais práticos e integração com servidores para as empresas e usuários de modo geral. Nesse sentido, Bouwman et al. (2005) aborda que a convergência da telecomunicação e a tecnologia de computador originou o que se entende por tecnologias da informação e comunicação.

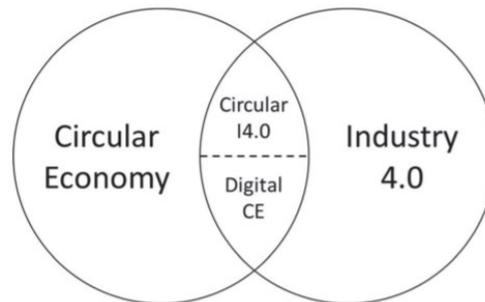
Mas, desde a disseminação dos computadores e suas redes até a atualidade, novas já tecnologias da informação surgiram, trazendo novas aplicações e funcionalidades para as demandas humanas, especialmente econômicas. São exemplos de inovações para a indústria, inclusive ligada à economia circular, tecnologias

como computação em nuvem (cloud computing), big data, tecnologias em aparelhos móveis (mobile), comunicação máquina-máquina (machine-to-machine) e robótica (LACY, 2017), as quais também compõem a indústria 4.0.

Indústria 4.0 seria a quarta revolução industrial, isto é, considerando que as revoluções anteriores ocorreram em razão do desenvolvimento da mecanização (século XVIII), compostos sintéticos e eletricidade (século XIX), e eletrônica (século XX) (SANDRONI, 2001), a quarta revolução seria fruto da integração da indústria com a digitalização e processamento de dados (UNIDO, 2017).

Por abarcar a cadeia produtiva, a economia circular apresenta claro paralelo com o processo de industrialização, todavia, voltado para o desenvolvimento sustentável. E assim é lógico inferir que os benefícios da indústria 4.0 também podem contribuir com a economia circular. Nesse sentido, Rosa et al. (2019) resumem a relação entre economia circular e indústria 4.0 com a criação de categorias híbridas destas, configurando uma “indústria 4.0 circular” ou “economia circular digital”.

Figura 2: Categorias híbridas de indústria 4.0 circular e economia circular digital.



Fonte: Rosa et al. (2019).

Outros autores que evidenciaram a relação entre tecnologias da informação e economia circular são Khitous et al. (2020), cujo trabalho revisou sistematicamente 1558 papers relacionados à economia circular e sugeriu 8 tendências de pesquisas na economia circular, das quais uma é sobre “Habilitar a economia circular através de tecnologias de internet” (KHITOUS et al., 2020, p. 18). Essa tendência de pesquisa também reúne tópicos que tratam de tecnologias como big data e internet of things (IoT) e apresenta uma direção futura de pesquisa sobre “Como tecnologias (digitais) inteligentes habilitam a transição para a economia circular?”. Buscando compreender mais sobre os tipos de tecnologias da informação com aplicações industriais que se relacionam à economia circular, o quadro a seguir apresenta 22 tecnologias encontradas na literatura.

Quadro 1 - Tecnologias da indústria 4.0 com aplicações para a economia circular.

| Tecnologia(s) | Trabalhos que mencionam a tecnologia |
|---|--|
| <i>Internet of Things</i> (IoT) | Pagoropoulos, Pigosso e McAloone (2017); Aceto, Persico e Pescapé (2019); Parida, Sjödin & Reim (2019); Jabbour et al. (2018); Rosa et al. (2019). |
| <i>Radio frequency identification</i> (RFID) | Pagoropoulos, Pigosso e McAloone (2017). |
| <i>Relational Database Management Systems</i> (RDBMS) | Pagoropoulos, Pigosso e McAloone (2017). |

| | |
|--|---|
| <i>Product Lifecycle Management (PLM) systems</i> | Pagoropoulos, Pigosso e McAloone (2017). |
| <i>Artificial Intelligence</i> | Pagoropoulos, Pigosso e McAloone (2017); Aceto, Persico e Pescapé (2019); Parida, Sjödin & Reim (2019). |
| <i>Big data / Big data analytics / Analytics</i> | Pagoropoulos, Pigosso e McAloone (2017); Aceto, Persico e Pescapé (2019); Parida, Sjödin & Reim (2019); Rosa et al. (2019). |
| <i>Machine learning</i> | Pagoropoulos, Pigosso e McAloone (2017). |
| <i>Internet</i> | Aceto, Persico e Pescapé (2019) |
| <i>Open source software</i> | Aceto, Persico e Pescapé (2019) |
| <i>Cloud / Cloud computing / Cloud manufacturing</i> | Aceto, Persico e Pescapé (2019); Parida, Sjödin & Reim (2019); Jabbour et al. (2018). |
| <i>Blockchain</i> | Aceto, Persico e Pescapé (2019) |
| <i>Broadband wireless access</i> | Aceto, Persico e Pescapé (2019) |
| <i>Fog computing</i> | Aceto, Persico e Pescapé (2019) |
| <i>Human-computer interaction</i> | Aceto, Persico e Pescapé (2019) |
| <i>Robotics / Automation</i> | Aceto, Persico e Pescapé (2019); Parida, Sjödin & Reim (2019). |
| <i>Remote monitoring</i> | Parida, Sjödin & Reim (2019). |
| <i>Predictive maintenance</i> | Parida, Sjödin & Reim (2019). |
| <i>Smart contracts</i> | Parida, Sjödin & Reim (2019). |
| <i>Smart connected products</i> | Parida, Sjödin & Reim (2019). |
| <i>Cyber-physical systems</i> | Jabbour et al. (2018); Rosa et al. (2019). |
| <i>Additive manufacturing</i> | Jabbour et al. (2018); Rosa et al. (2019). |
| <i>Simulation</i> | Rosa et al. (2019). |

Fonte: O autor.

Através do quadro é possível identificar que tecnologias como internet das coisas, inteligência artificial, big data e computações em nuvem são predominantes na literatura sobre economia circular, com até já apontado por autores como Pagoropoulos, Pigosso e McAloone (2017) e Aceto, Persico e Pescapé (2019).

2.3 Proposição de valor e economia circular

De acordo com Osterwalder e Pigneur (2010), um dos elementos principais do modelo de negócio é o valor, o qual pode ser entendido enquanto algo útil aos clientes, sendo um benefício para a qualificar seu negócio ou uma solução para resolver um problema deste. Ainda segundo os autores, um modelo de negócio descreve a razão de como uma organização cria, entrega e captura valor (OSTERWALDER & PIGNEUR, 2010). Uma definição mais extensa sobre modelo de negócio é trazida por Osterwalder (2004):

“O modelo de negócio é uma ferramenta conceitual que contém um conjunto de elementos e suas relações e que permite expressar a lógica de ganhar dinheiro da empresa. É uma descrição do valor que a empresa oferece para um ou vários segmentos de clientes e [também é] a arquitetura da firma e suas redes de padrões para criar, comercializar e entregar esse valor e capital de relacionamento, a fim de gerar canais

economia circular exige uma perspectiva de modelo de negócio e proposição de valor mais apropriada à sustentabilidade.

Nesse sentido, quando as premissas do desenvolvimento sustentável são incluídas no modelo de negócio, surge o modelo de negócio sustentável. Na visão de Stubbs e Cocklin (2008), um modelo de negócio sustentável exige que a organização considere a sustentabilidade ao modo de estratégia do negócio, e não apenas acrescentando-a às práticas empresariais. Os autores também destacam que os modelos de negócios sustentáveis necessitam que os analistas de mercado apoiem relatórios do tripé da sustentabilidade e requerem que os valores de acionistas, stakeholders e organizações estejam alinhados ao redor dos resultados da sustentabilidade (STUBBS & COCKLIN, 2008). Portanto, um modelo de negócio circular, isto é, aplicado à economia circular, necessariamente é um modelo de negócio sustentável.

Para clarear o entendimento sobre modelo de negócio e economia circular, logo a baixo está exibido o Quadro 3, que apresenta descrições sobre a criação, entrega e captura de valor para os modelos de negócios circulares ou sustentáveis, com base na literatura.

Quadro 3: Descritivo dos elementos da proposição de valor circular.

| Elementos da proposição de valor circular | Descrições |
|---|---|
| Criação de valor | <ul style="list-style-type: none"> • Tem sido associada à manutenção de produtos e processos, combinação de recursos e materiais, aquisição de resíduo reutilizados, reciclagem total de recursos, desmaterialização de produtos e processos de produção sob demanda (CENTOBELLI et al., 2020). • A lógica conceitual de um modelo de negócio circular é baseada na utilização do valor econômico retido nos produtos depois de seu uso para a geração de novas ofertas (LINDER & WILLIANDER, 2017). • Desafia os conceitos tradicionais da criação de valor puramente financeira através do fechamento do ciclo dos materiais e minimizando resíduos até um modelo de produção resíduo zero (LÜDEKE-FREUND, GOLD & BOCKEN, 2018). |
| Entrega de valor | <ul style="list-style-type: none"> • Uma organização pode vender uma proposta de valor virtual (ao invés de materializada) e entrega-la virtualmente, em canais online de venda ou contato com o cliente (LEWANDOWSKI, 2016). • Uma entrega de valor importante é a facilitação do intercâmbio entre atores como um serviço, ajudando a conectar fornecedores e clientes, além de motivar o compartilhamento de produtos, materiais e resíduos (LÜDEKE-FREUND, GOLD & BOCKEN, 2018). |
| Captura de valor | <ul style="list-style-type: none"> • Pode ser alcançado por meio da capitalização de fontes de receitas adicionais e intangíveis e reduzindo e custos e alterando sua estrutura. Mas, de forma a permitir preservação de recursos naturais e bem-estar societal (CENTOBELLI et al., 2020). • Contempla opções de preço premium, gerando receita adicional de produtos coproduzidos ou equitativos, e de alteração para modelos de preço baseados em serviços ao invés de vender bens (LÜDEKE-FREUND, GOLD & BOCKEN, 2018). |

Fonte: O autor.

3. Procedimentos Metodológicos

3.1 Caracterização da Pesquisa

Este trabalho adotou procedimentos metodológicos qualitativos com base em documentos (dados da pesquisa) sobre empresas de base tecnológica (startups) voltadas para o setor de gestão de resíduos, pois, conforme Creswell (2010), esta pesquisa é pautada sob dados textuais, valendo-se de conceituações, análises e interpretações para compreender o tema. A escolha dos objetos da pesquisa, as startups, deu-se em função deste tipo de empresa ser notório pelo uso de tecnologias da informação em seu modelo de negócio, o que facilita os objetivos do trabalho. A seleção das empresas do estudo foi inicialmente através de buscas online na Startuptracker (uma plataforma de startups), utilizando palavras-chave como “waste”, “recycling” e “circular economy”, e depois prosseguiu com avaliações sobre a qualidade das informações encontradas a respeito das empresas.

Após a eliminação de duplicatas, o número inicial de empresas foi de 520 startups. A partir disso, o processo de filtragem das empresas começou, o qual está detalha no próximo quadro. De antemão, das 520 empresas, apenas 21 passaram pelos filtros de avaliação e entraram de fato no estudo.

Quadro 4: Etapas de filtragem.

| Etapa de filtragem | Quantidade inicial de empresas | Empresas descartadas | Parâmetros para descarte |
|---|--------------------------------|----------------------|---|
| 1. Análise preliminar do <i>website</i> e modelo de negócio | 520 | 466 | A análise preliminar do <i>website</i> e modelo de negócio busca constatar os seguintes fatores: (1) o <i>website</i> estava no ar e com arquitetura do tipo “Sobre nós; Serviços; Contato”? (2) a empresa é de fato do setor de reciclagem e/ou gerenciamento de resíduos? (3) há presença de alguma TIC nos serviços da empresa? Se apenas 1 desses fatores não for cumprido, a empresa será descartada. |
| 2. Avaliação do modelo de negócio | 54 | 26 | Para a avaliação do modelo de negócio, analisa-se detalhadamente a relevância da TIC utilizada: é apenas mero sistema de informação ou aplicação inovadora? Envolve as tendências de tecnologias no momento (e.g. <i>blockchain</i> ; IoT; AI)? É algo ainda em fase preparatória ou já há clientes usufruindo o produto? Além disso, também é muito relevante que a empresa atenda exclusivamente aos setores da pesquisa e que a(s) TIC(s) envolva(m) todas as soluções ofertadas pela empresa. Estas perguntas norteiam a decisão de analisar o modelo de negócio como válido ou inválido para a pesquisa. |
| 3. Análise dos critérios de confiabilidade | 28 | 3 | Já na análise dos critérios de confiabilidade, checam-se fatores como: (1) estrutura do <i>website</i> ; (2) fotos e vídeos da empresa / negócio; (3) matérias e notícias sobre a empresa; (4) redes sociais ativas; (5) participação em programas de fomento ou incubação, |

| | | | |
|-------------------------|----|---|---|
| | | | público ou privados, em redes de parcerias ou associações. Esses critérios ajudam na sustentação de que a empresa existe, é relevante e pode ser pesquisada. |
| 4. Busca por documentos | 25 | 4 | Na busca por documentos, procurou-se, em plataforma <i>online</i> de buscas, por notícias que expusessem os serviços da empresa, seja na forma de matéria, entrevista ou <i>case</i> , dando preferência por jornais bem conceituados internacional, nacional ou regionalmente, bem como aqueles especializados em negócios, inovação, ou na área de reciclagem, e com datas recentes (no máximo até 2016). Além das notícias, esta etapa procura também por relatórios empresariais, em geral de balanço das atividades ou responsabilidade socioambiental. Não sendo encontrado nenhum documento, a empresa é retida do estudo. |

Fonte: O autor.

Para melhorar o conhecimento sobre os objetos do estudo, a seguir estão apresentadas as informações de caracterização da amostra, como país, fundação, funcionários e investimentos captados.

Quadro 5: Caracterização dos objetos da pesquisa.

| Empresa | País | Ano de fundação | Faixa de funcionários | Investimentos captados (em USD) |
|------------------------------|----------------|------------------------|------------------------------|--|
| <i>Antariksh</i> | Índia | 2017 | 1 a 10 | 42,8 mil |
| <i>Aobag</i> | China | 2017 | 11 a 50 | 1,5 milhão |
| <i>Bin-e</i> | Polônia | 2009 | 1 a 10 | 2,3 milhões |
| <i>Brighterbins</i> | Bélgica | 2017 | 11 a 50 | 1,3 milhão |
| <i>CleanRobotics</i> | Estados Unidos | 2015 | 1 a 10 | 550 mil |
| <i>Compology</i> | Estados Unidos | 2013 | 51 a 100 | 37,8 milhões |
| <i>Ecube Labs</i> | Coréia do Sul | 2011 | 51 a 100 | 8,24 milhões |
| <i>Enevo</i> | Finlândia | 2010 | 51 a 100 | 55,4 milhões |
| <i>Greyparrot</i> | Reino Unido | 2019 | 1 a 10 | 4,8 milhões |
| <i>I Got Garbage</i> | Índia | 2013 | 9707 catadores parceiros | - |
| <i>Lemon Tri</i> | França | 2011 | 75 | - |
| <i>Miniwiz</i> | China (Taiwan) | 2006 | 51 a 100 | - |
| <i>RecycleGO</i> | Estados Unidos | 2016 | 11 a 50 | - |
| <i>RecycleSmart</i> | Canadá | 2008 | 11 a 50 | 1,35 milhão |
| <i>Recycle Track Systems</i> | Estados Unidos | 2015 | 51 a 100 | 51,7 milhões |
| <i>RoadRunner Recycling</i> | Estados Unidos | 2014 | 101 a 250 | 84,1 milhões |
| <i>Rubicon</i> | Estados Unidos | 2008 | 251 a 500 | 222,7 milhões |
| <i>Sensoneo</i> | Eslováquia | 2014 | 11 a 50 | - |

| | | | | |
|-----------------------|----------------|------|---------|-------------|
| <i>Uzer</i> | França | 2014 | 1 a 10 | 386,2 mil |
| <i>Waste Robotics</i> | Canadá | 2016 | 11 a 50 | 2,5 milhões |
| <i>WastePlace</i> | Estados Unidos | 2016 | 11 a 50 | - |

Fontes: Crunchbase (c2021), I Got Garbage (2019) e Lemon Tri (c2021) apud Martins (2021).

3.2 Coleta de dados

A coleta dos dados concentrou-se em fontes secundárias de informação, ao exemplo de notícias e relatórios empresariais. Para Smith (2008, p. 5), “dados qualitativos secundárias são dados retirados por uma segunda mão de entrevistas, etnografias, relatos, documentos, fotografias ou conversações”. A análise secundária de dados qualitativos não desfavorece a pesquisa, pelo contrário, podem igualmente proporcionar a investigação de questões novas ou adicionais (HEATON, 2008).

Nesse sentido, a pesquisa ocorreu com 62 documentos, quase todos (59) do tipo matéria jornalística, mas também com alguns relatórios. A documentação do tipo matéria possui divisões, cujos subtipos são notícia, entrevista e blog do site. Notícia trata da matéria jornalística em si, veiculada em jornal ou periódico. A entrevista refere-se às matérias que ocorreram nesse formato, entrevistando algum membro da empresa. Já o blog do site é, a rigor, um modo de notícia, porém, feita pela equipe da empresa e veiculada no próprio website, sem passar por veículo de comunicação. Quanto aos relatórios, são subtipos destes o de governança socioambiental (ESG), no qual é apresentado como o negócio se engaja com o meio ambiente e a sociedade, e o relatório empresarial comum, aquele que informa as características e fatos da empresa, como seus produtos, local de atuação, clientes, história da organização, entre outras informações de mercado.

3.2 Análise de dados

Para analisar os dados coletados, foi empregado a técnica da análise temática, a qual é um processo de “codificação da informação qualitativa em uma série de padrões (entendidos por temas) dessas informações que minimamente descrevem e organizam as observações possíveis, e interpretam ao máximo os aspectos dos fenômenos” (BOYATZIS, 1998, p. 4). As pesquisas com análise temática priorizam o sentido e significado dos temas que emergem como um todo, ao invés particularizar e identificar cada elemento de quem os produziu (SILVA, BARBOSA & LIMA, 2020).

Conforme Boyatzis (1998), a análise temática é pautada na codificação, um processo de pesquisa qualitativa que extrai segmentos de texto, os códigos, para rotulá-los e transformá-los em dados. Miles Huberman e Saldaña (2014, p. 79) postulam que os códigos são usados para “reaver e categorizar partes similares dos dados”, de modo que o pesquisador possa rapidamente “encontrar, extrair e agrupar os dados e relacionando-os à questão particular de pesquisa, hipótese, constructo ou tema”.

No que concerne à condução da análise temática, Braun e Clarke (2006) organizaram esta técnica através de 6 etapas que envolvem a familiarização com os dados, geração de códigos iniciais, procura, revisão e definição de temas, e produção de relatório. O quadro 6 apresenta a condução dessas etapas neste artigo.

Quadro 6: Resumo das etapas da análise temática na pesquisa.

| Etapa | Descrição |
|-----------------------------|--|
| Familiarização com os dados | A familiarização com os dados ocorreu durante as buscas pelas empresas que poderiam servir a pesquisa. À medida que empresas mais relevantes iam permanecendo na pesquisa após as etapas de filtragem, documentos sobre as mesmas iam igualmente sendo explorados |
| Geração de códigos iniciais | Ao iniciar e concluir a codificação dos 62 documentos da pesquisa, a etapa da codificação inicial gerou 15 códigos. |
| Procura por temas | O enquadramento dos códigos em temas foi amparado pela literatura relativa à economia circular e tecnologias da informação (explicitada na parte 2.2 deste trabalho) e por conhecimentos gerais do assunto codificado. Destaca-se maior influência de Pagoropoulos et al. (2017), na parte de tecnologia da informação, e Osterwalder e Pigneur (2010), quanto à proposição de valor. 6 temas foram identificados. |
| Revisão dos temas | Ao revisar todos os códigos, atendendo para seu significado e o alinhamento com os objetivos do estudo, as seguintes alterações ocorreram: 1 tema novo surgiu, 2 temas foram unidos e, conseqüentemente, renomeados e 1 tema teve nome ajustado. |
| Definição dos temas | Com isso, o trabalho alcançou 6 temas definidos, os quais foram acrescidos de descrições explicativas no corpus final da análise temática (V. Quadro 7). |
| Produção de relatório | Aqui o relatório seria as análises dos resultados, as quais serão realizadas com base em um esquema gráfico (<i>framework</i>), elaborado a partir da relação entre os temas. |

Fonte: O autor.

Com base nesses procedimentos, o estudo chegou ao seguinte corpus de temas e códigos, exibidos no quadro da sequência. Mas, nota-se que a descrição de alguns códigos e temas apoiou-se na literatura, mas houveram outros que foram definidos pelo conteúdo do segmento textual em si.

Quadro 7: *Corpus* de códigos e temas do trabalho.

| Códigos | Descrição | Tema | Descrição |
|----------------|---|-----------------|---|
| Sensoriamento | O código de sensoriamento expressa as informações relativas às tecnologias que utilizam sensores para captar dados (PAGOROPOULOS, PIGOSSO & MCALOONE, 2017). | Coleta de dados | O tema de coleta de dados representa a camada mais baixa da arquitetura de dados, das tecnologias voltadas para extração e coleta dos dados (PAGOROPOULOS, PIGOSSO & MCALOONE, 2017). |
| Monitoramento | O código de monitoramento aborda as funções da TI voltadas para o acompanhamento de recursos ao longo dos processos e/ou cadeia produtiva (PAGOROPOULOS, PIGOSSO & MCALOONE, 2017). | | |
| Conectividade | O código de conectividade representa as tecnologias que realizam múltiplas interações com outras tecnologias e objetos informatizados | | |

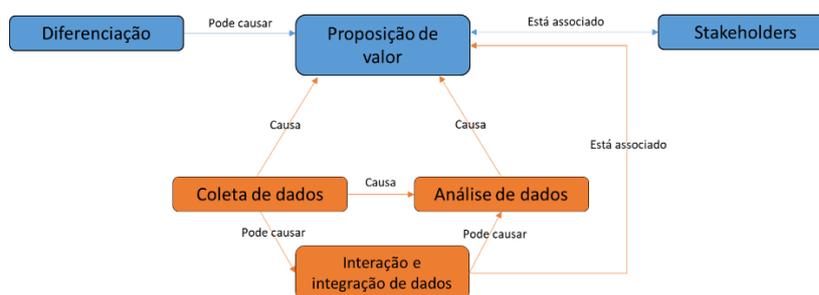
| | | | |
|--------------------------|---|---------------------------------|--|
| | (PAGOROPOULOS, PIGOSSO & MCALOONE, 2017). | | |
| Integração | O código de integração adentra as funções de integrar diferentes formatos de dados em um único específico (PAGOROPOULOS, PIGOSSO & MCALOONE, 2017). | Interação e integração de dados | O tema de interação e integração de dados expressa os processos de adaptação dos dados para a interação pessoa-software, assim como a camada intermediária da arquitetura de dados, relativa às tecnologias de organização e transformação dos dados e das informações (PAGOROPOULOS, PIGOSSO & MCALOONE, 2017). |
| Interface | O código de interface expressa os meios, canais, aparelhos, dashboards utilizados na interação pessoa-software. | | |
| Processamento | O código de processamento aborda as funções analíticas, computacionais, de processar dados (PAGOROPOULOS, PIGOSSO & MCALOONE, 2017). | Análise de dados | O tema de análise de dados aborda a camada superior da arquitetura de dados, próprias das tecnologias analíticas que, através da computação, processam os dados em informações (valor) úteis ao negócio ou usuários da tecnologia (PAGOROPOULOS, PIGOSSO & MCALOONE, 2017). |
| Previsibilidade | O código de previsibilidade representa o processamento analítico com base no padrão dos dados para gerar previsões e estimativas futuras. | | |
| Tomada de decisão | O código de tomada de decisão enfatiza a geração de informações úteis aos gestores a partir da análise de dados. | | |
| Criação de valor | O código de criação de valor aborda a capacidade da empresa de criar atrativos em seus produtos ou serviços que atendam às expectativas dos clientes (OSTERWALDER, 2004). | Proposição de valor | O tema de proposição de valor adentra as maneiras com as quais um negócio promove valor para seus clientes (OSTERWALDER & PIGNEUR, 2010). |
| Entrega de valor | O código de entrega de valor representa a capacidade das empresas de repassar ou comunicar o valor do produto ou serviço para os clientes (OSTERWALDER, 2004). | | |
| Captura de valor | O código de captura de valor expressa a retenção de parte do valor do produto ou serviço para si, na forma de ganho monetário (OSTERWALDER, 2004). | | |
| Participantes do negócio | O código de participantes do negócio refere-se ao conjunto de empresas, sejam | Stakeholders | O tema de stakeholders expressa o sistema de atores e organizações |

| | | | |
|-----------------------------|--|---------------|---|
| | clientes, distribuidores, fornecedores ou prestadores de serviço, relacionadas à cadeia de valor do negócio (PORTER, 1985). | | envolvidos na indústria que influenciam a cadeia de valor do negócio. |
| Parceiros | O código de parceiros expressa as organizações que contribuem para o negócio na forma de capital intelectual, apoio social ou financeiro, e experimentação de produtos. | | |
| Adaptação à pandemia | O código de adaptação à pandemia reflete os impactos e consequentes reações das empresas frente à pandemia de covid-19. | | |
| Modelo circular alternativo | O código de modelo circular alternativo trata das estratégias de economia circular (LEWANDOWSKI, 2016) não específicas aos setores de reciclagem e gestão de resíduos, mas utilizadas por empresas desses setores. | Diferenciação | O tema de diferenciação aborda a incorporação de medidas para superar crises e diferenciar a estratégia da empresa. |

Fonte: O autor.

A partir do corpus, foi possível montar o framework temático do trabalho. O tipo de relação entre os temas foi designada através da associação entre a descrição dos temas, com apoio da nomenclatura utilizada no software Atlas.ti, conforme Friese (2014).

Figura 3: Framework de temas da pesquisa.



Fonte: Adaptado de Martins (2021).

Neste esquema, relação de “causa” indica toda relação direta, em que um tema sempre ocasionará a ação ou existência de outro; já “pode causar” aborda a relação que é eventualmente direta; e a ligação de “está associada” trata da relação entre temas que possuam algum tipo de semelhança, subespecificação ou envolvimento de forma indireta (FRIESE, 2014). Fundamentando-se no *framework*, a próxima seção irá analisar os resultados do estudo, para então considerar acerca dos objetivos de pesquisa.

4. Resultados

A análise temática, isto é, as informações identificadas por este método, sugerem que a criação de

valor nas empresas do estudo tem origem na geração de dados e progride para outros benefícios, tais quais otimização eficiência, monitoramento e automatização de processos.

Estes benefícios são ocasionados por ações como melhor planejamento das rotas de coleta, maior agilidade na busca por prestadores de serviços, obtenção de preços mais em conta, simplificação contratual, quantidade de resíduos mensurada (dentro das lixeiras ainda), previsibilidade quanto à próxima coleta e separação de resíduos automática.

Para corroborar esta visão, seguem alguns trechos de códigos de uma das empresas do estudo, a Compology, primeiramente dentro do código de Monitoramento (tema de Coleta de dados):

“O sistema da Compology funciona ao usar sensores baseados em câmeras, em combinação com GPS, para monitorar remotamente a localização, preenchimento e o serviço em tempo real [...]” (COMPOLOGY, 2017; tradução de Martins, 2021)

E também outro relativo ao código de Criação de valor:

“[...] o que realmente diferencia Compology, e porque nós escolhemos trabalhar com eles, é a sua capacidade de realmente mostrar o que está dentro do container remotamente, [...]” (COMPOLOGY, 2017; tradução de Martins, 2021).

Além da forma de criação de valor a partir da coleta de dados, há a forma do processamento da informação em análises úteis à tomada de decisão ou à automação de processos. Nesse caso, a inteligência artificial, assim como seus correlatos (*machine learning, deep learning*, reconhecimento de imagens), consegue incrementar a eficiência dos processos, enquanto fornece previsões e insights úteis para os gestores. Para exemplificar esta outra forma de criação de valor, serão utilizados códigos da empresa *Greyparrot* por ilustrar melhor esse raciocínio, primeiro sob o código de Processamento:

“A empresa tem utilizado machine learning com imagens de diferentes tipos de resíduos para treinar um modelo que detecta vidro, papel, papelão, jornais, latas e diferentes tipos de plásticos (black trays, PET, HDPE)” (DILLET, 2019; tradução de Martins, 2021).

E na sequência pelo código de Tomada de decisão:

“O sistema automaticamente identifica tipos diferentes de resíduos, fornecendo informações compostas e análises para ajudar as instalações a aumentarem suas taxas de reciclagem.” (PRITCHARD, 2020; tradução de Martins, 2021).

Prosseguindo para outros elementos da proposição de valor, os dados da análise temática indicaram que, no âmbito da entrega de valor, os benefícios do negócio chegam até os clientes por meio de uma interação via máquina ou software (aplicativo ou plataforma).

Empresas que ofertam produtos como smart bins ou smart machines (lixeiras e máquinas inteligentes em tradução livre) e possuem cidadãos enquanto usuários finais, tendem a priorizar mais os recursos de interface referentes à interação humano-máquina (como *touchscreen, display* etc.). Essa priorização também acaba envolvendo algum tipo de remuneração para estimular o uso. No caso de outra empresa o estudo, a

Aobag, que otimiza a coleta residencial através de sacolas inteligentes, o valor (remuneração) alcança o cidadão quando este entra em contato com uma das estações da empresa, conforme este trecho do código de Entrega de valor:

“Você compra uma sacola especial com um código QR do aplicativo, coloca lixo como papelão e plástico nela, coloca na instalação, solicita a coleta no aplicativo e, quando o fornecedor coletar, o dinheiro será transferido.” (YAMATANI, 2019).

Em paralelo, observa-se que o código de Interface (dentro do tema de Interação e integração de dados) contribui para a entrega de valor (exposta no trecho anterior):

“Se você olhar para os aplicativos de classificação de lixo desses miniprogramas, eles geralmente têm uma explicação de classificação de lixo e uma janela de pesquisa, e quando você insere o nome do lixo na janela de pesquisa, ele dirá em qual lixeira colocá-lo” (YAMATANI, 2019).

Por outro lado, empresas com lógica mais business to business, aprimoram a interface de suas plataformas e softwares com vistas à entrega de valor, em fundão de que é nestes meios digitais onde todas as soluções ofertadas podem ser acessadas. A propósito, a cloud computing também influencia esse aprimoramento ao fornecer acesso remoto à plataforma. A empresa Sensoneo pode exemplificar a situação mencionada no parágrafo anterior, através de um código de Interface:

“[...] e envia os dados para Smart Waste Management System, uma poderosa plataforma baseada em nuvem, via internet das coisas (Sigfox, NB-IoT, LoRaWAN, GPRS). O dashboard na Smart Waste Management System oferece um detalhado inventário de lixeira, mapa digital interativo, configuração de sensor, display de dados ao vivo [...]” (SENSONEO, 2020; tradução de Martins, 2021).

Por último, quanto à captura de valor, os dados levantaram formar de captar recursos financeiros como contratos (de curto ou longo prazo), mas também modelos de assinaturas – o que, até certo ponto, são modos comuns para empresas de tecnologia. Todavia, deve ser mencionado que, para as empresas do estudo, o valor entregue e capturado em dinheiro é oriundo do fornecimento de dados, indo além da prestação de serviços. Mesmo que as tecnologias como internet das coisas, inteligência artificial e computação em nuvem, por exemplo, não proporcionem diretamente uma captura de valor mais inovadora ou eficiente, é em função destas tecnologias que o setor de gestão de resíduos pode evoluir para um cenário no qual se paga por dados, ao invés de pagar exclusivamente por serviços.

Nesse sentido, é trazido uma citação da empresa Rubicon, dentro do código de Captura de valor:

“[Software como assinatura] é o que vai ser o foco predominante de como nós cresceremos no futuro,” CEO Nate Morris falou ao WasteDive mais cedo nesse mês durante a WasteExpo, citando uma acumulação de escala, relacionamentos e dados enquanto ativos-chave para alavancar.” (ROSENGREN, 2019; tradução de Martins, 2021).

5. Considerações finais

A relação entre economia circular e tecnologias da informação apresentou elo de ligação através da perspectiva da indústria 4.0, dando ênfase a 4 tecnologias distintas: internet das coisas, inteligência artificial, computação em nuvem e big data. O estudo conseguiu identificar o uso dessas tecnologias nos modelos de negócios estudados, atribuindo sua influência à proposição de valor com base nos temas de coleta e análise de dados em especial.

Os aspectos tecnológicos e de modelo de negócio encontrados na coleta de dados através da análise temática possibilitou a elaboração do framework do trabalho, que serve como constructo para ilustrar a relação das tecnologias da informação com a proposição de valor.

Quanto à análise do papel das tecnologias nos processos de criação, entrega e captura de valor, a pesquisa apontou que a proposição de valor compreende o percurso da captação de dados via sensores e dispositivos para serem transmitidos via interface digital até a oferta de serviços por assinatura ou utilização. As tecnologias no nível de processamento também se notabilizam por aumentar a eficiência através de análises preditivas e apoio à tomada de decisão, bem como favorecer a automação de processos.

Não obstante, deve ser mencionar também as limitações desse trabalho. Com relação aos dados, a adoção de fontes secundárias oportunizou uma coleta mais abrangente de empresas (internacionalmente), mas restringiu sua coleta padronizada, o que acrescentaria mais rigor metódico às análises do estudo, ao exemplo do uso de entrevistas semi-estruturadas (continuando com a abordagem qualitativa).

Do ponto de vista dos direcionamentos da pesquisa, a validação do framework se apresenta como possibilidade importante para dar maior consistência aos achados desse estudo. Entretanto, além do framework em si, a pesquisa entre economia circular e tecnologias da informação pode ser diversificada com outros métodos de pesquisa, qualitativos, quantitativos ou ambos. Outra possibilidade de direcionamento é a mudança de campo da economia circular, passando para áreas como agricultura, alimentação, moda, cadeia de produtos plásticos, metalurgia e gestão hídrica. Portanto, com base nessas contribuições, espera-se que o papel das tecnologias da informação dentro da economia circular e do desenvolvimento sustentável seja mais evidente, objetivando análises de pesquisas mais extensas, dada a complexidade e conjunto de fatores sociais, econômicos e ambientais envolvidos.

Referências

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020**. São Paulo, 2020. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em: 28 jul. 2021.

ACETO, Giuseppe; PERSICO, Valerio; PESCAPÉ, Antonio. **A survey on information and communication technologies for industry 4.0: state of the art, taxonomies, perspectives, and challenges**. IEEE Communications Surveys & Tutorials, v. 21, n. 4, p. 3467-3501, 2019.

BOUWMAN, Harry; HOOFF, Bart V. D.; WIJNGAERT, Lidwien V. D.; DIJK, J. V. **Information and communication technology in organizations**. Londres: SAGE Publications, 2005, 223 p.

- BOYATZIS, Richard E. **Transforming qualitative information: thematic analysis and code development**. Sage Publications, Thousand Oaks, 1998, VI + 183 p.
- BRAUN, Virginia; CLARKE, Victoria. **Using thematic analysis in Psychology**. *Qualitative Research in Psychology*, n. 2, v. 3, p. 77-101, 2006.
- BRESSANELLI, Gianmarco; ADRODEGARI, Frederico; PERONA, Marco; SACCANI, Nicola. **The role of digital technologies to overcome circular economy challenges in PSS business models: an exploratory case study**. *Procedia CIRP*, 10th conference on industrial product-service systems, n. 73, p. 216-221, Linköping, Suécia, 2018.
- BROWN, George W. **Value chains, value streams, value nets, and value delivery chains**. *BPTrends*, abr. 2009.
- CENTOBELLI, Piera; CERCHIONE, Roberto; CHIARONI, Davide; DEL VECCHIO, Pasquale; URBINATI, Andrea. **Designing business models in circular economy: a systemic literature review and research agenda**. *Business Strategy and the Environment*, n. 4, v. 29, p. 1734-1749, 2020.
- CHESBROUGH, Henry; LETTL, Christopher; RITTER, Thomas. **Value creation and value capture in open innovation**. *Journal of Product Innovation Management*, n. 6, v. 35, p. 930-938, 2018.
- CMMAD – COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Report of the world comissiono on environment and development: our common future**. BRUNDTLAND, Gro H. Oslo, 1987.
- COMPOLOGY. **Technology & Trash: the winning combination**. 2017. Disponível em: <<https://compology.com/blog/technology-and-trash>>. Acesso em: 01 abr. 2021.
- CRESWELL, John W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. Tradução: Magda Lopes. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010, 269 p.
- DESA – DEPARTAMENTO DE ASSUNTOS ECONÔMICOS E SOCIAIS. **World Urbanization Prospects: The 2018 revision**. Nações Unidas, Nova York, 2019.
- DILLET, Romain. **Greyparrot uses computer vision to improve waste management**. *Techcrunch*, 2019. Disponível em: <<https://techcrunch.com/2019/10/03/greyparrot-uses-computer-vision-to-improve-waste-management/>>. Acesso em: 02 abr. 2021.
- DINGSØYR, Torgeir; LASSENIUS, Casper. **Emerging themes in agile software development: introduction to the special section on continuous value delivery**. *Information and Software Technology*, v. 77, p. 56-60, 2016.
- FRIESE, Susanne. **Qualitative data analysis with Atlas.ti**. Sage publications, Londres, 2 ed., 2014, 521 p.
- FUNDAÇÃO ELLEN MACARTHUR. **Towards the circular economy: economic and business rationale for accelerated transition**. Volume 1. Reino Unido, 2013.
- HEATON, Janet. **Secondary analysis of qualitative data: an overview**. *Historical social research*, n. 3, v. 33, p. 33-45, 2008.
- JABBOUR, Ana B. L. S.; JABBOUR, Charbel J. C.; 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*, n. 270, p. 273-286, 2018.

KHITOUS, Fatima; STROZZI, Fernanda; URBINATI, Andrea; ALBERTI, Fernando. **A systematic literature network analysis of existing themes and emerging research trends in circular economy**. Sustainability, v. 12, n. 1633, p. 1-24, 2020.

KIRCHERR, Julian; REIKE, Denise; HEKKERT, Marko. **Conceptualizing the circular economy: na analysis of 114 definitions**. Resources, Conservation & Recycling, n. 127, p. 221-232, 2017.

KREITH, Frank; TCHOBANOGLIOUS, George. **Handbook of Solid Waste Management**. McGraw-Hill, 2 ed., Estados Unidos da América, 2002, XVI + 815 p.

LACY, Peter. **These 5 disruptive technologies are driving the circular economy**. Fórum Econômico Mundial, 2017. Disponível em: <<https://www.weforum.org/agenda/2017/09/new-tech-sustainable-circular-economy/>>. Acesso em: 18 dez. 2020.

LEWANDOWSKI, Mateusz. **Designing the business models for circular economy – towards the conceptual framework**. Sustainability, n. 8, v. 43, p. 1-28, 2016.

LINDER, Marcus; WILLIANDER, Mats. **Circular business model innovation: inherent uncertainties**. Business Strategy and the Environment, n. 2, v. 26, p. 182-196, 2017.

LÜDEKE-FREUND, Florian; GOLD, Stefan; BOCKEN, Nancy M. P. **A review and typology of circular economy business model patterns**. Journal of Industrial Ecology, n. 1, v. 23, p. 36-61, 2018.

MARTINS, Leonardo M. **O papel das tecnologias da informação na proposição de valor para a economia circular à luz do tripé da sustentabilidade: um estudo em empresas do setor de gestão de resíduos e reciclagem**. Dissertação; Universidade Federal do Rio Grande do Norte, p. 109, 2021.

MICHEL, Stefan. **Capture More Value**. Harvard Business Review, 2014. Disponível em: <<https://hbr.org/2014/10/capture-more-value>>. Acesso em: 07 jul. 2021.

MILES, Matthew B.; HUBERMAN, A. Michael; SALDAÑA, Johnny. **Qualitative data analysis: a methods sourcebook**. EUA: Sage publications, 2014, 3 ed., 341 p.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **2030 Agenda**. Nova Iorque, 2015. Disponível em: <<https://sdgs.un.org/2030agenda>>. Acesso em: 18 dez. 2020.

Idem. **Ensure sustainable consumption and products patterns**. Infográfico. 2020a. Disponível em: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/wp-content/uploads/2020/07/E_infographics_12.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2020.

Idem. **Goal 12: ensure sustainable consumption and production patterns**. Disponível em: <<https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-consumption-production/>>. Acesso em: 18 dez. 2020b.

OSTERWALDER, Alexander. **The business model ontology: a proposition in a design science approach**. Tese; l'Ecole des Hautes Etudes Commerciales, l'Université de Lausanne. Lausanne, p. 172, 2004.

OSTERWALDER, Alexander; PIGNEUR Yves; TUCCI, Christoph L. **Clarifying bussines models: origins, presente, and future of the concept**. Communication of the Association for Information Systems, v. 15, p.1-43, 2005.

- OSTERWALDER, Alexander; PIGNEUR, Yves. **Business Model Generation**. John Wiley & Sons, New Jersey, 2010, 281 p.
- OSTERWALDER, Alexander; PIGNEUR, Yves; BERNARDA, Greg; SMITH, Alan. **Value Proposition Design**. John Wiley & Sons, New Jersey, 2014, XXVI + 295 p.
- PAGOROPOULOS, Aris; PIGOSSO, Daniela C. A.; MCALOONE, Tim C. **The emergente role of digital technologies in the circular economy: a review**. Procedia CIRP, The 9th CIRP IPSS Conference: circular perspectives on product/services-systems, n. 64, p. 19-24, 2017
- PARIDA, Vinit; SJÖDIN, David; REIM, Wiebke. **Reviewing literature on digitalization, business model innovation, and sustainable industry: past achievements and future promises**. Sustainability, v. 11, n. 391, 2019.
- PIETRO-SANDOVAL, Vanessa; JACA, Carmen; ORMAZABAL, Marta. **Towards a consensus on the circular economy**. Journal of Cleaner Production, v. 178, p. 605-615, 2018.
- PORTER, Michael E. **Competitive Advantage: creating and sustaining superior performance**. The Free Press, New York, 1985, XXV + 557 p.
- PRITCHARD, Alisa. **AI startup Greyparrot raises £1.825m in seed funding round to revolutionise recycling with waste recognition software**. Greyparrot, 2020. Disponível em: <<https://www.greyparrot.ai/blog/ai-startup-greyparrot-raises-1.825m-in-seed-funding-round-to-revolutionise-recycling-with-waste-recognition-software>>. Acesso em: 29 jul. 2020.
- ROSA, Paolo; SASSANELLI, Claudio; URBINATI, Andrea; CHIARONI, Davide; TERZI, Sergio. **Assessing relations between circular economy and industry 4.0: a systematic literature review**. International Journal of Production Research, n. 6, v. 58, p. 1662-1687, 2019.
- ROSENGREN, Cole. **Rubicon Global taking less combative tack, focusing on software business**. Waste Dive, 2019. Disponível em: <<https://www.wastedive.com/news/rubicon-global-taking-less-combative-tack-focusing-on-software-business/555052/>>. Acesso em: 7 abr. 2021.
- SANDRONI, Paulo. **Novíssimo dicionário de economia**. São Paulo: Editora Best Seller, 2001. 649 p.
- SAUVÉ, Sébastien; BERNARD, Sophie; SLOAN, Pamela. **Environmental sciences, sustainable development and circular economy: alternative concepts for trans-disciplinary research**. Environmental Development, v. 17, p. 48-56, 2016.
- SENSONEO. **Global provider of Smart Waste Management Solutions**. 2020. Disponível em: <https://sensoneo.com/wp-content/uploads/sensoneo/Sensoneo_overview_leaflet-2020_ENG-1.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2021.
- SILVA, Manoela R. S.; BARBOSA, Marcos A. S.; LIMA, Lucas G. B. **Usos e possibilidades metodológicas para os estudos qualitativos em administração: explorando a análise temática**. Revista Pensamento Contemporâneo em Administração, n. 1, v. 14, p. 111-123, 2020.
- SJÖDIN, David; PARIDA, Vinit; JOVANOVIĆ, Marin; VISNJIC, Ivanka. **Value creation and value capture alignment in business model innovation: a process view on outcome-based business models**. Journal of Product Innovation Management, n. 2, v. 37, p. 158-183, 2020.

SMITH, Emma. **Using Secondary Data in Educational and Social Research**. Open University Press; McGraw-Hill Education, Grã-Bretanha, 2008, X + 249 p.

STUBBS, Wendy; COCKLIN, Chris. **Conceptualizing a "sustainability business model"**. *Organization & Environment*, v. 12, n. 2, p. 103-127, 2008.

TEECE, David J.; LINDEN, Greg. **Business models, value capture, and the digital enterprise**. *Journal of Organization Design*, n. 8, v. 6, p. 1-14, 2017.

UNIDO – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Industry 4.0: opportunities behind the challenge**. Viena, 2017. Disponível em: <https://www.unido.org/sites/default/files/files/2020-06/UNIDO%20Background%20Paper%20on%20Industry%204.0_FINAL_TII.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2020.

YAMATANI, Takeshi. **A separação de resíduos da China muda com dispositivos inteligentes**. Traduzido por: Google. ZDNet Japan, 2019. Disponível em: <<https://japan.zdnet.com/article/35139853/>>. Acesso em: 30 mar. 2021.