

INSTITUCIONALIZANDO PRINCÍPIOS DA ECONOMIA CIRCULAR NAS FASES DE DESIGN E FABRICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS

RAPHAEL SALVIANO DE SOUZA
UNB UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

PATRICIA GUARNIERI

Introdução

Os resíduos de equipamentos eletrônicos estão crescendo rapidamente no Brasil e no mundo, tornando-se um problema global. O Brasil é o segundo maior produtor de lixo eletrônico nas Américas, representando 16,36% do continente, com uma média de 10,2 kg por pessoa. Apenas 3% desses resíduos são reintegrados nas cadeias de valor formais, e os materiais valiosos são exportados para reciclagem industrial. Isso se deve em parte ao design de produtos que prioriza o uso, ignorando a recuperação de valor no pós-consumo, conforme apontado pela Ellen MacArthur Foundation em 2017.

Problema de Pesquisa e Objetivo

O presente artigo tem como objetivo levantar alternativas para a institucionalização dos princípios da economia circular nas fases de design e fabricação de equipamentos junto a diferentes stakeholders.

Fundamentação Teórica

A aplicação de princípios da economia circular às fases de design e fabricação de equipamentos eletroeletrônicos tem um grande potencial de contribuir com o aprimoramento da cadeia de revalorização dos REEE, na medida em que representa uma oportunidade econômica relevante para a recuperação de recursos materiais caros e escassos, além de contribuir para a redução da emissão de gases do efeito estufa (especialmente relacionados à cadeia de suprimentos) e do impacto ambiental da produção e do consumo desse tipo de equipamento (Bressanelli et al., 2021; Cucchiella et al., 2015).

Metodologia

Realizou-se pesquisa qualitativa, por meio de entrevistas (n = 12). As transcrições das entrevistas foram tabuladas em planilha eletrônica, com apoio do software Microsoft Excel®, para possibilitar a análise dos dados e estruturação do problema de pesquisa segundo a abordagem SODA, que consiste em uma abordagem Soft OR utilizada para a identificação de problemas gerais por meio da modelagem de mapas cognitivos para elicitar e registrar a visão de um grupo de indivíduos sobre uma determinada situação problema (Eden & Ackermann, 2001; Mingers & Rosenhead, 2004; Rosenhead, 1996).

Análise dos Resultados

O mapa agregado apresenta três clusters de opções estratégicas. O primeiro cluster envolve estratégias para recuperar valor dos recursos presentes nos equipamentos, essenciais para melhorar a cadeia de revalorização, incluindo logística reversa e mineração urbana. O segundo cluster aborda como adicionar valor aos recursos dos equipamentos, promovendo soluções sustentáveis e influenciando os processos de design e fabricação. O terceiro cluster se concentra em estratégias para manter o valor dos recursos nos equipamentos, prolongando sua vida útil, possivelmente afetando o design e a fabricação.

Conclusão

A pesquisa contribui em termos práticos ao apontar estratégias com base nos princípios da economia circular referentes à adição, recuperação e retenção de valor, a serem adotadas nos processos de design e fabricação de equipamentos; em termos científicos ao explorar lacunas apontadas por Guarnieri et al. (2016), Guarnieri e Kremer (2019), Bressanelli et al. (2020) e EMF (2017); e, em termos metodológicos, ao testar a aplicação da abordagem SODA como método de estruturação de problema para propor o endereçamento de soluções à problemática da revalorização de REEE no Brasil.

Referências Bibliográficas

EMF. (2017). Uma economia circular no Brasil: Uma abordagem exploratória inicial. Bressanelli, G., Saccani, N., Pigosso, D. C. A., & Perona, M. (2020). Circular Economy in the WEEE industry: a systematic literature review and a research agenda. *Sustainable Production and Consumption*, 23, 174–188.
Rosenhead, J. (1996). What's the problem? An introduction to problem structuring methods. *Interfaces*, 26(6), 117–131. Brasil. (2019). Acordo setorial para implementação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos de uso doméstico e seus componentes. In Brasília/DF (p. 31).

Palavras Chave

Economia circular, equipamento eletroeletrônico, SODA

INSTITUCIONALIZANDO PRINCÍPIOS DA ECONOMIA CIRCULAR NAS FASES DE *DESIGN* E FABRICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS

Resumo

O *design* e os processos de manufatura dos equipamentos eletroeletrônicos são apontados como um dos principais gargalos na cadeia de revalorização de resíduos eletroeletrônicos (REEE) no Brasil, na qual somente 3% dos REEE no país são reintroduzidos nas cadeias de valor formal (*Green Eletron*, 2021). A economia circular vem recebendo especial destaque nesse contexto por promover o fechamento do ciclo de vida dos produtos e a criação de novos modelos de negócio que contribuem com o crescimento econômico e o desenvolvimento sustentável. O presente artigo tem como objetivo levantar alternativas para a institucionalização dos princípios da economia circular nas fases de *design* e fabricação de equipamentos junto a diferentes *stakeholders*. Para tanto, realizou-se pesquisa qualitativa apoiada na abordagem *Strategic Options Development and Analysis – SODA* para a estruturação de problemas. A pesquisa contribui prática, científica e metodologicamente, propondo soluções para a revalorização de REEE no Brasil, alinhadas com a economia circular; expandindo a compreensão das implicações econômicas, sociais e ambientais da economia circular na gestão destes; e, demonstrando a aplicação da abordagem SODA para abordar um problema complexo.

Palavras-chave: Economia circular; equipamento eletroeletrônico; *design*; fabricação; SODA.

1. Introdução

Os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos – REEE ou, simplesmente, lixo eletrônico atualmente figuram como um dos fluxos de resíduos sólidos urbanos em mais rápido crescimento no Brasil e no mundo e que se tornaram um problema tanto para países desenvolvidos, quanto para países em desenvolvimento (Nowakowski & Mrówczyńska, 2018; Ottoni et al., 2020).

Em 2019, o volume de REEE produzido em todo o planeta somou 53,6 Mt, equivalente a uma média de 7,3 kg *per capita*. Esse montante representa um aumento de 15% em relação a 2014 e que, segundo as projeções, deverá dobrar até 2030. Em números absolutos, o continente americano é o segundo maior produtor de REEE do mundo (atrás apenas da Ásia) com uma geração de 13,1 Mt em 2020. Destes, apenas 9,4% tiveram sua destinação documentada, isto é, formalmente coletada e submetida a procedimentos de reciclagem. O Brasil é responsável por uma fatia equivalente a 16,36% de todo o lixo derivado de equipamentos eletroeletrônicos do continente, o que o posiciona como o segundo maior produtor de REEE das Américas, com uma média *per capita* equivalente a 10,2 kg (Forti et al., 2020).

Segundo a *Green Eletron* (2021), somente 3% dos REEE produzidos no país são reintroduzidos nas cadeias de valor formal e, quando isto ocorre, materiais de alto valor provenientes de placas de equipamentos eletroeletrônicos – EEE são exportados para reciclagem industrial, enquanto à indústria nacional são destinados apenas os materiais de menor valor presentes na composição dos equipamentos, como plásticos e vidro (*Ellen MacArthur Foundation – EMF*, 2017). O estudo “Uma economia circular no Brasil”, elaborado pela *EMF* em 2017 apontou o *design* como um dos fatores críticos para isso, visto que sua concepção prioriza e otimiza os produtos para a fase do uso, sem devidamente considerar os procedimentos de recuperação do valor no pós-consumo.

O acordo setorial para implantação de sistema de logística reversa de EEE de uso doméstico e seus componentes foi estabelecido em 2019, e representou um passo relevante para a

institucionalização de medidas adequadas para a destinação e o tratamento de REEE provenientes de equipamentos colocados no mercado interno. Seus efeitos, contudo, são reativos ao lixo produzido no pós-consumo. Assim, não existem disposições que discorram sobre os processos de *design* e fabricação de EEE a fim de promover, por exemplo, a aplicação de materiais menos deletérios e que não produzam rejeitos ao final do ciclo de vida, ou ainda, que concebam a reintrodução de equipamentos e componentes usados nas cadeias de produção.

Neste cenário, a economia circular – EC vem recebendo especial atenção entre acadêmicos e profissionais por promover o fechamento do ciclo de vida dos produtos e a criação de novos modelos de negócio que contribuem com o crescimento econômico e o desenvolvimento sustentável (Gharibi & Abdollahzadeh, 2021; Kirchherr et al., 2017). O Brasil ainda não possui um plano efetivo sancionado para a implementação da economia circular, uma proposta de política nacional tramita no Congresso Nacional, dessa forma sua transição ocorre forma incremental e reativa, tornando necessária a adoção de medidas institucionalizadas que considerem os aspectos tecno-econômicos da economia circular para produzir resultados efetivos no envolvimento com todas as partes envolvidas. Em observância à legislação nacional, o estudo de Guarnieri e Kremer (2019, p. 15) propõe uma agenda de pesquisas futuras que recomenda a realização de “estudos que analisem os acordos setoriais da Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS do Brasil sob o ponto de vista da transição para a economia circular”.

A Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica – ABINEE (2017) enumera como um dos próximos desafios do setor o aumento do volume de REEE coletados e a integração do conceito da economia circular na fabricação de novos equipamentos, de forma a torna-los mais facilmente recicláveis e empregando uma quantidade menor de componentes de difícil tratamento.

Cabe ressaltar que vários estudos foram conduzidos acerca das definições e implicações conceituais da economia circular relacionadas à indústria de eletroeletrônicos e seus resíduos nos últimos anos (Anandh et al., 2021; Bressanelli et al., 2020, 2021; Shittu et al., 2021; Singh et al., 2021). Contudo, Bressanelli *et al.* (2020) identificaram a existência de uma lacuna relacionada às fases de *design* e fabricação dos equipamentos. Analogamente, o estudo de Guarnieri *et al.* (2016) sobre a análise da logística reversa de REEE no caso brasileiro detectou a inexistência de estudos com foco na etapa do *design* dos equipamentos.

Visando estimular o progresso e a superação de barreiras à ampla adoção dos princípios da economia circular no setor de equipamentos eletroeletrônicos – EEE no Brasil, a EMF (2017) recomenda a criação de mecanismos para influenciar processos de *design*, de forma a facilitar os procedimentos de desmontagem, reforma e remanufatura nas cadeias de revalorização nacionais.

Neste sentido, o presente artigo tem como objetivo levantar alternativas para a institucionalização dos princípios da economia circular nas fases de *design* e fabricação de equipamentos junto a diferentes *stakeholders*. Para tanto, realizou-se pesquisa qualitativa apoiada na abordagem *Strategic Options Development and Analysis – SODA* para a estruturação de problemas. O estudo contribui, em termos práticos, ao apontar estratégias com base nos princípios da economia circular referentes à adição, recuperação e retenção de valor a serem adotadas nos processos de *design* e fabricação de equipamentos. Além disso, contribui em termos científicos ao explorar lacunas existentes na literatura, ampliando a compreensão sobre as implicações econômicas, sociais e ambientais da economia circular na cadeia de revalorização de REEE. Por fim, em termos metodológicos, a pesquisa contribui ao testar a aplicação da abordagem SODA como método de estruturação de problemas para propor o endereçamento de soluções à problemática da revalorização de REEE no Brasil a partir da aplicação do conceito de economia circular.

2. Fundamentação teórica

Equipamentos eletroeletrônicos

A conceituação dos equipamentos eletroeletrônicos – EEE está, em certo nível, condicionada ao contexto político-geográfico de análise, visto que mantém estreita relação com as disposições técnicas e normativas do ambiente institucional para a gestão da cadeia de suprimentos.

No Brasil, a definição constante no texto do acordo setorial para EEE os compreende como dispositivos de uso doméstico que dependem de correntes elétricas com tensão nominal não superior a 240 V para seu adequado funcionamento (Brasil, 2019). Embora o acordo setorial brasileiro para EEE não apresente uma classificação para os equipamentos, tal como na diretiva europeia, um de seus anexos relaciona uma lista não exaustiva de mais de 200 produtos identificados com código da Nomenclatura Comum do Mercosul – NCM comercializados no mercado brasileiro.

A produção e o uso desses equipamentos exigem o consumo de uma quantidade significativa de recursos diversos, como cobre, ouro e prata, além de materiais críticos como tungstênio, nióbio e cobalto (Brito et al., 2022; Ottoni et al., 2020). De maneira indistinta, os metais ferrosos, isto é, aqueles preciosos e de terras raras, representam quase a metade do peso dos EEE, enquanto a outra metade é representada por outros materiais, como plástico e vidro. Entretanto, por se tratarem de equipamentos diversos, cada categoria de EEE tem suas particularidades e, por isso, justifica-se a necessidade de uma classificação adequada para fins da gestão da cadeia de suprimentos, incluindo dos resíduos gerados ao final da vida útil desses equipamentos, de sua fabricação, venda ou consumo, chamados de REEE ou lixo eletrônico (ABINEE, 2017; ABRELPE, 2021; União Europeia, 2003).

Economia circular

Embora tenha se tornado pauta relevante das discussões políticas, empresariais e acadêmicas nos países industrializados, não há um consenso claro quanto ao conceito de economia circular – EC, visto que vários atores sociais o influenciam e o compreendem sob diferentes abordagens conflitantes (Friant et al., 2021; Kirchherr et al., 2017; Reike et al., 2018; Schroeder et al., 2019). Nos últimos dez anos, várias revisões dedicaram-se ao estudo do conceito de EC (Blomsma & Brennan, 2017; Ghisellini et al., 2016; Kirchherr et al., 2017; Reike et al., 2018), inclusive relacionando-o a contextos alheios, como indústria produtiva (Lieder & Rashid, 2016), desenvolvimento sustentável (Geissdoerfer et al., 2017; Sauvé et al., 2016) e modelos de negócios (Lewandowski, 2016; Murray et al., 2017).

A definição de EC mais proeminente foi proposta pela Fundação *Ellen MacArthur*, que a caracteriza como um sistema restaurativo e regenerativo por concepção que objetiva manter a mais alta utilidade e valor de produtos, componentes e materiais (Bressanelli et al., 2018; EMF, 2013).

Em suma, a EC propõe que o lixo produzido não seja apenas reduzido, como também reinserido na cadeia produtiva por meio de processos empresariais sustentáveis. Assim, políticas voltadas ao tema focam primordialmente no tratamento de resíduos e na eliminação de rejeitos, por meio de abordagens que coordenem os interesses dos *stakeholders* envolvidos por uma entidade central, visando mantê-los engajados nas suas responsabilidades. (Hartley et al., 2020; Modgil et al., 2021; Rebehy et al., 2019).

O fluxo da EC possibilita que os materiais possam circular em *loops* fechados sem a geração de lixo, uma vez que o *output* da fase de reciclagem conecta-se às etapas de extração de insumos

(recursos naturais) e de manufatura por meio de estratégias de reaproveitamento de matérias-primas e de remanufatura (Forti et al., 2020; Nascimento et al., 2019). A cadeia produtiva sob a ótica da EC está ilustrada na figura 1.

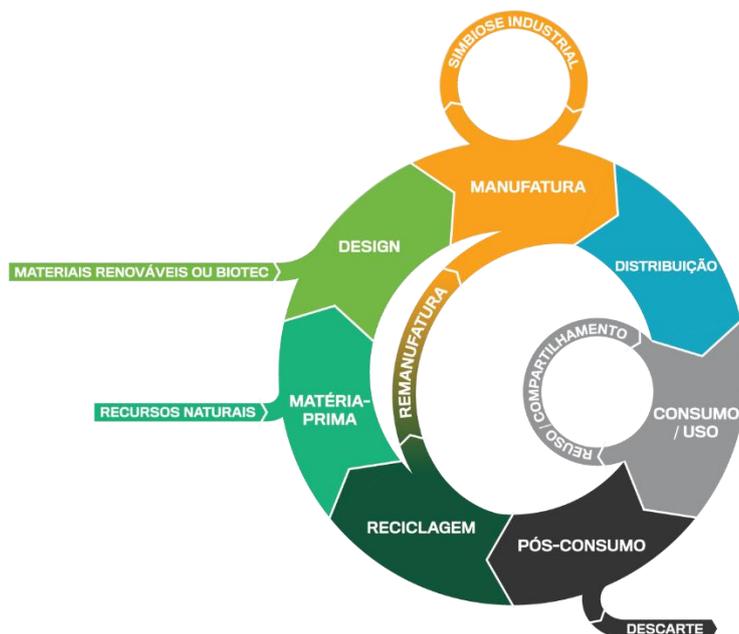


Figura 1 – Fluxo da economia circular

Fonte: Federação das Indústrias do Estado de São Paulo – FIESP. Disponível em: <<http://economiacircular.fiesp.com.br/pt/index.html>>.

A presente pesquisa tem foco nas fases do *design* e da manufatura do fluxo da economia circular. A primeira, conforme explicam Kim *et al.* (2022), consiste na aplicação de diretrizes circulares de desenho de produto para assegurar que parceiros e outros *stakeholders* relevantes cumpram os requisitos das etapas seguintes.

Leal *et al.* (2020) argumentam que as cadeias de revalorização não são adaptadas o suficiente para o fim do ciclo de vida dos produtos que processam e, concomitantemente, os produtos não são suficientemente bem desenhados para serem integrados às suas cadeias de revalorização. Neste sentido, é necessária uma sinergia entre os *designers* de produto e os *stakeholders* da cadeia de revalorização para o *design* de equipamentos otimizados para o fim do ciclo de vida (do inglês, *design for EoL*), mas a inexistência de fluxos de comunicação e o lapso temporal entre a fase de *design* de produto e o tratamento de pós-consumo favorece a manutenção de uma lacuna entre esses atores.

A manufatura circular, por sua vez, consiste no processo de produção de bens para atender às demandas de mercado, minimizando o impacto ambiental negativo, conservando o consumo de energia e de recursos naturais e assegurando a segurança das partes envolvidas. Nesta etapa analisa-se o ciclo de vida do produto para aplicação dos princípios de circularidade (reduzir, reusar, reciclar, recuperar, redesenhar e remanufaturar) (Fazleena et al., 2015). Diferentes estratégias são aplicadas nesta etapa, tais como a mineração urbana (Ottoni et al., 2020); a utilização de energias renováveis (Scomazzon, 2021); a produção enxuta, do inglês *lean manufacturing* (Gaustad et al., 2018; Tipu, 2021); e, a simbiose industrial (Lieder & Rashid, 2016).

O estudo de Gaustad *et al.* (2018) sobre estratégias da economia circular para mitigar problemas na etapa de manufatura identificou como principais medidas a serem adotadas no nível organizacional: a melhoria da eficiência de recursos, a formação de alianças estratégicas com

fornecedores; o investimento em pesquisa e desenvolvimento; o investimento em reutilização; o redesenho de produtos; e, a substituição de materiais e insumos.

Neste sentido, a aplicação de princípios da economia circular às fases de *design* e fabricação de equipamentos eletroeletrônicos tem um grande potencial de contribuir com o aprimoramento da cadeia de revalorização dos REEE, na medida em que representa uma oportunidade econômica relevante para a recuperação de recursos materiais caros e escassos, além de contribuir para a redução da emissão de gases do efeito estufa (especialmente relacionados à cadeia de suprimentos) e do impacto ambiental da produção e do consumo desse tipo de equipamento (Bressanelli et al., 2021; Cucchiella et al., 2015).

3. Métodos e técnicas de pesquisa

A pesquisa realizada classifica-se como **indutiva**, uma vez que parte de dados particulares, suficientemente constatados, e visa inferir uma verdade geral não contida nas partes examinadas (Marconi & Lakatos, 2003); **aplicada**, na medida em que “objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigidos à solução de problemas específicos” (Silva & Menezes, 2005, p. 20); **exploratória**, uma vez que intenta ampliar a compreensão do problema, tornando-o mais explícito e possibilitando a formulação de hipóteses, e **descritiva**, uma vez que preocupa-se em descrever as características do fenômeno para a identificação de relações entre variáveis (Silva & Menezes, 2005); e, por fim, **qualitativa** visto que explora e compreende o significado que indivíduos ou grupos atribuem a problemas sociais ou humanos subjetivamente (Creswell & Creswell, 2018).

Os dados afins à consecução do objetivo da pesquisa foram coletados por meio de **entrevistas**, que se configuram como um procedimento técnico essencialmente qualitativo no qual o pesquisador apresenta-se a um indivíduo e lhe formula perguntas de maneira metódica, sob a forma de um diálogo assimétrico, a fim de obter dados caros à investigação científica (Gil, 2008; Marconi & Lakatos, 2003). A entrevista é uma técnica amplamente utilizada na pesquisa social para o levantamento de informações sobre “o que as pessoas sabem; creem; esperam; sentem ou desejam; pretendem fazer, fazem ou fizeram; bem como acerca das suas explicações ou razões a respeito das coisas precedentes” (Gil, 2008, p. 128).

Marconi e Lakatos (2003) destacam que a entrevista pode ser: i) padronizada ou estruturada, na qual o entrevistador segue um roteiro ou formulário previamente planejado rigidamente; ii) despadronizada ou não-estruturada, na qual o entrevistador é dotado de liberdade para realizar as perguntas que julgar adequadas – normalmente abertas e respondidas dentro de uma conversa informal; e, iii) painel, na qual o entrevista realiza um conjunto de perguntas padronizadas em intervalos temporais curtos para verificar a evolução de opiniões. Flick (2013) acrescenta a entrevista semiestruturada como uma variedade da técnica, na qual o entrevistador prepara um rol de perguntas para atender ao objetivo pretendido para a entrevista, mas não se restringe a elas. Para esta pesquisa, optou-se pela realização de entrevistas do tipo **semiestruturadas** a partir de roteiro previamente planejado pelo pesquisador, que se baseou na metodologia de estruturação de problemas SODA.

O roteiro de entrevista semiestruturada foi submetido à **validação semântica por juízes** previamente à realização da coleta de dados. Este procedimento tem como finalidade submeter o instrumento qualitativo de pesquisa à avaliação semântica por técnicos especialistas para observação de critérios como clareza de linguagem, pertinência prática e relevância teórica (Greco et al., 2015), além da organização, clareza, objetividade, fluidez de leitura e entendimento do conteúdo (Hermida & Araújo, 2006). A escolha dos juízes foi feita com base no conhecimento e experiência nas bases conceituais do estudo, avaliada com base na

quantidade e qualidade das publicações em periódicos científicos nacionais e estrangeiros verificada na Plataforma Lattes em janeiro de 2023.

A amostra da pesquisa foi composta por meio da técnica *snowball*, caracterizada como uma amostra não-probabilística formada solicitando-se a um grupo de indivíduos de uma população para apontarem outros indivíduos repetidamente até a saturação (Thompson, 2012). Inicialmente, realizou-se um levantamento de representantes de organizações de interesse (n = 8), isto é, *stakeholders* do SLR para EEE brasileiro firmado a partir da assinatura do acordo setorial, tal como sugerem Souza *et al.* (2015). Esses representantes foram contatados por meio de telefone, e-mail e/ou perfil no LinkedIn para convite à participação na entrevista semiestruturada.

Valendo-se da amostragem *snowball*, foram indicados à participação na pesquisa um total de 29 indivíduos, cujos dados para contato foram compartilhados pelos próprios participantes que os indicaram. Destes, foram contatados 17 indivíduos com base na relevância do *stakeholder* indicado e na frequência de indicação, visto que alguns *stakeholders* foram indicados mais de uma vez. Ao final, foram realizadas 12 entrevistas (~71% do total de *stakeholders* indicados), quantidade na qual foi atingida a saturação teórica ou saturação de dados que, de acordo com Bowen (2008), ocorre por meio da inclusão de participantes no estudo continuamente até que o conjunto de dados esteja completo, isto é, haja replicação ou redundância dos dados e que nada novo seja adicionado.

As entrevistas foram realizadas a distância, em formato virtual, o que possibilitou um maior alcance de *stakeholders*, visto que as organizações estão sediadas em diferentes Unidades da Federação – UF. Para tanto, utilizou-se a Plataforma Microsoft Teams®, uma vez que permite a gravação e a transcrição das falas em tempo real para posterior categorização e análise.

As transcrições das entrevistas foram tabuladas em planilha eletrônica, com apoio do *software* Microsoft Excel®, para possibilitar a análise dos dados e estruturação do problema de pesquisa segundo a abordagem SODA, que consiste em uma abordagem *Soft OR* utilizada para a identificação de problemas gerais por meio da modelagem de mapas cognitivos para elicitar e registrar a visão de um grupo de indivíduos sobre uma determinada situação problema (Eden & Ackermann, 2001; Mingers & Rosenhead, 2004; Rosenhead, 1996). Hjortsø (2004) acrescenta que o SODA fornece uma forma de identificar e estruturar preocupações subjetivas, enquadrando-as em um contexto mais amplo com vistas a obter o entendimento e o acordo de um grupo e valorizar o trabalho coletivo.

Mingers (2011) explica que o método SODA originou-se da técnica de mapeamento cognitivo, desenvolvida por Colin Eden, para suportar o entendimento da maneira com que diferentes pessoas envolvidas em uma determinada situação-problema a compreendem. Eden (1988), inspirado pela Teoria dos Construtos Pessoais, fundamentou a técnica de mapeamento cognitivo sobre três afirmativas: i) os indivíduos conferem sentido ao mundo por meio de contrastes e similaridades (ou seja, o significado, no contexto de uma ação, deriva do relativismo); ii) os indivíduos procuram explicar o mundo continuamente; e, iii) os indivíduos procuram compreender os significados organizando conceitos de forma hierárquica, de forma que alguns construtos são superiores a outros.

Os mapas cognitivos, neste sentido, são uma representação visual da percepção particular de uma pessoa sobre uma situação problemática, nos quais cada bloco de texto representa um construto e os *links* entre os construtos representam o seu significado em termos de explicações e consequências.

A opção pelo SODA, dentre os demais PSM, justificou-se por seu foco no suporte à estruturação e percepção do problema, visto que oferece uma maior interação e entendimento do problema

aos atores, que possuem diferentes interesses e pontos de vista, para o estabelecimento de um plano de ação para o endereçamento de soluções (Guarnieri *et al.*, 2016). O processo de aplicação do método SODA foi composto por quatro etapas fundamentais, a saber: i) a elaboração dos mapas cognitivos individuais com base nos dados obtidos nas entrevistas semiestruturadas; ii) a apresentação dos mapas individuais para reconhecimento e aceite pelos entrevistados; iii) a consolidação dos mapas individuais no mapa do grupo; e, iv) o consenso e acordo do grupo quanto à análise resultante do mapa consolidado (Vidal, 2005).

Os mapas cognitivos foram elaborados com o apoio do *software* CMAP Tools® (Versão 6.04) e apresentados aos entrevistados para apreciação, validação e consenso) por e-mail. Os retornos obtidos foram analisados pelo pesquisador para aprimoramento dos diagramas.

4. Análise e discussão dos resultados

Um conjunto de perguntas foi feito aos entrevistados a fim de identificar práticas relacionadas às fases de *design* e fabricação dos EEE com base nos princípios da economia circular, bem como as consequências de suas aplicações na cadeia produtiva, com vistas à consecução do objetivo de aprimorar a cadeia de revalorização de REEE no Brasil.

No mapa agregado (ilustrado na Figura 2) podem ser verificados três *clusters*, definidos como um agrupamento de construtos com o maior número de ligações entre eles e que compartilham uma ideia ou área de preocupação (Rieg & Araújo Filho, 2003). Os *clusters* identificados na figura, ilustrados na parte superior do mapa, mantêm relação com o marco teórico que conceitua a economia circular, são eles: i) ações para a recuperação de valor; ii) ações para a adição de valor; e, iii) ações para a retenção de valor. Na parte inferior, estão ilustrados os construtos do tipo *head* (cabeça), que identificam os objetivos finais ou os problemas que devem ser superados na visão dos *stakeholders*.

O primeiro *cluster* agrupa os construtos (ou opções estratégicas) afins à recuperação de valor dos recursos disponíveis nos EEE. Vale destacar que as opções estratégicas identificadas se referem a estratégias que podem ser adotadas pelos tomadores de decisão para a consecução dos construtos-cabeça. Os construtos que integram este *cluster* foram citados por diferentes entrevistados embora não tenham relação direta com as fases de *design* e fabricação dos equipamentos, na condição de requisitos ou fatores contextuais indispensáveis ao aprimoramento da cadeia de revalorização de EEE, viabilizando os processos de logística reversa e de mineração urbana. O segundo *cluster* agrupa as opções estratégicas afins à adição de valor aos recursos disponíveis nos EEE. Os construtos que integram este *cluster* versam sobre o desenho de soluções que atendam às necessidades humanas de forma sustentável, influenciando os processos de *design* e fabricação de bens e serviços a partir de novos modelos de negócios e do *ecodesign*. O terceiro e último *cluster* agrupa as opções estratégicas afins à retenção de valor aos recursos disponíveis nos EEE. Os construtos que integram este *cluster* referem-se a estratégias para o prolongamento da vida útil dos equipamentos, podendo ou não passar por soluções que influenciam diretamente seus processos de *design* e fabricação.

Esse foco na maximização do valor reflete uma evolução do conceito de economia circular 3.0 proposta por Reike *et al.* (2018), que assume o potencial da economia circular para frear o crescimento do uso de recursos sob o argumento de ganhos econômicos. Neste novo paradigma, observa-se a busca pela otimização dos recursos naturais por meio de processos de manufatura e modelos de negócio integrados às novas tecnologias; de melhorias no *design* dos produtos, na atração de consumidores-alvo, no monitoramento e rastreamento das atividades dos produtos; de fornecimento de suporte técnico; de oferta de manutenção preditiva e preventiva; na otimização do uso dos produtos; no *upgrading* de produtos; e, no aprimoramento de atividades de renovação no final do ciclo de vida (Bressanelli *et al.*, 2018).

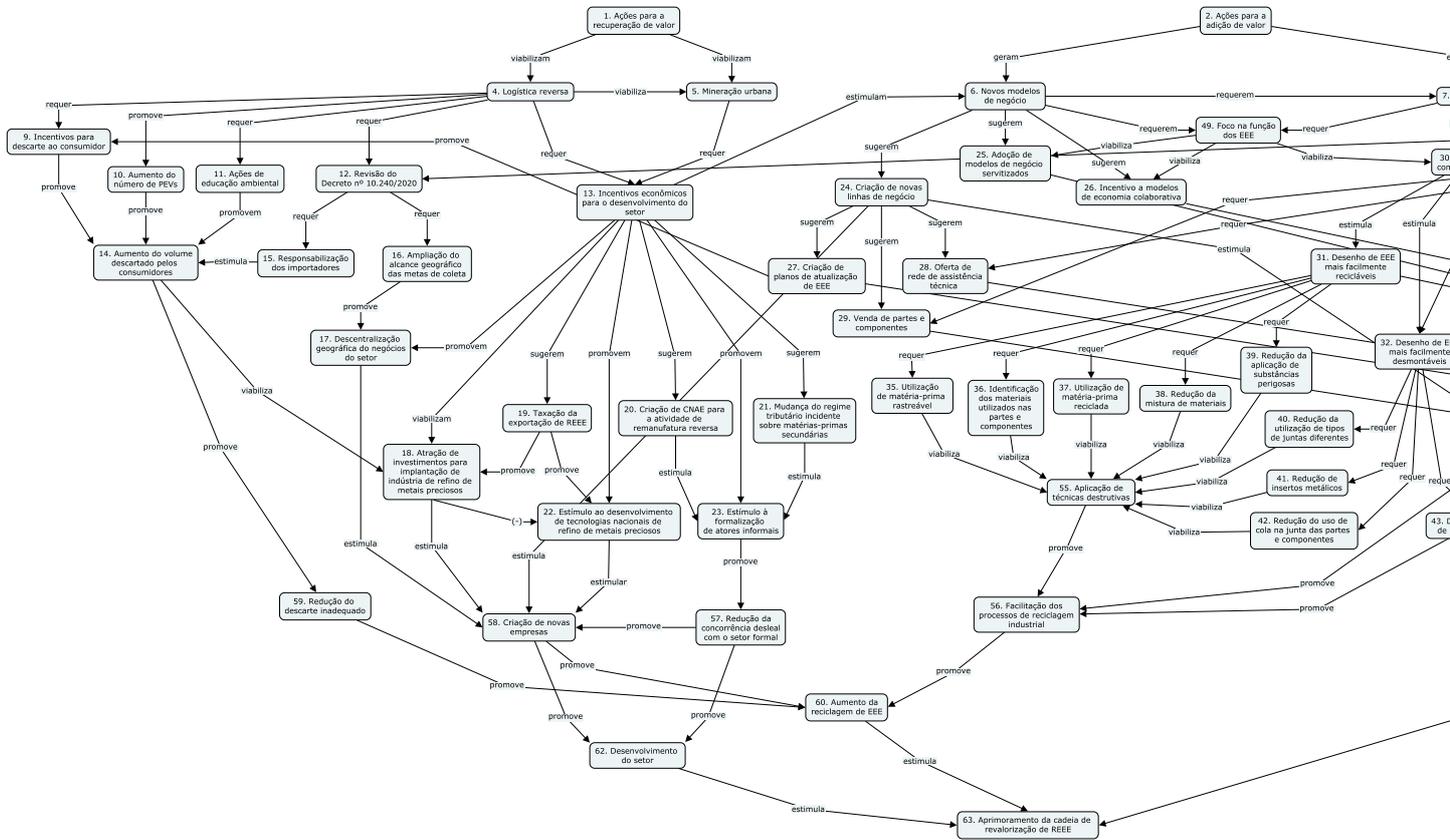


Figura 2 – Mapa cognitivo agregado

Fonte: Autoria própria (2023) com *software* CMAP Tools®.

Sob esse entendimento de economia circular, convergem as estratégias de *design for EoL* e *design* circular propostas por Berwald *et al.* (2021), Bovea & Pérez-Belis (2018), Leal *et al.* (2020) e Shahbazi *et al.* (2021), dentre as quais foram citadas pelos entrevistados desta pesquisa i) a viabilização do autorreparo; ii) a criação de novas linhas de negócio; iii) a adoção de modelos de negócio servitizados; iv) a adoção do conceito de DfX; v) a utilização de matéria-prima rastreável; vi) a identificação dos materiais utilizados nas partes e componentes; viii) a utilização de matéria-prima reciclada; ix) a redução da mistura de materiais; x) a redução da aplicação de substâncias perigosas; xi) a redução da utilização de tipos de juntas diferentes; xii) a redução de insertos metálicos; xiii) a redução do uso de cola na junta das partes e componentes; xiv) o desenvolvimento de EEE modulares; xv) a eliminação das estratégias de obsolescência programada; xvi) a cocriação de EEE entre atores da cadeia de suprimentos; xvii) a aplicação de materiais mais resistentes; xviii) a avaliação do ciclo de vida de EEE; xix) o desenvolvimento de EEE recicláveis; e, xx) o foco na função dos EEE.

Dentre as estratégias de manufatura circular, somente a mineração urbana (Ottoni *et al.*, 2020) foi citada pelos participantes da pesquisa. Contudo, as fases do processo de manufatura em cadeias de suprimentos de *loop* fechado indicadas por Lieder & Rashid (2016) puderam ser identificadas nas falas dos entrevistados como etapas dos fluxos produtivos circulares. Ademais, no escopo das ações de adição, retenção e recuperação de valor, foram citadas a melhoria da eficiência de recursos, a cocriação com parceiros da cadeia de suprimentos, o desenvolvimento de tecnologias de refino, o investimento em reutilização, o redesenho de produtos e a substituição de materiais e insumos, em alinhamento a Gaustad *et al.* (2018).

As considerações dos entrevistados acerca das consequências da implementação dessas estratégias (construtos do tipo *head*) foram além daquelas apontadas por Bressanelli *et al.* (2021) e Cucchiella *et al.* (2015), que advogam a favor da oportunidade econômica para a recuperação de recursos materiais caros e escassos, da redução da emissão de gases do efeito estufa (especialmente relacionados à cadeia de suprimentos) e do impacto ambiental da produção e do consumo desse tipo de equipamento. A implementação das estratégias tem o potencial de aumentar o volume descartado pelos consumidores, reduzir a geração de resíduos, facilitar os processos de reciclagem industrial, reduzir o descarte inadequado, aumentar a reciclagem de EEE, desenvolvimento o setor e, em última instância, aprimorar a cadeia de revalorização de REEE.

Sua viabilidade, entretanto, perpassa pela revisão dos marcos regulatórios vigentes a fim de que contribuam para a superação dos gargalos apontados. Embora tenha sido levantado, durante as entrevistas, a pertinência do modelo de responsabilidade compartilhada adotado no Brasil frente ao modelo EPR adotado em países europeus, Rebehy *et al.* (2019) argumentam que os princípios preconizados pela PNRS brasileira são consistentes e alinhados àqueles observados nos países desenvolvidos.

Assim, a necessidade de revisão dos marcos regulatórios justifica-se pela convergência dos resultados da pesquisa com os apontamentos de Xavier *et al.* (2021) acerca da não especificação das metas quantitativas e prazos para a implementação dos princípios da PNRS, de Ottoni *et al.* (2020) acerca da ausência de SLR para REEE adequados na maior parte das cidades do país, e de Rebehy *et al.* (2019) acerca dos desafios enfrentados pela indústria, nomeadamente i) a concentração de empresas de reciclagem nas regiões sul e sudeste do Brasil, que aumentam os custos de transporte dos resíduos provenientes de outras regiões do país; ii) os altos custos operacionais relacionados à logística, à recuperação e à venda dos materiais; iii) o baixo valor agregado dos itens recuperados comparado aos altos custos da operação; iv) a grande dispersão geográfica dos resíduos; e, v) o incipiente apoio governamental para a coleta seletiva.

O Estado foi acusado como um ator viabilizador de toda a cadeia de revalorização, que é integrada por catadores (organizados em cooperativas ou não), consumidores, distribuidores, entidade gestora, fabricantes, importadores, operadores de manufatura reversa, recicladoras e varejistas. Do ponto de vista institucional, mecanismos de isomorfismo coercitivo podem ser efetivos para a estruturação do campo organizacional na medida em que sejam propostos instrumentos de regulação e fiscalização legítimos e eficazes (Meyer & Rowan, 1977). A realidade ilustrada pelos entrevistados traduz um cenário no qual a inexistência de mitos racionalizados dificulta um processo efetivo de institucionalização de princípios. As empresas que empregam as estratégias citadas o fazem por metas individuais proativas e por uma orientação estratégica particular, não influenciando outros atores do meio por meio de processos de isomorfismo mimético.

5. Considerações finais

Este artigo teve como objetivo levantar opções estratégicas para a institucionalização dos princípios da economia circular nas fases de design e fabricação de equipamentos com base na abordagem SODA. A pesquisa demonstrou que o *design* dos EEE é um dos principais gargalos à cadeia de revalorização do REEE no Brasil, além das dificuldades logísticas em função das dimensões geográficas do país, da regulamentação do setor, do comportamento do consumidor e de características do mercado. O aprimoramento da cadeia, portanto, perpassa pela implementação de ações que viabilizem a adição, à recuperação e à retenção de valor dos EEE.

As ações de recuperação de valor levantadas relacionam-se indiretamente com as fases de *design* e fabricação dos equipamentos, uma vez que representam requisitos ou fatores contextuais indispensáveis ao aprimoramento da cadeia de revalorização de EEE, viabilizando processos de logística reversa e de mineração urbana. As ações de adição de valor versam sobre o desenho de soluções que atendam às necessidades humanas de forma sustentável, influenciando os processos de design e fabricação de bens e serviços a partir de novos modelos de negócios e do *ecodesign*. As ações de retenção de valor, por fim, referem-se a estratégias para o prolongamento da vida útil dos equipamentos, podendo ou não passar por soluções que influenciam diretamente seus processos de *design* e fabricação. A implementação dessas ações é viável mediante a revisão dos marcos regulatórios vigentes a fim de que contribuam para a superação dos gargalos apontados.

Nesta perspectiva, a pesquisa contribui em termos práticos ao apontar estratégias com base nos princípios da economia circular referentes à adição, recuperação e retenção de valor, a serem adotadas nos processos de *design* e fabricação de equipamentos. Além disso, a pesquisa contribui em termos científicos ao explorar lacunas apontadas por Guarnieri *et al.* (2016), Guarnieri e Kremer (2019), Bressanelli *et al.* (2020) e EMF (2017), ampliando a compreensão sobre as implicações econômicas, sociais e ambientais da economia circular na cadeia de revalorização de REEE. Por fim, em termos metodológicos, a pesquisa contribui ao testar a aplicação da abordagem SODA como método de estruturação de problema para propor o endereçamento de soluções à problemática da revalorização de REEE no Brasil a partir da aplicação do conceito de economia circular.

No âmbito da pesquisa verificou-se que diferentes tipos de equipamentos e materiais sugerem diferentes estratégias. Por isso, estudos futuros poderiam explorar as implicações dos princípios da economia circular nas fases de *design* e fabricação de equipamentos por linhas, segundo a classificação mais recorrentemente utilizada.

É válido pontuar ainda que as experiências de aplicação da abordagem SODA relatadas na literatura referem-se a aplicações feitas em organizações ou em conjuntos de organizações que de alguma forma estão sob uma estrutura hierárquica. Neste cenário, onde há um "patrocínio"

top-down, gerar o comprometimento dos atores parece ser mais fácil porque há uma liderança comum. No caso desta pesquisa, cujos participantes representam organizações sem qualquer vínculo, assegurar a participação de todos nas etapas de aplicação do método representou um desafio, especialmente no que diz respeito à conciliação de agendas para a realização de *workshops*. Por esta razão, foram empregadas estratégias alternativas, como a validação do mapa agregado por e-mail contendo um vídeo explicativo do modelo. Estudos futuros de abordagem qualitativa podem explorar a problemática sob a ótica de outros PSM. Ou, alternativamente, utilizar o SODA dentro de uma mesma organização (fabricante, importador, distribuidor ou varejista) para estruturar o problema em um cenário de menor heterogeneidade de atores. Complementarmente, estudos de abordagem qualitativa podem ser conduzidos com foco na análise da viabilidade econômica da implementação das estratégias nas fases de *design* e fabricação de EEE sob o ponto de vista das empresas, bem como da viabilidade de incentivos econômicos e subsídios governamentais para estimular o desenvolvimento do setor sob o ponto de vista do poder público.

Referências

- ABINEE. (2017). *A indústria elétrica e eletrônica impulsionando a economia verde e a sustentabilidade*.
- ABRELPE. (2021). *Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil 2021*.
- Anandh, G., PrasannaVenkatesan, S., Goh, M., & Mathiyazhagan, K. (2021). Reuse assessment of WEEE: Systematic review of emerging themes and research directions. *Journal of Environmental Management*, 287.
- Berwald, A., Dimitrova, G., Feenstra, T., Onnekink, J., Peters, H., Vyncke, G., & Ragaert, K. (2021). Design for Circularity Guidelines for the EEE Sector. *SUSTAINABILITY*, 13(7).
- Blomsma, F., & Brennan, G. (2017). The Emergence of Circular Economy: A New Framing Around Prolonging Resource Productivity. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 603–614.
- Bowen, G. A. (2008). Naturalistic inquiry and the saturation concept: A research note. *Qualitative Research*, 8(1), 137–152.
- Brasil. (2019). Acordo setorial para implementação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos de uso doméstico e seus componentes. In *Brasília/DF* (p. 31).
- Bressanelli, G., Adrodegari, F., Perona, M., & Saccani, N. (2018). Exploring how usage-focused business models enable circular economy through digital technologies. *Sustainability (Switzerland)*, 10(3).
- Bressanelli, G., Pigosso, D. C. A., Saccani, N., & Perona, M. (2021). Enablers, levers and benefits of Circular Economy in the Electrical and Electronic Equipment supply chain: a literature review. *Journal of Cleaner Production*, 298, 126819.
- Bressanelli, G., Saccani, N., Pigosso, D. C. A., & Perona, M. (2020). Circular Economy in the WEEE industry: a systematic literature review and a research agenda. *Sustainable Production and Consumption*, 23, 174–188.
- Brito, J. L. R. de, Ruiz, M. S., Kniess, C. T., & Santos, M. R. dos. (2022). Reverse remanufacturing of electrical and electronic equipment and the circular economy. *Revista de Gestão*.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: qualitative, quantitativa and mixed methods approaches* (5^a ed.). Sage Publications.

- Cucchiella, F., D'Adamo, I., Koh, S. C. L., & Rosa, P. (2015). Recycling of WEEEs: An economic assessment of present and future e-waste streams. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 51, 263–272.
- Eden, C. (1988). Cognitive mapping. *European Journal of Operational Research*, 36(1), 1–13.
- Eden, C., & Ackermann, F. (2001). SODA - The principles. In *Rational Analysis for a Problematic World Revisited* (2nd ed., pp. 21–41). John Wiley & Sons Inc.
- EMF. (2013). Towards the Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition. In *Ellen MacArthur Foundation* (Vol. 1).
- EMF. (2017). *Uma economia circular no Brasil: Uma abordagem exploratória inicial*.
- Fazleena, B., Shuaib, M. A., Jawahir, I. S., & Lu, T. (2015). Sustainable Value Creation in Manufacturing at Product and Process Levels: Metrics-Based Evaluation. In *HandBook of Manufacturing Engineering and Technology* (pp. 3343–3375). Springer-Verlag.
- Flick, U. (2013). *Introdução à metodologia de pesquisa: um guia para iniciantes*. Penso.
- Forti, V., Baldé, C. P., Kuehr, R., & Bel, G. (2020). *The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential*. United Nations University (UNU)/United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) – co-hosted SCYCLE Programme, International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA). Bonn/Geneva/Rotterdam.
- Friant, M. C., Vermeulen, W. J. V., & Salomone, R. (2021). Analysing European Union circular economy policies: words versus actions. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 337–353.
- Gaustad, G., Krystofik, M., Bustamante, M., & Badami, K. (2018). Circular economy strategies for mitigating critical material supply issues. *Resources, Conservation and Recycling*, 135, 24–33.
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768.
- Gharibi, K., & Abdollahzadeh, S. (2021). A mixed-integer linear programming approach for circular economy-led closed-loop supply chains in green reverse logistics network design under uncertainty. *Journal of Enterprise Information Management*.
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11–32.
- Gil, A. C. (2008). Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. In *Métodos e técnicas de pesquisa social* (6ª Ed., Vol. 264). Editora Atlas.
- Greco, P. J., Perez Morales, J. C., Aburachid, L. M. C., & Silva, S. R. da. (2015). Evidência de validade do teste de conhecimento tático processual para orientação esportiva. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, 29(2), 313–324.
- Green Eletron. (2021). *Resíduos eletrônicos no Brasil - 2021*. <https://greeneletron.org.br/pesquisa>
- Guarnieri, P., e Silva, L. C., & Levino, N. A. (2016). Analysis of electronic waste reverse logistics decisions using Strategic Options Development Analysis methodology: A Brazilian case. *Journal of Cleaner Production*, 133, 1105–1117.
- Guarnieri, P., & Kremer, J. (2019). Economia circular: análise das publicações internacionais

- na última década a fim de identificar uma agenda de pesquisa. *XLIII EnANPAD*, 2015, 1–17.
- Hartley, K., van Santen, R., & Kirchherr, J. (2020). Policies for transitioning towards a circular economy: Expectations from the European Union (EU). *Resources, Conservation and Recycling*, 155(June 2019), 104634.
- Hermida, P. M. V., & Araújo, I. E. M. (2006). Elaboração e validação do instrumento de entrevista de enfermagem. *Revista Brasileira de Enfermagem*, 59(3), 314–320.
- Hjortsø, C. N. (2004). Enhancing public participation in natural resource management using Soft OR - An application of strategic option development and analysis in tactical forest planning. *European Journal of Operational Research*, 152(3), 667–683.
- Kim, C. H., Kuah, A. T. H., & Thirumaran, K. (2022). Morphology for circular economy business models in the electrical and electronic equipment sector of Singapore and South Korea: Findings, implications, and future agenda. *Sustainable Production and Consumption*, 30, 829–850.
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232.
- Leal, J. M., Pompidou, S., Charbuillet, C., & Perry, N. (2020). Design for and from recycling: A circular ecodesign approach to improve the circular economy. *SUSTAINABILITY*, 12(23), 1–30. <https://doi.org/10.3390/su12239861> WE - Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED) WE - Social Science Citation Index (SSCI)
- Lewandowski, M. (2016). Designing the business models for circular economy-towards the conceptual framework. *Sustainability (Switzerland)*, 8(1), 1–28.
- Lieder, M., & Rashid, A. (2016). Towards circular economy implementation: A comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, 115, 36–51.
- Marconi, M., & Lakatos, E. (2003). Fundamentos de metodologia científica. In *Editora Atlas S. A.*
- Meyer, J. W., & Rowan, B. (1977). Institutionalized Organizations: Formal Structure as Myth and Ceremony. *American Journal of Sociology*, 83(2), 340–363.
- Mingers, J. (2011). Soft OR comes of age-but not everywhere! *Omega*, 39(6), 729–741.
- Mingers, J., & Rosenhead, J. (2004). Problem structuring methods in action. *European Journal of Operational Research*, 152(3), 530–554.
- Modgil, S., Gupta, S., Sivarajah, U., & Bhushan, B. (2021). Big data-enabled large-scale group decision making for circular economy: An emerging market context. *Technological Forecasting and Social Change*, 166.
- 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.
- Nascimento, D. L. M., Alencastro, V., Quelhas, O. L. G., Caiado, R. G. G., Garza-Reyes, J. A., Lona, L. R., & 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.
- Nowakowski, P., & Mrówczyńska, B. (2018). Towards sustainable WEEE collection and transportation methods in circular economy - Comparative study for rural and urban

- settlements. *Resources, Conservation and Recycling*, 135(January 2017), 93–107.
- Otoni, M., Dias, P., & Xavier, L. H. (2020). A circular approach to the e-waste valorization through urban mining in Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 261, 120990.
- Rebehly, P. C. P. W., Lima, S. A. dos S., Novi, J. C., & Salgado Jr., A. P. (2019). Reverse logistics systems in Brazil: Comparative study and interest of multistakeholders. *Journal of Environmental Management*, 250(June), 109223.
- Reike, D., Vermeulen, W. J. V., & Witjes, S. (2018). The circular economy: New or Refurbished as CE 3.0? — Exploring Controversies in the Conceptualization of the Circular Economy through a Focus on History and Resource Value Retention Options. *Resources, Conservation and Recycling*, 135, 246–264.
- Rieg, D. L., & Araújo Filho, T. de. (2003). Mapas Cognitivos como Ferramenta de Estruturação e Resolução de Problemas: o caso da pró-reitoria de extensão da UFSCar. *Gestão & Produção*, 10(2), 145–162.
- Rosenhead, J. (1996). What's the problem? An introduction to problem structuring methods. *Interfaces*, 26(6), 117–131.
- Sauvé, S., Bernard, S., & Sloan, P. (2016). Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. *Environmental Development*, 17, 48–56.
- Schroeder, P., Anggraeni, K., & Weber, U. (2019). The Relevance of Circular Economy Practices to the Sustainable Development Goals. *Journal of Industrial Ecology*, 23(1), 77–95.
- Scomazzon, P. (2021). *Modelo de referência para prática do design orientada à economia circular*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Shittu, O. S., Williams, I. D., & Shaw, P. J. (2021). Global E-waste management: Can WEEE make a difference? A review of e-waste trends, legislation, contemporary issues and future challenges. *Waste Management*, 120, 549–563.
- Silva, E. L., & Menezes, E. M. (2005). *Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação* (4ª ed.). Universidade Federal de Santa Catarina.
- Singh, S., Trivedi, B., Dasgupta, M. S., & Routroy, S. (2021). A bibliometric analysis of circular economy concept in E-waste research during the period 2008-2020. *Materials Today: Proceedings*, 46, 8519–8524.
- Souza, R. G., Rosenhead, J., Salhofer, S. P., Valle, R. A. B., & Lins, M. P. E. (2015). Definition of sustainability impact categories based on stakeholder perspectives. *Journal of Cleaner Production*, 105, 41–51.
- Thompson, S. (2012). *Sampling* (3ª ed.). Wiley.
- Tipu, S. A. A. (2021). Organizational change for environmental, social, and financial sustainability: A systematic literature review. *Review of Managerial Science*, 0123456789.
- União Europeia. (2003). *Diretiva 2002/96/CE do Parlamento Europeu e do Conselho relativa aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE)*.
- Vidal, R. V. V. (2005). Soft or Approaches. *Engevista*, 7(1), 4–20.