

Indicadores da Economia Circular e o Desenvolvimento de Produtos Circulares: uma revisão sistemática de literatura



Marina Fernandes Aguiar (UNESP)

marinafernandesaguiar@gmail.com

Fernanda Cortegoso de Oliveira Frascareli (UNESP)

fernanda.frascareli@unesp.br

Marco Antonio Paula Pinheiro (UNESP)

marco.pinheiro@unesp.br

Rafael Mattos Deus (UNESP)

rafaelmdeus@gmail.com

Daniel Jugend (UNESP)

daniel.jugend@unesp.br

O objetivo deste artigo é analisar a literatura recente considerando a integração e aplicação de indicadores de economia circular (EC) e o desenvolvimento de produtos circulares (DPC). Para isso, aplicou-se técnicas de bibliometria e classificação considerando todo o histórico de publicação disponível na base de dados Scopus. Análises sobre os principais periódicos, editoras, tipos de abordagens de métodos de pesquisas, além de um estudo sobre os países e continentes que mais apresentam pesquisas nas áreas foram realizadas. Os resultados apresentam crescimento constante das pesquisas que abordam questões de indicadores da EC e DPC. Notou-se também que há maior destaque em pesquisa nos países do continente europeu e com predominância da aplicação de métodos de pesquisa mistos, o que demonstra preocupação em integrar no tema as abordagens teórica e empírica.

Palavras-chave: Economia circular, indicadores de performance, desenvolvimento de novos produtos.

1. Introdução

A economia circular (EC) é um modelo de pensamento que visa fechar o ciclo dos materiais, pois nela os produtos são projetados de tal forma que busquem um metabolismo cíclico (BRAUNGART; MCDONOUGH; BOLLINGER, 2007). Pode-se definir EC como um sistema industrial restaurador ou regenerativo por intenção. O termo “final de vida” de um produto é, então, substituído pela restauração, por meio de energias renováveis, eliminação de materiais tóxicos e a eliminação total de resíduos (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2015). Os princípios fundamentais da EC são o de *design* para a redução, reutilização, reciclagem, remanufatura, reclassificação dos materiais e utilização de energias renováveis (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016).

A fundação Ellen MacArthur, instituição internacionalmente disseminadora dos conceitos de EC, sugere várias abordagens para a revalorização por meio de alguns princípios como preservação e aprimoramento do capital natural, visando o controle de estoques finitos e o equilíbrio dos recursos; otimização do rendimento de recursos buscando a circularidade dos produtos, tanto no ciclo técnico quanto no biológico; estímulo à efetividade do sistema para a eliminação total de externalidades negativas; tratar resíduos como um recurso; projeto para desmontagem; padronizar e modularizar; selecionar materiais de matéria-prima com base no potencial de circularidade; promover resiliência através da diversidade e obter energia de fontes renováveis (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2015).

Entretanto, para avaliar se os princípios da EC estão refletindo em mudanças significativas, é necessário que um sistema de medição seja desenvolvido (GENG et al. 2013). Indicadores baseados em EC constituem uma ferramenta que pode auxiliar na transição do modelo linear (extrair - produzir, usar – descartar) para um circular, uma vez que a EC visa propor ações para fechamento do fluxo de sistemas materiais e biológicos. Assim, diversos indicadores de sustentabilidade podem contribuir para a medição. Entretanto, muitos deles abrangem o nível da empresa e não do produto (CAYZER et al., 2017) e, além disso, não foram projetados para avaliar um conjunto sistêmico fechado que caracteriza a EC (GENG et al., 2013).

Avaliar o desempenho da circularidade do produto não é tarefa simples, mas tem ganhado destaque entre as empresas e profissionais da indústria e que desejam efetivamente se beneficiar da EC (SAIDANI et al., 2017). Assim, a análise e proposição de métodos e ferramentas para avaliar e aprimorar o desempenho do produto, à luz da EC, se torna um aspecto relevante, mesmo que ainda seja pouco explorado pela literatura (SAIDANI et al., 2017). Desta

forma, entre os vários desafios referentes à transição do modelo atual para um sistema circular está a necessidade de medir o desempenho do “Desenvolvimento de Produtos Circulares” (DPC) através de indicadores (CAYZER et al., 2017).

Em buscas realizadas às bases de dados internacionais no mês de abril de 2020 no *ISI Web of Knowledge* e *Scopus*, não foram encontrados documentos analisando de forma bibliométrica a integração dos indicadores da EC com o DPC. Este trabalho se propõe então a preencher esta lacuna, apresentando uma revisão e classificação bibliométrica dos artigos publicados sobre a integração destes temas. Além disso, esse trabalho ainda apresenta e analisa possíveis tendências e oportunidades de futuros trabalhos sobre esta temática, assim como visa responder a seguinte questão de pesquisa: “*Como se caracterizam a literatura relacionando indicadores da Economia Circular e o Desenvolvimento de Produtos Circulares?*”.

Para isso, uma revisão sistemática da literatura foi conduzida, fornecendo um panorama geral a respeito do estado da arte referente ao tema. As demais seções deste artigo são divididas em quatro partes. Na seção seguinte, a fundamentação conceitual é brevemente apresentada. Na seção 3, o método de pesquisa é detalhado e na seção 4 os resultados obtidos são discutidos. Por fim, na seção 5 são feitas as considerações finais.

2. Fundamentação Teórica

2.1 Economia Circular e Desenvolvimento de Produtos Circulares

A transformação de um modelo linear para um circular é vista como um caminho promissor para gerenciar restrições de recursos e pressões ambientais (HAGEJÄRD et al., 2020). Para que as empresas contribuam para o desenvolvimento sustentável, é importante repensar inclusive o processo de desenvolvimento de novos produtos (PDP) (BOCKEN et al., 2014). Afinal, no sistema linear atual, a criação de valor é baseada em um fluxo de material em que o material virgem entra no valor a montante. A cadeia e todo o valor do produto, exceto o valor da matéria-prima, são somados através dos processos de fabricação (GHISELLINI; RIPA; ULGIATI, 2018).

Nesse contexto, a EC propõe uma abordagem de energia e materiais que pode proporcionar benefícios econômicos, ambientais e sociais quando as empresas substituem a perspectiva tradicional de aquisição, fabricação, uso e descarte, também conhecida como economia linear, com a EC (GEISSDOERFER et al., 2016; SAUVÉ et al., 2016). As considerações de EC estão se tornando parte do processo PDP (SUBRAMANIAN et. al., 2018). Como resultado, além de

atender e exceder os requisitos do cliente com seus produtos, é relevante que organizações levem em conta também as questões de sustentabilidade considerando efeitos indiretos no meio ambiente e, portanto, na sustentabilidade, durante todo o ciclo de vida dos produtos, no início do desenvolvimento do produto (BOCKEN et al., 2016).

Assim, alguns autores abordaram o desenvolvimento de produtos circulares (DPC) como uma maneira de manter o valor do produto o máximo possível, concentrando-se em métodos de *design* que resultam em prolongar a vida útil, como manutenção fácil ou garantia de confiabilidade e durabilidade (CHOUINARD et al., 2019; DEN HOLLANDER et al., 2017; BOCKEN et al., 2016). O *design* de produtos que permitam personalizar ou atualizar aspectos como atualizações de *software*, trocas ou aprimoramentos de componentes e módulos durante o uso ou que permitam que os clientes desejem usá-los por longos períodos também fazem parte da estratégia circular (DEN HOLLANDER et al., 2017).

O DPC também representa uma oportunidade para melhorar o impacto ambiental, pois podem ocorrer opções de *design*, como definições de materiais que consomem menos energia em sua transformação, insumos do comércio justo e outros (BOCKEN et al., 2016). Para isso, a literatura atual oferece estruturas com foco no *design* circular (CHOUINARD et al., 2019; DEN HOLLANDER et al., 2017, MENDOZA et al., 2017; MORENO et al., 2016). O sistema de *loop* ou fechamento do fluxo de material, eficiência do material, extensão da vida útil do produto e reciclagem do produto, concentra-se em produtos que podem ser reciclados da maneira mais eficiente e eficaz possível e que podem ser devolvidos ao sistema econômico sem desperdício (DEN HOLLANDER et al., 2017).

Essa percepção baseia-se no fato de que uma proporção de todos os materiais já extraídos está no ambiente construído de hoje. Além disso, o custo da extração de materiais está aumentando, assim como os impactos ambientais negativos, devido às restrições naturais dos recursos, e também devido aos resíduos serem enviados para aterros ou queimados e não serem reutilizados como uma nova fonte de energia (SANCHEZ; HAAS, 2018). Sabe-se também que o DPC tem sido impulsionado principalmente para superar os desafios dos *stakeholders*, como degradação ambiental e esgotamento de recursos, bem como a crescente conscientização ambiental dos consumidores (BOCKEN et al., 2016).

2.2 Indicadores de Desempenho para Produtos Circulares

Para avaliar se os princípios da EC estão influenciando o desempenho de produtos e empresas, é necessário desenvolver um sistema de medição de desempenho (GENG et al., 2013). Muitos

destes sistemas estão focados no nível da empresa, cobrindo aspectos de desempenho sociais, ambientais e de governança da empresa em si (RAHDARI; ROSTAMY, 2015), e não abordam o nível do produto (CAYZER et al., 2017). Nappi e Rozenfeld (2015) mostram como as métricas internas da empresa relacionadas aos produtos circulares, por exemplo, de produtos criados com princípios de *design* ecológico, necessitam ser incorporadas a um sistema de gerenciamento de desempenho.

Por meio de suas análises, a *European Academies Science Advisory Council* (EASAC) notou que muitos indicadores disponíveis podem ser apropriados para monitorar o progresso em direção a uma economia circular. Esses indicadores foram agrupados em desenvolvimento, meio ambiente, análise de fluxo de materiais, comportamento social, comportamento organizacional e performance econômica (EASAC, 2016). No entanto, o desempenho da circularidade do produto não foi considerado diretamente nesses indicadores (SAIDANI et al., 2017).

Avaliar o desempenho da circularidade do produto não é uma tarefa simples, mas tem ganhado cada vez mais importância para empresas e profissionais da indústria que desejam efetivamente se beneficiar das promessas da EC (SAIDANI et al., 2017). Assim, fornecer métodos e ferramentas para avaliar e aprimorar o desempenho do produto - à luz da EC- se torna um tópico significativo, mas ainda pouco abordado (SAIDANI et al., 2017). A projeção de bons indicadores de desempenho para os produtos circulares é uma preocupação que visa atingir níveis mais altos de desempenho nas empresas (PINHEIRO et al., 2019; SIHVONEN; PARTANEN, 2017), pois essa sistematização auxilia no gerenciamento e no desenvolvimento ambiental, além de proporcionar melhorias nas políticas que envolvem a EC (GENG et al., 2012).

Essa crescente preocupação com aspectos circulares tem resultado na necessidade de novas medidas de desempenho (NAPPI; ROZENFELD, 2015). Como já se sabe, o controle de desempenho também ajuda as organizações a avaliar os fatores relacionados a um objetivo definido, através do processo de quantificação da eficiência e eficácia dessas ações (LO-IACONO-FERREIRA; CAPUZ-RIZO; TORREGROSA-LÓPEZ, 2018). Esse processo pode naturalmente incluir indicadores de desempenho, ou seja, os principais indicadores de desempenho (KPIs) para monitorar a transição da abordagem linear para a circular. Há vários métodos de avaliação que contribuem para o desenvolvimento desses indicadores, tais como

energia, análise de fluxo de materiais (AMF), análise de ciclo de vida (ACV), emissões de CO₂ e retornos econômicos (CAYZER et al., 2017).

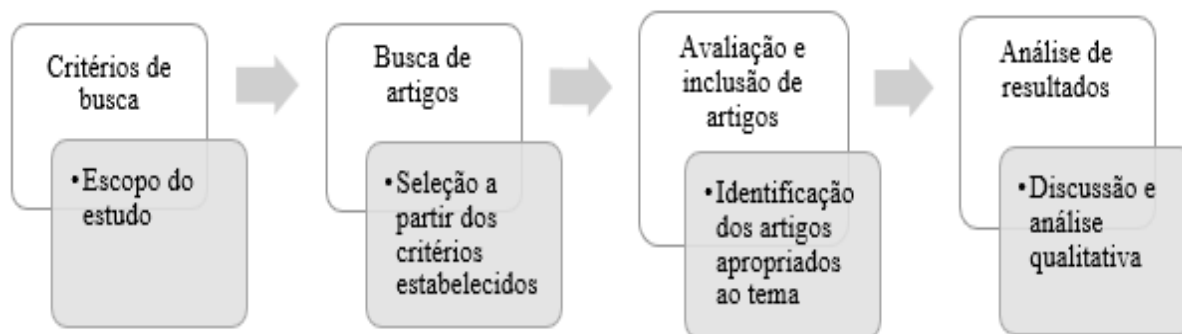
No nível do produto, existem várias maneiras de melhorar a circularidade. Portanto, é relevante que sejam identificados indicadores potenciais e que os mesmos sejam trabalhados com um olhar especial quanto às variáveis; como essas variáveis devem ser avaliadas; e em qual formato eles devem ser apresentados (CAYZER et al., 2017). Assim, mensurar o nível de mudança para produtos mais duradouros; a modularização e a remanufatura; a reutilização de componentes e a projeção de produtos com menos material são indicadores valiosos para o DPC (CAYZER et al., 2017).

A avaliação de produtos com base na longevidade também é uma maneira eficiente de relacionar DPC com EC, entretanto, apenas de uma forma parcial, tendo em vista os princípios da EC (FRANKLIN-JOHNSON; FIGGE; CANNING, 2016). Outros indicadores como a mensuração da circularidade material, especialmente destinada ao uso em *design* de produto, mas que também pode ser usada em relatórios internos ou para decisões de compras e investimentos (SAIDANI et al., 2017); e alguns outros complementares referentes à toxicidade, escassez e energia também são primordiais para a mensuração do DPC (CAYZER et al., 2017).

3. Método de pesquisa

A abordagem utilizada como método de pesquisa neste estudo foi qualitativa, por meio de revisão sistemática da literatura, seguindo as recomendações de estudos semelhantes para a seleção de artigos, conforme ilustra a Figura 1.

Figura 1 – Estratégia de seleção de artigos



Fonte: Adaptado de Govindan; Hasanagic, 2018

Para a elaboração deste artigo, a base *Scopus* foi selecionada como banco de dados, dada sua abrangência e reconhecimento mundial (HARZING; ALAKANGAS, 2016), facilitando o acesso aos trabalhos publicados após 1995 (GOVINDAN; HASANAGIC, 2018). A pesquisa foi conduzida utilizando o padrão “título, resumo e palavras-chave”, com os termos e operadores booleanos combinados de acordo com o Quadro 1. Observa-se que após a inclusão dos filtro de seleção, o período de cobertura é de 2013 até março de 2020.

Quadro 1 – Resultados da busca de artigos

"circular economy" AND "product design" OR "product develop*" OR "circular design" AND "indicator*" OR "assess*" OR "evaluat*" OR "measur*" OR "performance" OR "KPI" OR "index"		
Resultados da busca inicial: 156	Artigos selecionados com base nos critérios: 80	Amostra final de artigos: 31

Fonte: Elaborado pelos autores

Observando o Quadro 1, nota-se que as palavras-chave foram definidas com o objetivo de responder a questão de pesquisa. Para aumentar a abrangência, procurou-se utilizar termos sinônimos (tais como “*assess*” e “*evaluate*”) e a estratégia de suprimir o final do termo, com um asterisco, para englobar não só o radical, mas também as palavras derivadas.

Foram levantados inicialmente 156 trabalhos. Na sequência, adotou-se como critério de inclusão apenas artigos em inglês, publicados em periódicos. Dessa forma, foram excluídos capítulos de livros, artigos publicados em congressos e que estivessem em outro idioma, senão o inglês. Após este primeiro filtro, foram selecionados 80 artigos. Ressalta-se que esses resultados são referentes à março de 2020, período da realização desta pesquisa.

Como segundo filtro, adotou-se a estratégia de leitura dos títulos e resumos dos artigos selecionados. Neste momento, aqueles que não apresentavam como foco os indicadores de desempenho para produtos circulares foram excluídos. A amostra final resultou em 31 artigos, cuja análise qualitativa é apresentada na seção abaixo, juntamente com a discussão dos principais achados.

4. Resultados

Como estratégia de apresentação dos resultados encontrados na amostra final de artigos, cada documento foi individualmente analisado e o refinamento dos dados extraídos permitiu as seguintes classificações: ano de publicação, revistas, autores, países (afiliação do primeiro autor), artigos com maiores números de citações, abordagem metodológica (qualitativa, quantitativa ou mista) e termos de buscas mais recorrentes nos tópicos dos artigos, semelhante às classificações anteriores apresentadas na literatura (FAHIMNIA et al., 2015; PINHEIRO et al., 2019).

4.1 Evolução temporal

A Figura 2 ilustra a quantidade de publicações para cada ano de publicação até o momento da realização desta pesquisa.

Os primeiros artigos identificados datam do ano de 2015, evidenciando o interesse recente da comunidade acadêmica sobre o tema. Além disso, nota-se que este interesse é também crescente, aumentando consideravelmente a cada ano, com destaque para a frequência de publicações nos anos de 2018 (8 artigos) e 2019 (11 artigos).

Figura 2 - Quantidade de trabalhos por ano de publicação

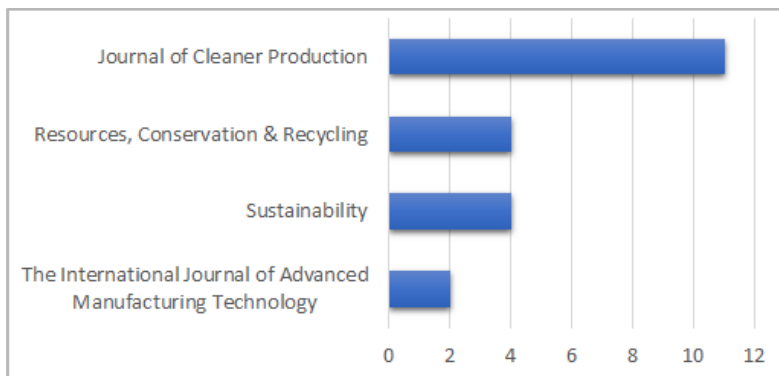


Fonte: Elaborado pelos autores a partir da base de dados

4.2 Revistas

Na contagem de dados, notou-se que há um predomínio no número de publicações pelo *Journal of Cleaner Production*, com 11 dos 31 artigos, ou seja, 35% do total. O periódico *Resources, Conservation & Recycling* e o *Sustainability* aparecem em segundo, ambos com quatro publicações, e o *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* conta com duas publicações. Tais informações estão ilustradas na Figura 3. Os demais periódicos apresentaram apenas um artigo cada.

Figura 3 - Periódicos classificados por quantidade de artigos



Fonte: Elaborado pelos autores a partir da base de dados

4.3 Autores, Países e Citações

A análise de autores forneceu dados que revelam a não dominância de apenas um ou poucos pesquisadores. Para os 31 artigos avaliados, 107 autores foram listados no total, sendo que em apenas dois casos os autores aparecem em mais de um artigo publicado. Os autores dos cinco artigos mais citados, bem como o número de citações, ano de publicação e revistas publicadas podem ser identificados na Tabela 1. O trabalho de Ghisellini, Ripa e Ulgiati (2018), publicado no *Journal of Cleaner Production*, apresenta 46 citações na base de dados. O segundo maior em número de citações é o artigo de Vanegas et al. (2018), publicado na revista *Resources, Conservation & Recycling*, com 39 citações. Os demais artigos possuem menos de 20 citações e não foram listados na Tabela 1 pela menor expressividade.

Tabela 1 - Cinco primeiros autores por número de citações do artigo

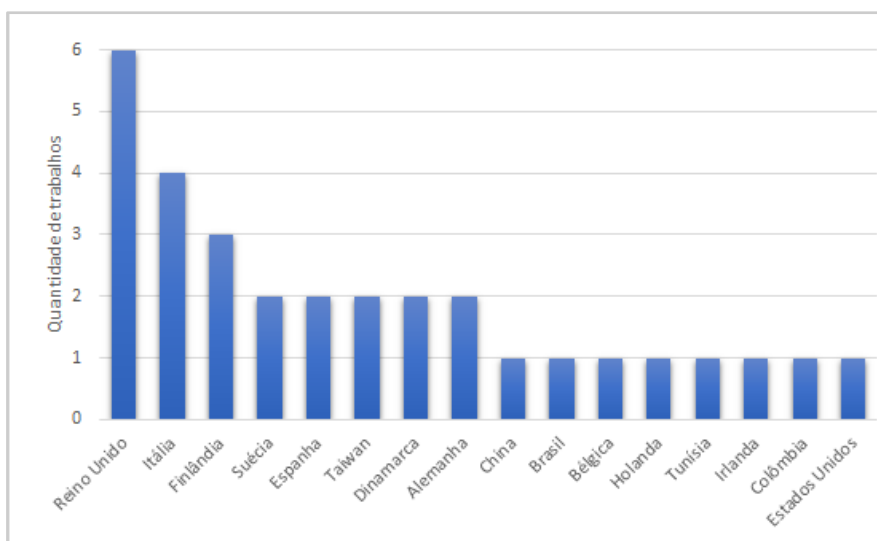
Autores	Ano	Revista	Citações
Ghisellini; Ripa; Ulgiati	2018	<i>Journal of Cleaner Production</i>	46
Vanegas et al.	2018	<i>Resources, Conservation & Recycling</i>	39
Kjaer et al.	2018	<i>Journal of Industrial Ecology</i>	31
Wilts; Gries;, Bahn-Walkowiak	2016	<i>Sustainability</i>	28
Sihvonen, Partanen	2016	<i>Journal of Cleaner Production</i>	20

Fonte: Elaborado pelos autores a partir da base de dados

As análises por países, em relação à afiliação do primeiro autor dos artigos, mostram que Reino Unido e Itália lideram as publicações com dez artigos no total (praticamente um terço da amostra analisada), seguidos da Finlândia, com três. Em análise geográfica, pode-se observar

que o continente europeu é destaque com 24 documentos, como observado na Figura 4. A Figura 5 ilustra a distribuição entre os países no globo.

Figura 4 - Publicações por país



Fonte: Elaborado pelos autores a partir da base de dados

Figura 5 - Afiliação por países no globo terrestre



Fonte: Elaborado pelos autores por meio do *software GPS Visualizer*

4.4 Títulos e Palavras-Chave

Após leitura e revisão de todos os títulos e palavras-chave foram identificados os termos de busca que apareceram com maior frequência. O resultado extraído é apresentado na Tabela 2 com a premissa de disposição visual dicotômica entre os termos relacionados à CE e àqueles referentes aos indicadores de DPC. Dentre as palavras-chave, o termo em destaque com a maior quantidade de inserções, excluindo-se “*circular economy*” é “*remanufacturing*”, que aparece 4 vezes. A remanufatura é uma perspectiva dentro do gerenciamento de resíduos e gerenciamento de produtos visando a possibilidade de obtenção de lucros por meio de modelos de negócios

circulares. Isso envolve também a perspectiva de redução de impacto ambiental no ciclo de vida do produto (DE LOS RIOS; CHARNLEY, 2017) - tais ideias estão presentes nas próximas palavras-chave mais utilizadas pelos autores “life cycle assessment”, “*product development*”, “*resource efficiency*”, “*reuse*” e “*sustainability*”.

Quanto às palavras mais frequentes nos títulos, tem-se “*circular*”, “*economy*”, “*design*” e “*product*” - todas relacionadas aos termos utilizados na busca para esta pesquisa. Posteriormente destaca-se as palavras “*case*” e “*environmental*” que se relacionam, respectivamente, aos métodos fortemente utilizados pelas pesquisas da amostra, as quais utilizam estudos de caso, e a segunda à perspectiva dentro do gerenciamento de resíduos e de produtos (DE LOS RIOS; CHARNLEY, 2017).

Tabela 2 - Termos mais frequentes nas palavras-chave e no título

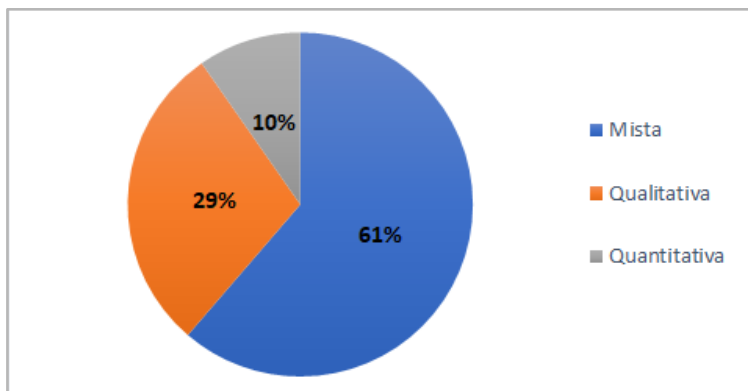
Palavras-chave		Título	
Termos	Qtde	Termos	Qtde
Circular Economy	21	Circular	16
Remanufacturing	4	Economy	15
Life Cycle Assessment	3	Design	11
Product Development	3	Product	9
Resource Efficiency	3	Based	5
Reuse	3	Products	5
Sustainability	3	Case	4
Circular Design	2	Environmental	4
Cleaner Production	2	Use	4
Disassembly Sequence Planning	2	Disassembly	3
Disassembly Time	2	Eco	3
Eco-design	2	Efficiency	3
Ecodesign	2	Indicators	3
Repair	2	Method	3
Waste Management	2	Resource	3

Fonte:Elaborado pelos autores a partir da base de dados

4.5 Abordagem e métodos de pesquisa

A Figura 6 mostra genericamente a organização dos artigos de acordo com o método aplicado: abordagem qualitativa, quantitativa ou mista (quando o artigo apresenta ao menos um método qualitativo e um quantitativo). Há clara dominância de métodos mistos nos trabalhos, com 61% do total, o que mostra que tem havido a preocupação de analisar a integração dos temas teórica e empiricamente.

Figura 6 - Classificação dos trabalhos quanto à abordagem do método



Fonte: Elaborado pelos autores a partir da base de dados

5. Conclusões

Avaliando os resultados obtidos com o presente estudo, pode-se concluir que há ainda oportunidade para a ampliação e desenvolvimento de estudos integrando os temas CE e indicadores de DPC. A característica predominante de estudos mistos e qualitativos, de caráter exploratório, confirma que há ainda necessidade de maior investigação e exploração das características da aplicação dos indicadores de DPC.

Modelos recentes desenvolvidos para obter circularidade e, conseqüentemente, mensurá-la para os produtos industriais, apresentam limites notáveis. Alguns autores, como Cayzer et al. (2017) e Saidani et al. (2017) convergem com a ideia que a questão central é definir quais são os recursos ideais, desejados ou necessários para projetar uma estrutura que visa a medição e monitoramento da circularidade do produto. Essa estrutura destina-se principalmente aos profissionais da indústria, ou seja, principalmente aos engenheiros, *designers* e gerentes responsáveis pelo *design* e desenvolvimento de produto para melhorar seus produtos em um contexto de EC. Entretanto, a falta de orientações desses profissionais é identificada na literatura (SAIDANI et al., 2017).

Este artigo permitiu uma melhor leitura do cenário acadêmico e confirmou que ainda existe certa escassez de trabalhos publicados tratando os dois temas em conjunto, inclusive sob a perspectiva dos indicadores de desempenho de DPC. Pode-se considerar uma limitação deste trabalho a não realização de uma revisão bibliográfica mais profunda na literatura sobre todos os termos pesquisados e sim sobre apenas os termos primários, objetivo da pesquisa. Como sugestão de pesquisas futuras, seria relevante a apresentação de estudos integrando outros aspectos no DPC, por exemplo, suportados pelas ferramentas da gestão de portfólio de produtos

(GPP) na otimização do desenvolvimento de novos projetos, pois nenhum trabalho foi encontrado abordando esta linha de pesquisa.

Este artigo traz ainda contribuições revelando que indicadores de desempenho de DPC podem agregar ao campo de conhecimento em desenvolvimento de novos produtos e da EC no nível micro. Essa conclusão apoia o atual cenário produtivo, visando atender tanto às pressões dos “*stakeholders*” internos e externos das empresas, que cada vez mais têm interesse em projetos de novos produtos que visam melhor desempenho ambiental e de mercado, agregando novas tecnologia como por exemplo a Indústria 4.0 e tecnologias verdes.

REFERÊNCIAS

BOCKEN, N. et al. The front-end of eco-innovation for eco-innovative small and medium sized companies.

Journal of Engineering and Technology Management, v. 31, p. 43-57, 2014.

BOCKEN, N. et al. Product design and business model strategies for a circular economy. **Journal of Industrial and Production Engineering**, v. 33, n. 5, p. 308-320, 2016.

BRAUNGART, M.; MCDONOUGH, W.; BOLLINGER, A. Cradle-to-cradle design: creating healthy emissions - a strategy for eco-effective product and system design. **Journal of Cleaner Production**, v. 15, n. 13-14, p. 1337-1348, 2007.

CAYZER, S.; GRIFFITHS, P.; BEGHETTO, V. Design of indicators for measuring product performance in the circular economy. **International Journal of Sustainable Engineering**, v. 10, n. 4-5, p. 289-298, 2017.

CHOUINARD, U.; PIGOSSO, D. C.; McALOONE, T. C.; BARON, L.; ACHICHE, S. Potential of circular economy implementation in the mechatronics industry: An exploratory research. **Journal of Cleaner Production**, 239, 2019.

DE LOS RIOS, I. C.; CHARNLEY, F. J. Skills and capabilities for a sustainable and circular economy: The changing role of design. **Journal of Cleaner Production**, 160, 109-122, 2017.

DEN HOLLANDER, M. C.; BAKKER, C. A.; HULTINK, E. J. Product design in a circular economy: Development of a typology of key concepts and terms. **Journal of Industrial Ecology**, 21(3), 517-525, 2017.

EASAC - EUROPEAN ACADEMIES SCIENCE ADVISORY COUNCIL. **Indicators for a Circular Economy**; EASAC Policy Report 30; European Academies Science Advisory Council: Halle, Germany, 2016

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards a Circular Economy: Business rationale for an accelerated transition.** [s.l.] Ellen MacArthur Foundation, 2015.

FAHIMNIA, B.; SARKIS, J.; DAVARZANI, H. Green supply chain management: A review and bibliometric analysis. **International Journal of Production Economics**, v. 162, p. 101-114, 2015.

FRANKLIN-JOHNSON, E.; FIGGE, F.; CANNING, L. Resource duration as a managerial indicator for Circular Economy performance. **Journal of Cleaner Production**, v. 133, p. 589-598, 2016.

GEISSDOERFER, M.; BOCKEN, N. M.; HULTINK, E. J. Design thinking to enhance the sustainable business modelling process—A workshop based on a value mapping process. **Journal of Cleaner Production**, 135, 1218-1232, 2016.

GENG, Y.; FU, J.; SARKIS, J.; XUE, B. Towards a national circular economy indicator system in China: an evaluation and critical analysis. **Journal of Cleaner Production**, 23(1), 216-224, 2012.

GENG, Y. et al. Measuring China's circular economy. **Science**, v. 339, n. 6127, p. 1526-1527, 2013.

GHISELLINI, P.; CIALANI, C.; ULGIATI, S. A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. **Journal of Cleaner Production**, 2016.

GHISELLINI, P.; RIPA, M.; ULGIATI, S. Exploring environmental and economic costs and benefits of a circular economy approach to the construction and demolition sector - A literature review. **Journal of Cleaner Production**, 178, 618-643, 2018.

GOVINDAN, K.; HASANAGIC, M. A systematic review on drivers, barriers, and practices towards circular economy: a supply chain perspective. **International Journal of Production Research**, v. 56, n. 1-2, p. 278-311, 2018.

HAGEJÄRD, S.; OLLÁR, A.; FEMENÍAS, P.; RAHE, U. Designing for Circularity - Addressing Product Design, Consumption Practices and Resource Flows in Domestic Kitchens. **Sustainability**, v. 12, n. 3, p. 1006, 2020.

HARZING, A.; ALAKANGAS, S. Google Scholar, Scopus and the Web of Science: a longitudinal and cross-disciplinary comparison. **Scientometrics**, v. 106, n. 2, p. 787-804, 2016.

KJAER, L. et al. Product/service-systems for a circular economy: The route to decoupling economic growth from resource consumption?. **Journal of Industrial Ecology**, v. 23, n. 1, p. 22-35, 2019.

LIN, K.; YU, C.; CHEN, K. Production data analysis system using novel process capability indices-based circular economy. **Industrial Management & Data Systems**, 2019.

LO-IACONO-FERREIRA, V.; CAPUZ-RIZO, S.; TORREGROSA-LÓPEZ, J. Key Performance Indicators to optimize the environmental performance of Higher Education Institutions with environmental management system—A case study of Universitat Politècnica de València. **Journal of Cleaner Production**, v. 178, p. 846-865, 2018.

MENDOZA, J. M. F.; SHARMINA, M.; GALLEGU-SCHMID, A.; HEYES, G.; AZAPAGIC, A. Integrating Backcasting and Eco-Design for the Circular Economy. **Journal of Industrial Ecology**, 2017.

MORENO, M.; DE LOS RIOS, C.; ROWE, Z.; CHARNLEY, F. A conceptual framework for circular design. **Sustainability**, 8(9), 937, 2016.

NAPPI, V.; ROZENFELD, H. The incorporation of sustainability indicators into a performance measurement system. **Procedia CIRP**, 26, 7-12, 2015.

PINHEIRO, M. A. P.; SELES, B. M. R. P.; DE CAMARGO FIORINI, P.; JUGEND, D.; LOPES DE SOUSA JABBOUR, A. B.; DA SILVA, H. M. R.; LATAN, H. The role of new product development in underpinning the circular economy: a systematic review and integrative framework. **Management Decision**, 57(4), 840- 862, 2019.

RAHDARI, A. H.; ROSTAMY, A. A. A. Designing a general set of sustainability indicators at the corporate level. **Journal of Cleaner Production**, v. 108, p. 757-771, 2015.

SAIDANI, M. et al. How to assess product performance in the circular economy? Proposed requirements for the design of a circularity measurement framework. **Recycling**, v. 2, n. 1, p. 6, 2017.

SANCHEZ, B.; HAAS, C. Capital project planning for a circular economy. **Construction Management and Economics**, 36(6), 303-312, 2018.

SAUVÉ, S.; BERNARD, S.; SLOAN, P. Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. **Environmental Development**, 17, 48-56, 2016.

SIHVONEN, S.; PARTANEN, J. Implementing environmental considerations within product development practices: a survey on employees' perspectives. **Journal of Cleaner Production**, v. 125, p. 189-203, 2016.

SIHVONEN, S.; PARTANEN, J. Eco-design practices with a focus on quantitative environmental targets: An exploratory content analysis within ICT sector. **Journal of Cleaner Production**, 143, 769-783, 2017.

SUBRAMANIAN, N.; GUNASEKARAN, A.; WU, L.; SHEN, T. Role of traditional Chinese philosophies and new product development under circular economy in private manufacturing enterprise performance.

International Journal of Production Research, 1-16, 2018.

VANEGAS, P. et al. Ease of disassembly of products to support circular economy strategies. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 135, p. 323-334, 2018.

WILTS, H.; VON GRIES, N.; BAHN-WALKOWIAK, B.. From waste management to resource efficiency—the need for policy mixes. **Sustainability**, v. 8, n. 7, p. 622, 2016.