

ECONOMIA CIRCULAR E ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: INTER-RELAÇÃO E OPORTUNIDADES DE PESQUISA

ECONOMÍA CIRCULAR Y INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN: OPORTUNIDADES DE INTERRELACIÓN E INVESTIGACIÓN

CIRCULAR ECONOMY AND PRODUCTION ENGINEERING: INTERRELATIONSHIP AND RESEARCH OPPORTUNITIES

Míriam Machado Fabris*
miriam.fabris@hotmail.com

Francisco Santos Sabbadini*:**
franciscosabbadini@gmail.com

Kelly Alonso Costa*
kellyalonso@id.uff.br

Roberta Assis Costa*
robertarsa@yahoo.com.br

* Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda/RJ - Brasil
** Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Resende/RJ - Brasil

Resumo

A forma tradicional linear de produção, baseada em extrair, transformar e descartar está atingindo seus limites. A economia circular é apresentada como um modelo econômico para promover a transformação dos modos e práticas produtivas, com reaproveitamento de recursos e descarte nulo. Tendo em vista o desafio de migrar para um modelo sustentável e ao mesmo tempo economicamente viável, se faz necessário entender o que é a economia circular e de que forma a engenharia de produção pode contribuir para sua implementação. Neste sentido o presente trabalho apresenta os resultados de uma pesquisa bibliométrica destacando o que já foi publicado e os temas que têm sido abordados relacionados às áreas de abrangência da engenharia de produção e a economia circular. Os resultados permitiram verificar a evolução crescente na temática relacionada à economia circular no decorrer dos anos últimos anos.

Palavras-Chave: Economia Circular, Engenharia de Produção, Bibliometria.

Resumen

La forma lineal tradicional de producción, basada en la extracción, transformación y disposición, está llegando a sus límites. La economía circular se presenta como un modelo económico para promover la transformación de modos y prácticas productivas, con la reutilización de recursos y la eliminación nula. En vista del desafío de migrar a un modelo sostenible y económicamente viable, es necesario comprender qué es la economía circular y cómo la ingeniería de producción puede contribuir a su implementación. En este sentido, el presente trabajo presenta los resultados de una investigación bibliométrica que destaca lo que ya se ha publicado y los temas que se han abordado relacionados con las áreas cubiertas por la ingeniería de producción y la economía circular. Los resultados permitieron verificar

la evolución creciente del tema relacionado con la economía circular durante los últimos años.

Palabras clave: economía circular, ingeniería de producción, bibliometría

Abstract

The traditional linear form of production, based on extract, transform and discard is reaching its limits. The circular economy is like an economic model to promote the transformation of productive modes and practices, with the reuse of resources and zero disposal. In view of the challenge of migrating to a sustainable and economically viable model, it is necessary to understand what a circular economy is and how production engineering can contribute to its execution. In this sense, the present work presents the results of a bibliometric research, highlighting what has already been published and the themes that were related to the areas covered by production engineering and circular economics. The results allowed check an increasing evolution in the circular economy with gradual economy in the last years.

Keywords: Circular Economy, Production Engineering, Bibliometry.

1. Introdução

A intensificação no uso de recursos finitos é um tema que tem de forma recorrente sido foco das preocupações da comunidade internacional, em face dos impactos ao meio ambiente e o risco de esgotamento dos fatores de produção gerados no modo de produção atual, linear, baseado em extrair, transformar e descartar. Esse é um modelo que está atingindo seu limite e impactando a economia de forma global, assim como a sustentabilidade do planeta. Propostas para viabilizar o uso racional dos mesmos têm aumentado e seguido na direção da transição para uma economia circular (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017).

A economia circular é um conceito que sugere uma nova abordagem de produção, que une o desenvolvimento econômico com a proteção ambiental. Este modelo se contrapõe à economia linear e propõe a criação de um sistema circular sem refugo, com reaproveitamento dos recursos que seriam descartados e integrando-os no mesmo ciclo ou em um novo ciclo produtivo (ABEPRO, 2016).

O uso dos recursos finitos de forma econômica e racional, de forma a reduzir ou eliminar os desperdícios é a essência do modelo circular. Isto requer repensar conceitos

enraizados na cultura e nas práticas da sociedade como: o crescimento econômico, consumo e produção, objetivando reduzir os impactos ambientais negativos (LATOUCHE, 2012) e melhorando as práticas sustentáveis, o que implica em que organizações adotem novas práticas de produtivas, levando em consideração os aspectos sociais e ambientais (ABEPRO, 2016).

Mudar as práticas de produção significa analisar todas as etapas que compõe o processo produtivo, desde a extração de recursos até seu descarte final, levando em consideração a gestão do ciclo de vida de cada produto (SWAR et. al., 2011), propondo uma nova visão direcionada à produção e consumo sustentável.

Berardi e Dias (2018) destacam que iniciativas para minimizar os impactos, por meio da introdução de critérios socioambientais, têm surgido em face da insuficiência do modo linear de produção na mitigação das externalidades negativas, que se configuram como impactos danosos ao meio ambiente.

No mesmo sentido essa nova abordagem vem ao encontro dos três princípios fundamentais da economia circular que são preservar e aumentar o capital natural, com o controle dos estoques finitos e do equilíbrio no uso de recursos renováveis; otimizar o uso dos recursos de produção com ênfase na circulação de produtos e materiais com o máximo de utilização e fomentar a eficácia do sistema pela identificação e eliminação das externalidades negativas dos processos.

A produção sustentável é questão fundamental e estratégica que deve ser considerada para promover o desenvolvimento econômico e social de forma sustentável, de forma a reduzir os danos à sociedade. (FRANCIOSI, LAMBIASE, & MIRANDA, 2017).

Um aspecto que aproxima a temática da economia circular ao corpo de conhecimento da Engenharia de Produção é a dimensão estratégia para o desenvolvimento e modelos de negócio sustentáveis e lucrativos, com seu escopo definido na cadeia de suprimentos (WEETMAN, 2019).

Um sistema de produção circular está diretamente ligado à engenharia de produção, dada a abrangências das áreas pertinentes a este campo do conhecimento, tais como cadeia de suprimentos e logística reversa, sugerindo um ciclo fechado de produção, elaboração de projetos, desenvolvimento de produto, entre outras (ABEPRO, 2016). Um exemplo desta relação pode ser visto em WEETMAN (2019), que propõe que as cadeias de suprimentos

sejam estrategicamente planejadas para uma economia circular, desde o projeto dos produtos até o redesenho do modelo de negócios, que é a cadeia de design e suprimentos.

2. Fundamentação teórica

2.1. Economia circular

O conceito de economia circular foi desenvolvido a partir de uma perspectiva multidisciplinar, com diferentes abordagens envolvendo áreas como engenharia, economia, ecologia, design e negócios (PRIETO-SANDOVAL, JACA, & ORMAZABAL, 2018), que considera o conceito da criação de valor por meio do uso racional dos recursos e minimização dos impactos ambientais causados pelos produtos em todas as fases do seu ciclo de vida, sugerindo a reutilização dos mesmos (SEROKA-STOLKA & OCIEPA-KUBICKA, 2019).

Neste sentido representa uma mudança de paradigma na maneira em que o homem se relaciona com a natureza e visa prevenir o esgotamento de recursos, fechar ciclos de energia e materiais e facilitar o desenvolvimento sustentável (Prieto-sandoval et al., 2018). A proposta é de um fluxo circular de recursos e o fechamento do ciclo que ocorre entre o pós-uso e a produção (MORAGA et al., 2019).

A proposta da economia circular é de um fluxo circular de recursos e o fechamento do ciclo ocorre entre o pós-uso e a produção e uma estratégia que pode ser utilizada é a criação de fluxos de retorno, onde um produto que seria descartado é utilizado para alimentar outros ciclos, aumentando a vida útil dos mesmos e reduzindo os desperdícios de recursos escassos (SVENSSON& FUNCK, 2019).

Avaliar os impactos da sustentabilidade de uma iniciativa política requer avaliar os impactos em três domínios: ambiental, econômico e social. A avaliação do índice potencial da economia circular está relacionada à compreensão de quanto a atividade econômica da produção e do consumo está inserida dentro de um território do próprio país e no exterior (GEERKEN et al., 2019).

Apesar dos benefícios apresentados na literatura, a transição do modelo linear para a economia circular está em um estágio embrionário, visto que as empresas que começaram a mudar suas rotinas ainda são minoria e a maior parte ainda mantém uma abordagem linear (GUSMEROTTI, et al., 2019).

2.2. Engenharia de produção

A engenharia de produção é considerada uma grande área da engenharia composta por diferentes subáreas que estão direta ou indiretamente ligadas entre si e destinam-se à integração de bens e serviços, englobando diferentes processos, que vão desde a modelagem de sistemas e processos até a manutenção dos recursos, melhorando sempre que possível o ambiente em questão (ABEPRO, 2015).

A demanda em relação ao corpo de conhecimento e soluções da engenharia de produção vem das empresas industriais e de serviços, com o intuito de atender à necessidade de criar produtos e serviços unindo confiabilidade, inovação, bons preços e processos de fabricação sustentáveis (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

A engenharia de produção é composta por 10 áreas, que são: engenharia de operações e processos da produção, logística, pesquisa operacional, engenharia da qualidade, engenharia do produto, engenharia organizacional, engenharia econômica, engenharia do trabalho, engenharia da sustentabilidade, educação em engenharia de produção (ABEPRO, 2015).

Assim, dada a diversidade dos campos de conhecimento que abrange e ferramentas de que dispõe traz oportunidades de novas soluções para a produção, de modo a melhorar a eficiência e reduzir o custo total por meio de novas tecnologias emergentes. Sensores e redes para o monitoramento de processos e o controle em tempo real surgiram para apoiar os esforços de fabricação sustentáveis (LAJEVARDIET al., 2014).

3. Materiais e métodos

Para desenvolvimento desta pesquisa foram utilizadas combinações entre 35 palavras-chave relativas à engenharia de produção, tomando por base os principais campos conceituais da área segundo a ABEPRO (2015), mostradas na figura 1. No mesmo sentido foram utilizadas combinações destas palavras com os principais tópicos da economia circular. O período considerado para pesquisa foi desde agosto de 2019 até o dia 10 de janeiro de 2020.

A *Scopus* foi utilizada, para identificar a evolução das publicações envolvendo economia circular no período de 2015 a 2019. A busca seguiu o seguinte critério:

- Pesquisar pela palavra-chave “*circular economy*” de modo a identificar a evolução das publicações, os países e as áreas com maior número de ocorrências;
- Realizar uma busca relacionando as palavras chave “*circular economy*”, “*industrial engineering*” e “*production engineering*” e uma busca associando a palavra-chave “*circular economy*” com os principais tópicos relacionados às grandes áreas da engenharia de produção, as quais estão destacadas na figura 1, com base na estrutura da ABEPRO;

Figura 1 – Palavras-chave

ProductionEngineering	Project management
Industrial Engineering	innovation
ProductionandOperations Systems Management	Technology
Production Planning andControl	cost
Maintenance management	Risk management
Layout	Ergonomics
DiscreteandContinuousProductive Processes	Workplacesafety
EngineeringMethods	Environmental management
Supply Chain	Environmental Management Systems
Inventory Management	Natural Resource Management
Logistics	Energy Resource Management
OperationalResearch	Effluent Management
Optimization	Industrial Waste Management
Simulation	CleanerProduction
Decision-makingprocesses	Eco-efficiency
quality	Social responsibility
ProductDevelopment	Sustainabledevelopment
product design	

Fonte: Autores (2020)

- Realizar uma busca associando o tópico com o maior número de publicações com “*circular economy*” e “*industrial engineering*”/“*production engineering*” e montar um quadro relacionando as palavras-chave relacionadas às grandes áreas da engenharia de produção e identificar os artigos mais citados dentro das 5 áreas com mais publicações;
- Elaborar uma tabela informativa sobre os periódicos onde os artigos mais citados foram publicados, incluindo seu respectivo fator de impacto e a avaliação qualis nas áreas de Engenharias III e Administração e uma tabela informativa sobre os autores, incluindo informações sobre suas instituições e país.

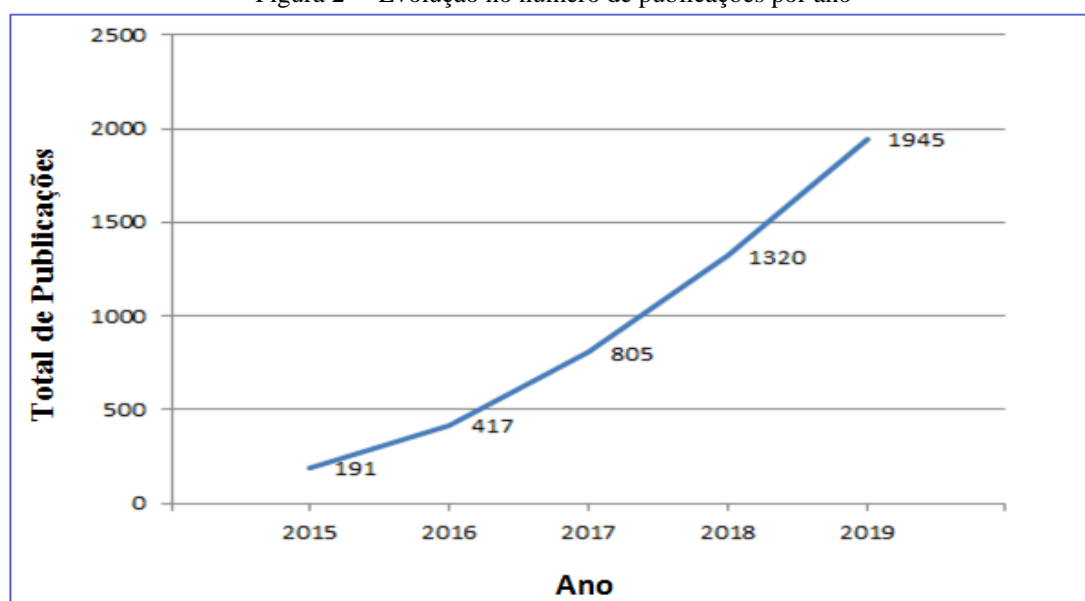
Os resultados da pesquisa possibilitaram avaliar a evolução em termos da quantidade de publicações referentes à economia circular no período em análise, e a distribuição das publicações por países, permitindo elaborar um *ranking*, além de analisar os percentuais de

publicações relacionadas à economia circular por área de estudo e as publicações relacionadas a cada tópico de engenharia de produção associadas om economia circular e os autores das publicações e suas respectivas instituições.

4. Resultados e discussão

A busca para a palavra-chave “*circular economy*”, resultou na identificação de 4678 publicações no período de 2015 e 2019. A figura 2 mostra a distribuição por ano ao longo do período pesquisado.

Figura 2 – Evolução no número de publicações por ano

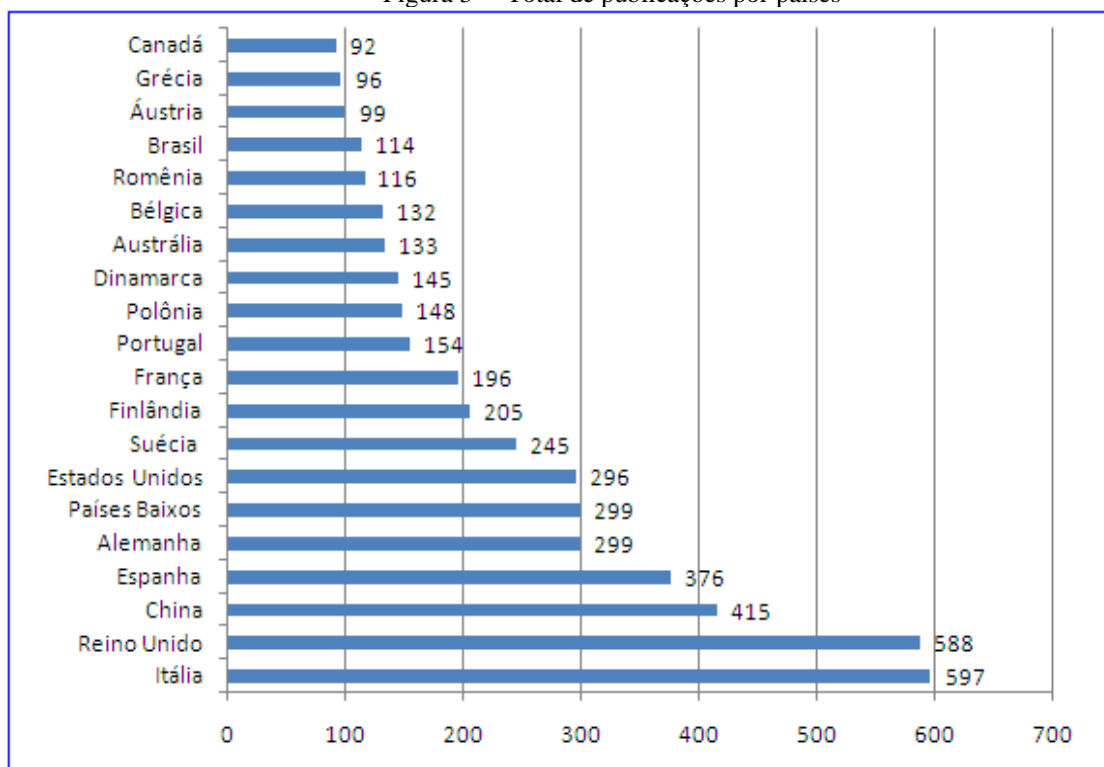


Fonte: Base *Scopus* (adaptado pelos autores)

Analisando os dados da figura 2 é possível perceber que em termos absolutos o período de maior crescimento no número de publicações foi entre os anos de 2018 e 2019, contabilizando uma diferença de 625 publicações. O menor crescimento foi entre os anos de 2015 e 2016, com uma diferença de 226 publicações. Embora em termos absolutos o aumento foi crescente, a taxa percentual foi decrescente: 2015-2016: 218,32%; 2016-2017: 193,05%; 2017-2018: 163,98%; e 2018-2019: 147,35%. De modo geral, o número de publicações no período cresceu em 1018,32%, no período de análise, o que sugere uma área emergente de pesquisa em desenvolvimento e consolidação.

Quando avaliada a estratificação por países se pode constatar a predominância europeia, em termos percentuais, no total da amostra, liderado por Itália e Reino Unido, conforme pode-se verificar na figura 3.

Figura 3 – Total de publicações por países



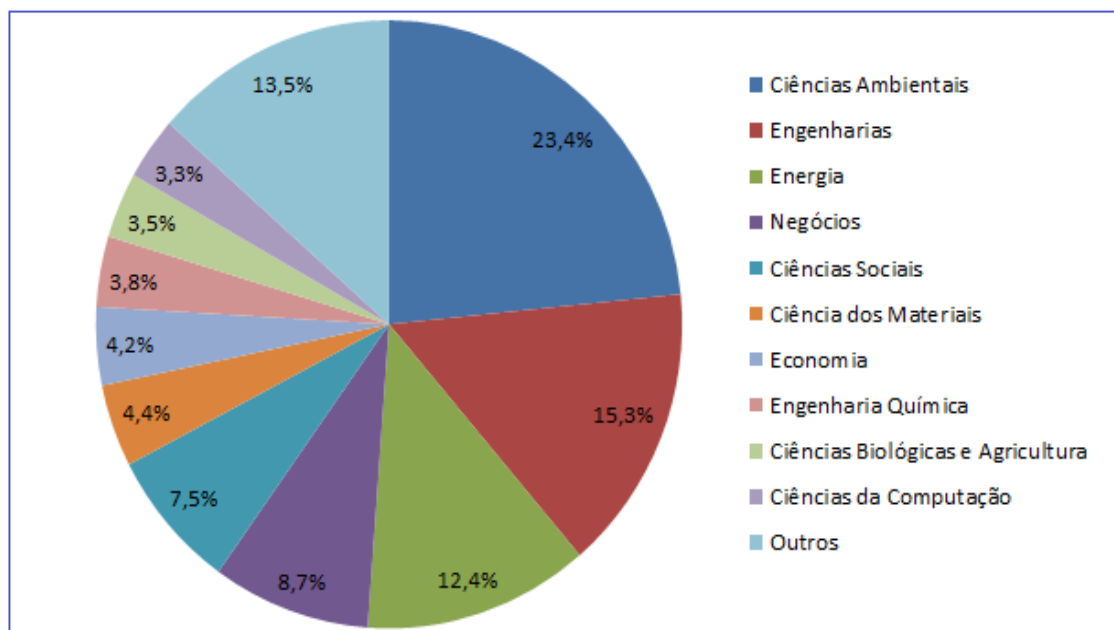
Fonte: Base *Scopus* (adaptado pelos autores)

A figura 3 representa uma amostra dos resultados, identificando os 20 países com mais publicações no período de 2015 a 2019. Segundo a base *Scopus*, notou-se que a maioria das publicações estão concentradas na Europa e a minoria no continente africano.

No continente asiático, a China teve destaque, pois sozinha representa mais da metade dos documentos publicados na Ásia. Dentre as publicações dos países da América Latina o Brasil teve destaque com 53,77% das publicações e na classificação geral dos países assumiu a 17ª posição, com um total de 114 documentos publicados.

Analisando as publicações por área de estudo foram identificadas 10 áreas (figura 4) com mais publicações, que são: ciências do meio ambiente, engenharia, energia, negócios, ciências sociais, economia, ciências dos materiais, engenharia química, ciências da computação e ciências biológicas e agricultura.

Figura 4 – Total de publicações por área



Fonte: Base *Scopus* (adaptado pelos autores)

Com base nos resultados nota-se que o tema economia circular relaciona-se com diferentes áreas de estudo, englobando meio ambiente e computação. Em relação às engenharias, aproximadamente 1,5% representa a engenharia de produção, o que sugere que há possibilidades temáticas a serem exploradas na relação entre a economia circular e as áreas da engenharia de produção, como será visto a seguir. Para orientar o processo de busca e facilitar o entendimento, o quadro 1 consolida a relação entre as palavras-chave utilizadas e sua relação com a Engenharia de Produção ou a alguma de suas áreas.

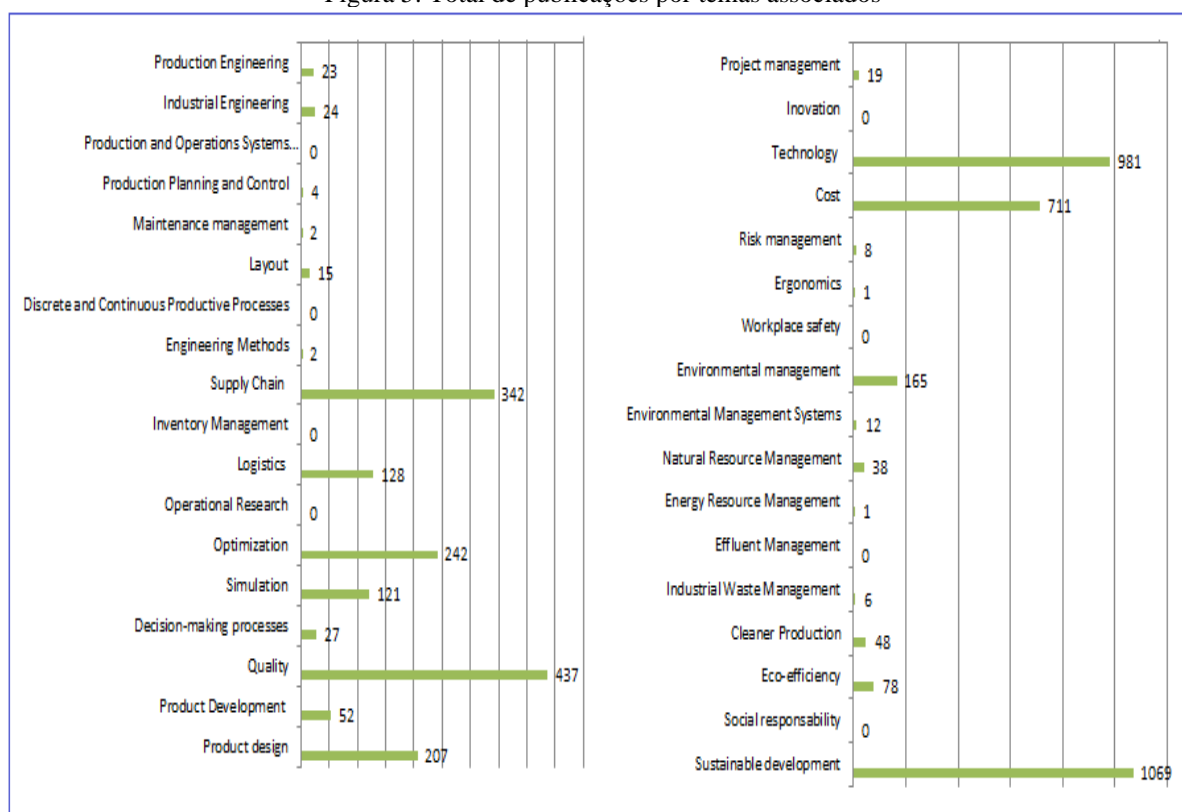
Quadro 1 – Relação das palavras-chave com as áreas da engenharia de produção

Palavras-chave	Áreas da engenharia de produção
<i>Production and Operations Systems Management</i>	Engenharia de operações e processos da Produção
<i>Production Planning and Control</i>	Engenharia de operações e processos da Produção
<i>Maintenance management</i>	Engenharia de operações e processos da Produção
<i>Layout</i>	Engenharia de operações e processos da Produção
<i>Discrete and Continuous Productive Processes</i>	Engenharia de operações e processos da Produção
<i>Engineering Methods</i>	Engenharia de operações e processos da Produção
<i>Supply Chain</i>	Logística
<i>Inventory Management</i>	Logística
<i>Logistics</i>	Logística
<i>Operational Research</i>	Pesquisa Operacional
<i>Optimization</i>	Pesquisa Operacional
<i>Simulation</i>	Pesquisa Operacional
<i>Decision-making processes</i>	Pesquisa Operacional
<i>Quality</i>	Engenharia da Qualidade
<i>Product Development</i>	Engenharia do Produto
<i>Product design</i>	Engenharia do Produto
<i>Project management</i>	Engenharia Organizacional
<i>Innovation</i>	Engenharia Organizacional
<i>Technology</i>	Engenharia Organizacional
<i>Cost</i>	Engenharia Econômica
<i>Risk management</i>	Engenharia Econômica
<i>Ergonomics</i>	Engenharia do Trabalho
<i>Workplace safety</i>	Engenharia do Trabalho
<i>Environmental management</i>	Engenharia da Sustentabilidade
<i>Environmental Management Systems</i>	Engenharia da Sustentabilidade
<i>Natural Resource Management</i>	Engenharia da Sustentabilidade
<i>Energy Resource Management</i>	Engenharia da Sustentabilidade
<i>Effluent Management</i>	Engenharia da Sustentabilidade
<i>Industrial Waste Management</i>	Engenharia da Sustentabilidade
<i>Cleaner Production</i>	Engenharia da Sustentabilidade
<i>Eco-efficiency</i>	Engenharia da Sustentabilidade
<i>Social responsibility</i>	Engenharia da Sustentabilidade
<i>Sustainable development</i>	Engenharia da Sustentabilidade

Fonte: ABEPRO (adaptado pelos autores)

Os resultados da pesquisa permitiram identificar as publicações relacionadas simultaneamente à economia circular e alguma das áreas da engenharia de produção, conforme pode ser observado na figura 5.

Figura 5: Total de publicações por temas associados

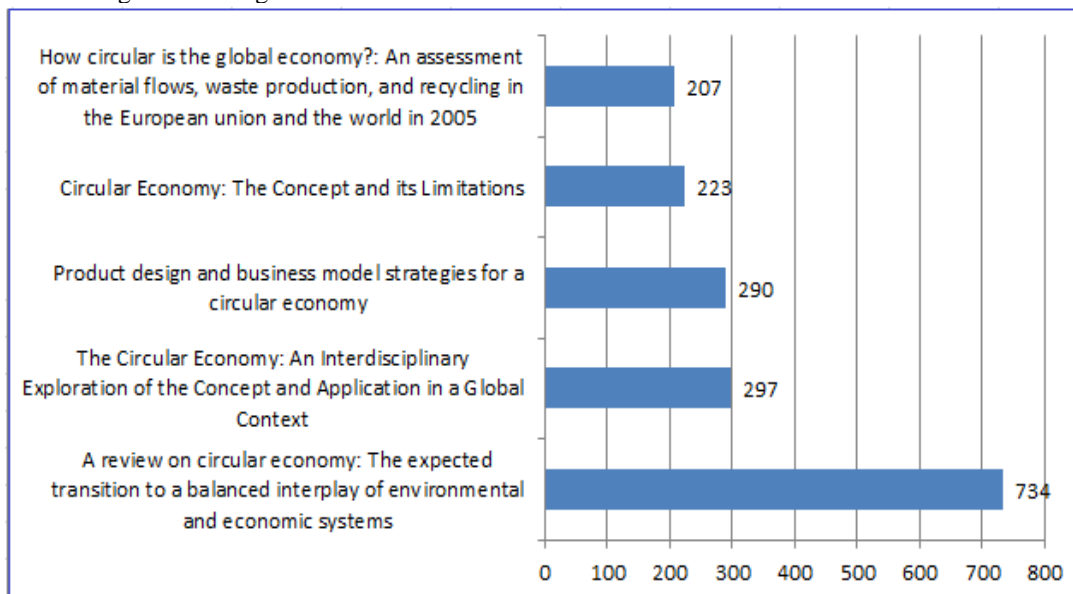


Fonte: Base *Scopus* (adaptado pelos autores)

A busca resultou num total de 4763 publicações. Nota-se que dentre a busca a que mais teve publicações encontradas foi a combinação de desenvolvimento sustentável e economia circular (“*circular economy*” AND “*sustainable development*”) e a área engenharia de sustentabilidade foi a que teve maior representação dentro dos resultados encontrados, com 29,75% (1417 publicações). Das 35 combinações selecionadas, oito áreas de conhecimento não obtiveram nenhum resultado de publicações, como pode-se observar na figura 5.

Os resultados evidenciam 5 áreas que se destacam, a saber: desenvolvimento sustentável (*sustainable development*), tecnologia (*technology*), custos (*cost*), qualidade (*quality*) e cadeia de suprimentos (*supply chain*). A partir desta constatação foram identificados dentro de cada uma dessas áreas de conhecimento, os 5 artigos com o maior número de citações, os quais são mostradas nas figuras de 6, 7, 8, 9 e 10.

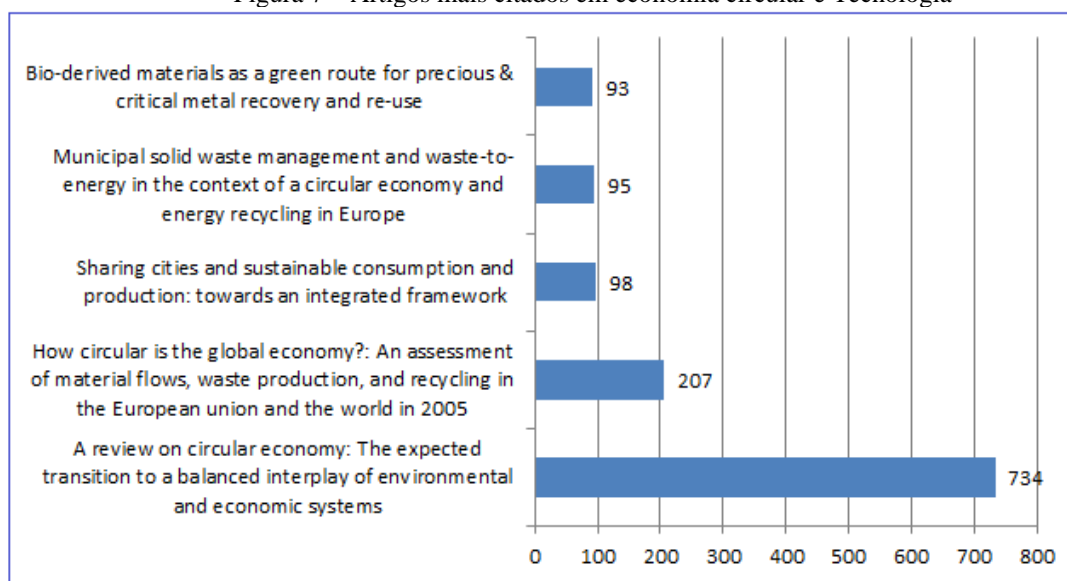
Figura 6 – Artigos mais citados em economia circular e desenvolvimento sustentável



Fonte: Base *Scopus* (adaptado pelos autores)

A partir da busca combinada de “*circular economy*” e “*sustainable development*”, os 5 artigos com o maior número de citações foram identificados e são mostrados na figura 6. O artigo mais citado obteve um total de 734 citações. Foi possível averiguar que além da temática relacionada a desenvolvimento sustentável há relacionamento também com negócios e sistemas econômicos.

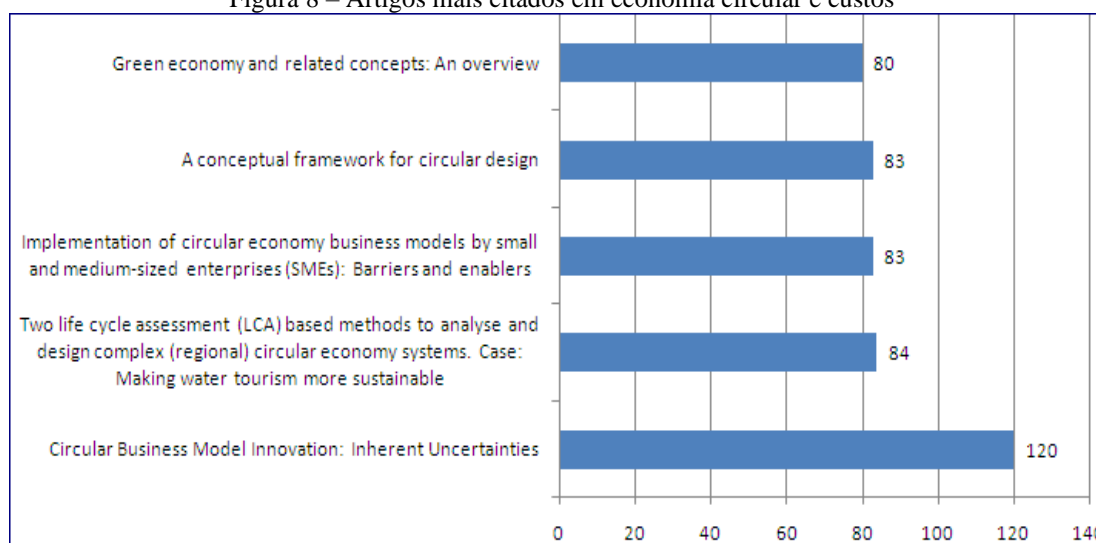
Figura 7 – Artigos mais citados em economia circular e Tecnologia



Fonte: Base *Scopus* (adaptado pelos autores)

Combinando os termos “*circular economy*” e “*technology*”, os 5 artigos com mais citações foram identificados e são mostrados na figura 7. O artigo mais citado obteve um total de 734 e coincidentemente é o mesmo artigo mais citado encontrado na figura 6, mostrando, portanto a relação entre tecnologia e desenvolvimento sustentável. Além disso, verificaram-se nos demais artigos abordagens como utilização de softwares de informação e comunicação e abordagens econômicas.

Figura 8 – Artigos mais citados em economia circular e custos



Fonte: Base *Scopus* (adaptado pelos autores)

A partir da busca combinada de “*circular economy*” e “*cost*”, os 5 artigos com o maior número de citações foram identificados e são mostrados na figura 6. O artigo mais citado obteve um total de 120 citações. Foi possível averiguar que além da temática relacionada a custos há relacionamento também com temas como projeto circular, modelagem de negócios e sistemas de economia circular.

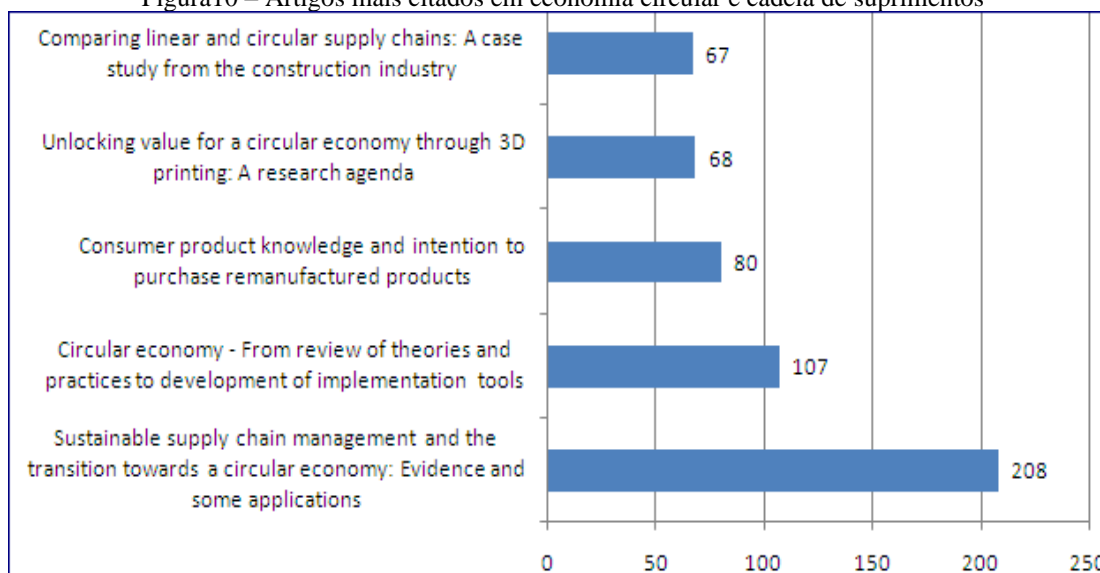
Figura 9 – Artigos mais citados em economia circular e qualidade



Fonte: Base *Scopus* (adaptado pelos autores)

Unindo “*circular economy*” e “*quality*”, os 5 artigos com mais citações foram identificados e são mostrados na figura 9. O artigo mais citado obteve um total de 80, que fala sobre a qualidade de produtos remanufaturados. Além disso, verificaram-se nos demais artigos abordagens como utilização de indicadores para economia circular e modelos que favorecem o crescimento econômico.

Figura10 – Artigos mais citados em economia circular e cadeia de suprimentos



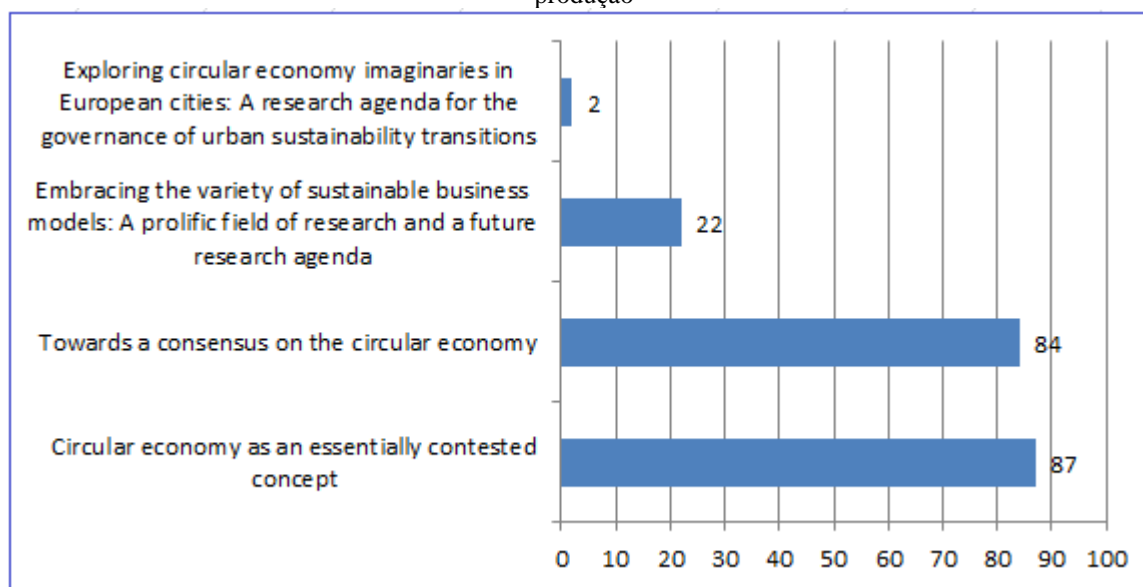
Fonte: Base *Scopus* (adaptado pelos autores)

A partir da busca combinada de “*circular economy*” e “*supply chain*”, os 5 artigos mais citados foram identificados e são mostrados na figura 10. O artigo mais citado obteve um total

de 208 citações. Foi possível averiguar que além da temática relacionada à cadeia de suprimentos há relacionamento também com implementação de ferramentas para desenvolvimento dentro da economia circular, economia circular e impressora 3D e o consumo de produtos remanufaturados, cujo artigo também foi o mais citado em qualidade.

Tendo em vista que *sustainable development* (desenvolvimento sustentável) foi o tema associado com mais publicações encontradas, realizou-se uma nova busca na base *Scopus* associando o tema com economia circular e engenharia de produção (*“circular economy” AND “sustainable development” AND “production engineering”/ “industrial engineering”*), e a busca resultou em 4 artigos, os quais podem ser observados na figura 11.

Figura 11 – Artigos mais citados em economia circular x desenvolvimento sustentável x engenharia de produção



Fonte: Base *Scopus* (pelos autores)

A busca combinada de *“circular economy” AND “sustainable development” AND “production engineering” / “industrial engineering”* resultou nos 4 artigos demonstrados na figura 11, cujo o mais citado teve 87 citações. Os artigos abordaram junto dentro do desenvolvimento sustentável temas como modelos de negócios sustentáveis e sustentabilidade urbana.

Após identificar os artigos mais citados dentro das cinco áreas destacadas foi elaborada a tabela 1 identificando os periódicos onde os artigos foram publicados e suas respectivas classificações.

Tabela 1: Classificação dos Periódicos

Periódicos	Fator de Impacto (2019)	Qualis		
		Engenharias III	Administração	Interdisciplinar
Journal of Cleaner Production	6.395	–	–	A1
Journal of Business Ethics	3.796	A2	A1	–
Journal of Industrial and Production Engineering	–	–	–	–
Ecological Economics	4.281	A1	–	–
Journal of Industrial Ecology	4.826	–	–	–
Energy	5.537	A1	A2	–
Green Chemistry	9.405	–	–	–
International Journal of Production Economics	4.998	–	–	A1
Environmental Modelling and Software	4.552	–	–	–
Resources, Conservation and Recycling	7.044	A2	A1	–
Business Strategy and the Environment	6.381	–	–	–
Sustainability (Switzerland)	2.592	B1	–	–
Omega (United Kingdom)	5.341	–	–	A1
Technological Forecasting and Social Change	3.815	–	–	A1

Fonte: Autores

A tabela 1 identifica as informações mais relevantes sobre os periódicos destacados, que são: fator de impacto e a classificação qualis dentro das áreas de Engenharias III e Administração. Em seguida foi elaborada a tabela 2 contendo os autores envolvidos nos artigos destacados, sua instituição ou universidade e o país.

Tabela 2: Informações Autores

Nº Autor	Autores	Instituição	Instituto/Faculdade	Departamento	Grupo de Pesquisa	País
1	A. Vlasopoulos	Brunel University London	Institute of Energy Futures, College of Engineering, Design and Physical Sciences	-	-	Reino Unido
2	Alan Murray	University of Winchester	Business School	-	-	Reino Unido
3	E. Katsou	Brunel University London	Institute of Environment, Health and Societies	Mechanical, Aerospace and Civil Engineering	-	Reino Unido
4	Harnwei Kuac	National University of Singapore	School of Design and Environment	Department of Building	-	Singapura
5	I.C. Lopez	Campus Universitario Riu Sec	Instituto de Tecnología Cerámica	Unidad de Medio Ambiente, Area de Sostenibilidad	-	Espanha
6	Keith Skene	Biosphere Research Institute	-	-	-	Reino Unido
7	L. Anguilano	Brunel University London	Experimental Techniques Centre	-	-	Reino Unido
8	P. Stanchev	Brunel University London	Institute of Environment, Health and Societies	Department of Mechanical, Aerospace and Civil Engineering	-	Reino Unido
9	R. Krzyżowska	Wroclaw University of Science and Technology	Faculty of Environmental Engineering	-	-	Polónia
10	Xiangyu Wanga	University of Shanghai for Science and Technology	College of Environment and Architecture	-	-	China
11	Alexandra Hicken	University of York	Green Chemistry Centre of Excellence	-	-	Reino Unido

12	Andrea Muñoz García	University of York	Green Chemistry Centre of Excellence	-	-	Reino Unido
13	Andrew J. Hunt	University of York	Green Chemistry Centre of Excellence	-	-	Reino Unido
14	He He	University of York	Green Chemistry Centre of Excellence	-	-	Reino Unido
15	Ingrid de Pauw	IDEAL & Co Explore	-	-	-	Holanda
16	A. Garmulewicz	Universidad de Santiago de Chile	Facultad de Administración y Economía (FAE)	-	-	Chile
17	A.E. Scheepens	Delft University of Technology	Faculty of Industrial Design	Department of Design Engineering	Design for Sustainability Research Group	Países Baixos
18	Adolf A. Acquaye	University of Kent	Kent Business School	-	-	Reino Unido
19	Alejandro Figueroa	University of Sheffield	Logistics and Supply Chain Management Research Centre	Management School	-	Reino Unido
20	Alexandros Flamos	University of Piraeus (UNIPI)	-	Department of Industrial Management & Technology	-	Grécia
21	Anastasia Ioannou	University of Piraeus (UNIPI)	-	Department of Industrial Management & Technology	-	Grécia
22	Andrea Genovese	University of Sheffield	Logistics and Supply Chain Management Research Centre	Management School	-	Reino Unido
23	Antero Honkasalo	Government of Finland Professor Emeritus	-	-	-	Finlândia
24	Arno Behrens	CEPS (Centre for European Policy Studies)	-	-	-	Bélgica
25	Beijia Huanga	University of Shanghai for Science and Technology	College of Environment and Architecture	Department of Environment and Low Carbon Science	-	China

26	Benjamin T. Hazen	University of Tennessee	-	Marketing and Supply Chain Management	-	EUA
27	Bernd Hansjürgens	Helmholtz Centre for Environmental Research e UFZ	-	-	-	Alemanha
28	Boyd Cohen	Universidad del Desarrollo	School of Business/EADA Business School	-	-	Chile
29	Bram van der Grinten	IDEAL & Co Explore	-	-	-	Holanda
30	Brian Chi-ang Lin	National Chengchi University	-	-	-	Taiwan
31	Carolina De los Rios	Cranfield University	Centre for Competitive Creative Design (C4D)	-	-	Reino Unido
32	Catia Cialani	Dalarna University	School of Technology and Business Studies	Economics	-	Suécia
33	Conny Bakker	Delft University of Technology	Industrial Design Engineering	-	-	Países Baixos
34	Corrado Topi	University of York	Stockholm Environment Institute	-	-	Reino Unido
35	D. Czajczynska	Brunel University London Wroclaw University of Science and Technology	Institute of Energy Futures, College of Engineering, Design and Physical Sciences Faculty of Environmental Engineering	-	-	Reino Unido Polônia
36	Dominik Wiedenhofer	Alpen Adria University	Institute of Social Ecology (Vienna), Faculty of Interdisciplinary Studies	-	-	Áustria
37	Donald A.R. George	University of Edinburgh	-	-	-	Reino Unido
38	Eleonore Loiseau	UMR ITAP – Unité Mixte de Recherche Technologies	-	-	Elsa Research Group for Environmental Lifecycle and Sustainability	França

						Assessment
39	Erwin Hofman	JIN Climate and Sustainability	-	-	-	Países Baixos
40	F. Al-Mansour	Institut Jozef Stefan	Energy Efficiency Centre (JSI-EEC)	-	-	Eslovênia
41	F.P. Reed-Tsochas	University of Oxford	Saïd Business School (SBS)	-	-	Reino Unido
42	Fiona Charnley	Cranfield University	Centre for Competitive Creative Design (C4D)	-	-	Reino Unido
43	Fred Yamoah	University of Hertfordshire	Business School	-	-	Reino Unido
44	Fridolin Krausmann	Alpen Adria University	Institute of Social Ecology (Vienna), Faculty of Interdisciplinary Studies	-	-	Áustria
45	H. Jouhara	Brunel University London	Institute of Energy Futures, College of Engineering, Design and Physical Sciences	-	-	Reino Unido
46	Helen L. Parker,	University of York	Green Chemistry Centre of Excellence	-	-	Reino Unido
47	J. Colon	University of Vic-Central University of Catalonia	BETA Tech. Center. (TECNIO Network), U Science Tech.,	-	-	Espanha
48	J. Malinauskaitė	Brunel University London	Brunel Law School, College of Business, Arts and Social Sciences	-	-	Inglaterra
49	J. Rowley	Digits2Widgets (D2W)	-	-	-	Reino Unido
50	J.C. Brezet	Delft University of Technology	Faculty of Industrial Design	Department of Design Engineering	Design for Sustainability Research Group	Países Baixos
51	J.G. Vogtlander	Delft University of Technology	Faculty of Industrial Design	Department of Design Engineering	Design for Sustainability Research Group	Países Baixos

52	James H. Clark	University of York	Green Chemistry Centre of Excellence	-	-	Reino Unido
53	Jennifer R. Dodson	University of York	Green Chemistry Centre of Excellence	-	-	Reino Unido
54	Jiangtao Hong	Shanghai University of International Business and Economic	-	International Business School	-	China
55	Jingzheng Reng	The Hong Kong Polytechnic University	-	Department of Industrial and Systems Engineering	-	Hong Kong
56	Jo Dewulf	Ghent University	-	-	Research Group ENVOC	Bélgica
57	Jonas De Schaepmeester	Ghent University	-	-	Research Group ENVOC	Bélgica
58	Jouni Korhonen	KTH Royal Institute of Technology	Department of Sustainable Production Developmen	-	-	Suécia
59	Jyri Seppälä	Finnish Environment Institute	-	-	-	Finlândia
60	Kaana Asemave	University of York	Green Chemistry Centre of Excellence	-	-	Reino Unido
61	Kathryn Haynes	Newcastle University Business School	-	-	-	Reino Unido
62	Kati Pitkanen	Finnish Environment Institute	-	-	-	Finlândia
63	Kim Ragaert	Ghent University	-	-	Research Group Applied Material Sciences	Bélgica
64	L. Mortara	University of Cambridge	Institute for Manufacturing (IfM)	-	-	Reino Unido
65	Laura Saikku	Finnish Environment Institute	-	-	-	Finlândia

66	Leonardo Rosado	Chalmers University of Technology	-	Department of Architecture and Civil Engineering	-	Suécia
67	M. Baumers	University of Nottingham	-	-	Additive Manufacturing and 3D Printing Research Group (3DPRG)	Reino Unido
68	M. Despeisse	University of Cambridge	Institute for Manufacturing (IfM)	-	-	Reino Unido
69	Madumita Sadagopan	University of Borå	Swedish Centre for Resource Recovery	-	-	Suécia
70	Marcus Linder	Viktoria Swedish ICT AB Göteborg	-	-	-	Suécia
71	Mariale Moreno	Cranfield University	Centre for Competitive Creative Design (C4D)	-	-	Reino Unido
72	Marianne Thomsen	Aarhus University	-	Environmental Science	Research Group on EcoIndustrial System Analysis	Dinamarca
73	Markus Heinz	Alpen Adria University	Institute of Social Ecology (Vienna), Faculty of Interdisciplinary Studies	-	-	Áustria
74	Martin Hirschnitz-Garbers	Ecologic Institute of Berlin	-	-	-	Alemanha
75	Mats Williander	Viktoria Swedish ICT AB Göteborg	-	-	-	Suécia
76	Minqiu Ding	Shanghai University of International Business and Economic	International Business School	-	-	China
77	Mohammed Haneef Abdul Nasir	University of Sheffield	Management School	-	-	Reino Unido
78	N. Spencer	Manik Ventures Ltd & Mission Resources Limited	-	-	-	Reino Unido

79	Nancy M. P. Bocken	Delft University of Technology	Industrial Design Engineering	-	-	Países Baixos
80	Nils Droste	UFZ, Helmholtz Centre for Environmental Research e UFZ	-	-	-	Alemanha
81	P. Brown	Delft University of Technology	Industrial Design Engineering	-	-	Países Baixos
82	P. Rostkowski	NILU e Norwegian Institute for Air Research	-	Department of Environmental Chemistry	-	Noruega
83	Pablo Muñoz	University of Leeds	Business and Sustainable Change, Sustainability Research Institute	-	-	Reino Unido
84	Patrizia Ghisellini	Alma Mater Studiorum and University of Bologna	-	Department of Agri-Food Science and Technology	-	Itália
85	Pekka Leskinen	Finnish Environment Institute	-	-	-	Finlândia
86	Peter Kuikman	Wageningen University	Wageningen Environmental Research (Alterra)	-	-	Holanda
87	R.J. Thorne	NILU e Norwegian Institute for Air Research	-	Department of Environmental Impacts and Sustainability	-	Noruega
88	Raimund Bleischwitz	University of College London	Institute for Sustainable Resources	-	-	Reino Unido
89	Riina Antikainen	Finnish Environment Institute	-	-	-	Finlândia
90	Roberto Rinaldi	University of York	Stockholm Environment Institute	-	-	Reino Unido
91	S. Knowles	Fila-Cycle	-	-	-	Reino Unido
92	S. Ponsa	University of Vic-Central University of Catalonia	BETA Tech. Center. (TECNIO Network), U Science Tech.	-	-	Espanha

93	S.C. Lenny Koh	University of Sheffield	Logistics and Supply Chain Management Research Centre	Management School	-	Reino Unido
94	S.J. Ford	University of Cambridge	Institute for Manufacturing (IfM)	-	-	Reino Unido
95	Sergio Ulgiat	Parthenope University of Naples, Naples	Department of Sciences and Technologies	-	-	Itália
96	Sofie Huysman	Ghent University	-	-	Research Group ENVOG	Bélgica
97	Sotiris Papadelis	University of Piraeus (UNIPI)	-	Department of Industrial Management & Technology IBW	-	Grécia
98	Steven De Meester	Ghent University	-	Department of Industrial Biological Sciences	Research Group ENVOG	Bélgica
99	T.H.W. Minshall	University of Cambridge	Institute for Manufacturing (IfM)	-	-	Reino Unido
100	Terri Kafyeke	Ecologic Institute of Berlin	-	-	-	Alemanha
101	Thomas J. Farmer	University of York	Green Chemistry Centre of Excellence	-	-	Reino Unido
102	Vasileios Rizos	CEPS (Centre for European Policy Studies)	-	-	-	Bélgica
103	Willi Haas	Alpen Adria University	Institute of Social Ecology (Vienna), Faculty of Interdisciplinary Studies	-	-	Áustria
104	Wytze van der Gaast	JIN Climate and Sustainability	-	-	-	Países Baixos
105	Yacan Wang	Beijing Jiaotong University	School of Economics and Management	Economics	-	China
106	Yibin Zhang	Shanghai Lixin University of Commerce	School of Business Administration	-	-	China

107	Yong Gengd	Shanghai Jiao Tong University	School of Environmental Science and Engineering	-	-	China
		Shanghai Jiao Tong University	China Institute for Urban Governance	-	-	China
108	Yuliya Kalmykova	Chalmers University of Technology	-	Department of Architecture and Civil Engineering	-	Suécia
109	Yunmin Chen	Academia Sinica	-	-	-	Taiwan
110	Zoe Rowe	Cranfield University	Centre for Competitive Creative Design (C4D)	-	-	Reino Unido

Fonte: Autores

De acordo com a tabela 2 foram identificados 110 autores envolvidos nos artigos mais citados e a maioria deles são de instituições europeias, com destaque para o Reino Unido, o qual teve uma colaboração de 42 autores. Das instituições identificadas a *University of York*, no Reino Unido, destacou-se dentre as demais com um total de 11 autores identificados.

Além das Universidades foi possível observar a presença e contribuição de institutos não acadêmicos em alguns dos artigos destacados. O *Finnish Environment Institute* destacou-se dentre os demais com a participação de 5 autores dentre os citados. Trata-se de um instituto de pesquisa e um centro de conhecimento que fornece conhecimento e soluções que permitem desenvolvimento sustentável.

5. Conclusão

No presente trabalho foram apresentados os resultados do estudo bibliométrico relativo à economia circular e sua relação com a engenharia de produção. Foi possível observar que em termos absolutos as publicações sobre economia circular tiveram uma evolução crescente, 1018,32% no período de 2015 a 2018. Cabe destacar que as taxas relacionadas ao número de publicações são decrescentes ano a ano, considerado o período pesquisado. De modo geral se pode considerar que as áreas de interseção entre economia circular e engenharia de produção são um campo emergente em termos de oportunidades de pesquisa.

Na análise das publicações por países, percebeu-se que a maioria das publicações estão concentradas na Europa e a minoria na África. Cabe considerar que o movimento relacionado à economia circular é elevado na Europa que já incluiu a economia circular como tópico dos planos de desenvolvimento. O Brasil teve destaque dentro das publicações dos países da América Latina e está incluído entre os 20 países com mais publicações no mundo, sendo emergente neste segmento sua inserção.

Na análise por área de estudo notou-se que a área relacionada à engenharia de produção teve uma representação de 1,5% das publicações, o que sugere que há espaço para que o tema possa ser mais explorado. Além disso, identificaram-se as áreas da engenharia de produção que se destacaram em relação à economia circular e a que teve maior número de publicações encontradas foi engenharia de sustentabilidade, com o tema desenvolvimento sustentável como o associado. Além disso, as áreas temáticas relacionadas à tecnologia, custos, qualidade e cadeia de suprimentos também tiveram valores significativos em termos das publicações.

Por outro lado, não foram encontradas publicações para 8 dos temas selecionados, que foi o caso de gerenciamento de sistemas e operações, processos produtivos discretos e contínuos, gestão de estoques, pesquisa operacional, inovação, segurança do trabalho, gestão de efluentes e responsabilidade social, o que demonstra a necessidade e oportunidade de integrar os mesmos e desenvolver um novo caminho de estudos.

Analisando os artigos mais citados dentro dos temas com mais publicações notou-se que alguns artigos estavam dentre os mais citados em mais de um dos temas, podendo-se perceber a relação entre eles e dentre eles, o tema negócios apareceu com mais frequência.

A avaliação dos periódicos serviu para identificar o impacto dos mesmos e sua classificação qualis dentro das áreas Engenharias III e Administração e a tabela dos autores possibilitou identificar os autores envolvidos nas publicações mais relevantes dentro da pesquisa em questão, bem como as instituições envolvidas e seus respectivos países.

De acordo com as informações obtidas no estudo propõe-se para trabalhos futuros o levantamento de informações sobre economia circular e engenharia de produção, explorando áreas mais específicas como *lean manufacturing*, ferramentas da qualidade, produtividade e indicadores.

REFERÊNCIAS

- ABEPRO. **Engenharia de Produção: Grande área e diretrizes curriculares**. Disponível em: http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/1/Ref_curriculares_ABEPRO.pdf. Acesso em 26 de agosto 2019.
- ABEPRO. **Economia circular: o papel da engenharia de produção**. Disponível em: http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/50/SD_2016_-_Wladimir_H._Motta.pdf. Acesso em 26 de agosto 2019.
- BERARDI, Patrícia; DIAS, Joana Maia. **O mercado da economia Circular: como os negócios estão sendo afetados pelo modelo que substitui o linear e como serão ainda mais a médio e longo prazos**. GVEXECUTIVO, v. 17, nr. 5, set/out, 2018. Fundação Getúlio Vargas.
- Ellenmacarthurfoundation. **Economia Circular**. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/economia-circular-1>. Acesso em: 20 de agosto de 2019.
- Franciosi, C., Lambiase, A., & Miranda, S. (2017). Sustainable Maintenance: a Periodic Preventive Maintenance Model with Sustainable Spare Parts Management. **IFAC-PapersOnLine**, 50(1), 13692–13697. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.2536>
- Geerken, T., Schmidt, J., Boonen, K., Christis, M., & Merciai, S. (2019). Assessment of the potential of a circular economy in open economies e Case of Belgium. **Journal of Cleaner Production**, 227, 683–699. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.120>
- Gusmerotti, N. M., Testa, F., Corsini, F., Pretner, G., & Iraldo, F. (2019). Drivers and approaches to the circular economy in manufacturing firms. **Journal of Cleaner Production**, 230, 314–327. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.044>
- Moraga, G., Huysveld, S., Mathieux, F., Blengini, G. A., Alaerts, L., Acker, K. Van, ... Dewulf, J. (2019). Resources , Conservation & Recycling Circular economy indicators : What do they measure? **Resources, Conservation & Recycling**, 146(January), 452–461. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.045>
- Prieto-sandoval, V., Jaca, C., & Ormazabal, M. (2018). Towards a consensus on the circular economy. **Journal of Cleaner Production**, 179, 605–615. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.224>
- Seroka-stolka, O., & Ociepa-kubicka, A. (2019). ScienceDirect Green logistics and circular economy Green logistics and circular economy Green Cities 2018. **Transportation Research**
Revista Valore, Volta Redonda, 5, e-5038, 2020.

Procedia, 39(2018), 471–479. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.06.049>

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. Tradução de Henrique Luiz Corrêa. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2009.

Svensson, N., & Funck, E. K. (2019). Management control in circular economy . Exploring and theorizing the adaptation of management control to circular business models. **Journal of Cleaner Production**, 233, 390–398. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.089>

WEETMAN, C. Economia Circular: conceitos e estratégias para fazer negócios de forma mais inteligente, sustentável e lucrativa. 1a. ed – São Paulo: **Autentica Business**, 2019.

Recebido em: 17/03/2020

Aceito em: 05/12/2020

Endereço para correspondência:

Nome: Míriam Machado Fabris*

Email: miriam.fabris@hotmail.com



Esta obra está licenciada sob uma [Licença Creative Commons Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)