

# Estudo exploratório das conexões entre tecnologia verde e economia circular

Maria de Fátima Albuquerque Valente de Melo Cabral

[mariafcabral@ua.pt](mailto:mariafcabral@ua.pt)

Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Águeda – Universidade de Aveiro  
0009-0000-6198-6887

## Resumo:

Os crescentes desafios ambientais têm promovido a procura por soluções que integrem os conceitos de tecnologia verde e economia circular. Enquanto conceito emergente, a tecnologia verde tem vindo a desempenhar um papel de destaque na adoção de práticas mais amigas do ambiente. Contudo, a sua implementação enfrenta desafios complexos, que refletem a necessidade de incentivos financeiros, consciencialização dos consumidores, desenvolvimento tecnológico e investimento. A adoção de tecnologia verde pode, assim, ser vista como um elemento facilitador da transição para a economia circular, contribuindo para o cumprimento de objetivos sustentáveis.

Este estudo apresenta uma revisão bibliométrica da literatura científica, complementada por uma análise crítica dos cinco artigos mais citados da amostra. Os resultados obtidos mostram um crescimento significativo do interesse académico nestes conceitos, especialmente na área de *Business, Management and Accounting*. A análise das palavras-chave e das redes de coocorrência confirmou a forte conexão temática entre tecnologia verde, economia circular e sustentabilidade. No entanto, nenhum dos artigos mais citados aborda explicitamente o conceito de economia circular. Esta constatação valida a pertinência do presente estudo e evidencia a necessidade de abordagens mais integradas e interdisciplinares em futuras investigações.

**Palavras-chave:** Economia Circular; Tecnologia Verde; Sustentabilidade; Revisão bibliométrica.

## Abstract:

Growing environmental challenges have promoted the search for solutions that integrate the concepts of green technology and the circular economy. As an emerging concept, green technology has been playing a leading role in the adoption of more environmentally friendly practices. However, its implementation faces complex challenges, reflecting the need for financial incentives, consumer awareness, technological development and investment. The adoption of green technology can therefore be seen as a facilitating element in the transition to the circular economy, contributing to the fulfilment of sustainable objectives.

This study presents a bibliometric review of scientific literature, complemented by a critical analysis of the five most cited articles in the sample. The results show a significant growth in academic interest in these concepts, especially around Business, Management and Accounting. Analysing keywords and co-occurrence

networks confirmed the strong thematic connection between green technology, the circular economy and sustainability.

However, none of the most cited articles explicitly addresses the concept of circular economy. This finding validates the relevance of this study and highlights the need for more integrated and interdisciplinary approaches in future research.

**Keywords:** Bibliometric review; Circular Economy; Green Technology; Sustainability.

## 1. Introdução

Vivemos num momento de profundas mudanças globais que têm impulsionado inovações em diversos setores, destacando-se a busca por eficiência e sustentabilidade como elementos fundamentais. Devido a esta ênfase global na sustentabilidade (Wu e Wu, 2019), a economia circular surge como uma alternativa ao modelo tradicional de produção e consumo “*take-make-dispose*” (Merli et al., 2018). Segundo Bonciu (2014) e Masi et al. (2018), o que diferencia a economia circular de outras abordagens para reduzir o consumo de energia e materiais é a sua visão holística, baseada na criação de circuitos fechados para materiais, energia e resíduos, envolvendo todas as atividades sociais. Neste contexto, a literatura destaca que as tecnologias verdes desempenham um papel essencial e complementar, fornecendo soluções práticas e inovadoras que viabilizam a aplicação efetiva dos princípios da economia circular, promovendo a minimização dos impactos ambientais e a otimização de recursos. De acordo com Song et al. (2018) a tecnologia verde pode ser descrita como inovações e práticas tecnológicas que buscam minimizar impactos ambientais, promover a sustentabilidade e melhorar a eficiência energética, com foco no desenvolvimento de processos produtivos mais limpos, na redução do consumo energético e na diminuição das emissões para aprimorar o desempenho ambiental. De forma complementar, Wicki e Hansen (2017) definem a tecnologia verde como tecnologias sustentáveis, ambientalmente responsáveis e capazes de reduzir a pegada de carbono e o impacto ambiental global.

Perante este cenário, torna-se essencial investigar a relevância da adoção de práticas baseadas na circularidade e no uso de tecnologias mais amigas do ambiente. O objetivo do presente trabalho é oferecer uma visão abrangente sobre os conceitos de economia circular e tecnologia verde, conforme apresentados na literatura científica. Este estudo apresenta uma revisão bibliométrica da literatura científica, complementada por uma análise crítica dos 5 artigos mais citados da amostra. Esta abordagem visa não apenas caracterizar a evolução e tendências da investigação sobre tecnologia verde e economia circular, mas também identificar

os contributos mais influentes na consolidação destes conceitos. Ao sistematizar os principais objetivos, metodologias, resultados e limitações dos estudos com maior impacto, pretende-se oferecer uma perspetiva crítica que permita ao leitor perceber quais os autores que se debruçam sobre aspetos centrais para a transição sustentável, como a adoção de tecnologias verdes, os mecanismos de difusão da inovação e os fatores que influenciam a sua implementação.

## 2. Metodologia

A metodologia adotada para o desenvolvimento do presente artigo tem por base uma análise bibliométrica. O conceito de bibliometria foi inicialmente proposto por Pritchard (1969), que definiu o mesmo como sendo “a aplicação da matemática e dos métodos estatísticos aos livros e a outros meios de comunicação”. De acordo com Du e Teixeira (2012), ao longo do tempo têm vindo a ser propostas muitas definições, apresentando vantagens relativamente a uma revisão tradicional da literatura, uma vez que esta permite “uma seleção mais objetiva e sistemática da investigação científica num determinado domínio”, (Du e Teixeira, 2012; Cobo et al, 2015; Manriquez et al, 2015; De Oliveira et al, 2019; citado por Tavares-Lehman et

Varum, 2021). De acordo com Teixeira (2014; citado por Tavares-Lehmann e Varum, 2021) quando se quer identificar o estado da arte da literatura, a bibliometria está na “vanguarda”.

Seguidamente à definição do tema, que se focou na tecnologia verde e economia circular, procedeu-se à construção de cadeias de consulta, compostas pela combinação "*green technolog\**" AND "*circular economy*" OR "*CE\**" OR "*GT\**". A etapa seguinte consistiu na pesquisa de publicações na base de dados escolhida – a *Sci Verse Scopus*. Esta e outras, como a *Web of Science*, são consideradas base de dados “multidisciplinares, que apresentam um índice de citação elevado e promovem acesso a um vasto número de publicações de editoras de prestígio, como a Elsevier, Springer e outras plataformas, como a *Google Scholar*”, (José De Oliveira et al., 2019; Martín-Martín et al., 2018; Tavares-Lehmann & Varum, 2021; Parida et al., 2019). Dada a familiaridade dos autores com a *Scopus*, a opção foi utilizar apenas esta base de dados para recolha de dados. Foram recuperados 3292 documentos numa pesquisa por título, resumo e palavras-chave, sem aplicação inicial de critérios de exclusão. Numa etapa posterior, foram aplicados filtros específicos (Tabela 1), restringindo a amostra à área de *Business, Management and Accounting*, por se tratar de uma área com expressividade e relevância crescente no tema em estudo. Após as exclusões por área, tipo de documento, fonte, estado de publicação e período, foram selecionados 35 artigos para compor a amostra final.

**Tabela 1 – Síntese dos critérios de inclusão e de exclusão**

<b>Filtros de pesquisa</b>	<b>CrITÉrios de inclusão</b>	<b>CrITÉrios de exclusão</b>
Base de dados	Scopus	Web of Science; Google Scholar; literatura cinzenta
Pesquisa por/ Search within	Article title; Abstract; Keywords <b>N = 3292</b>	
rea/ Subject area	Business, Management and Accounting  n = 328	Engineering; Economics, Econometrics and Finance; Energy; Environmental Science; Social Science; Decision Science; Materials Science; Arts and Humanities; Computer Science; Mathematics; Psychology; Agricultural and Biological Sciences; Earth and Planetary Sciences; Physics and Astronomy
Document type	Artigo n = 234	Book chapter; Conference paper; Book; Review
Fonte/Source type	Journal n = 233	Book; Conference proceeding; Book series; Trade journal
Estado de publicao/ Publication stage	Final n = 215	Articles in press
Período/ Range	Documentos publicados entre 2008 - 2023 <b>n = 35</b>	$\geq 2008$ e $2023 \leq$

Fonte: Elaborao própria, com dados extraidos da *Scopus*

Após o procedimento acima descrito, foi realizada a análise bibliométrica, com base nos dados extraidos da base de dados – *Scopus*. Como ferramentas de apoio foi utilizado o VOSviewer, nomeadamente para interpretao de ocorrência de palavras-chave, através de um mapa de redes.

Adicionalmente, procedeu-se  análise crítica dos cinco artigos mais citados da amostra, considerando os seus objetivos, metodologias, resultados, barreiras e a sua relao com os conceitos de economia circular e tecnologia verde. Esta abordagem mista visa aprofundar o entendimento sobre como a literatura científica tem abordado estes conceitos e quais as lacunas e oportunidades para investigaes futuras.

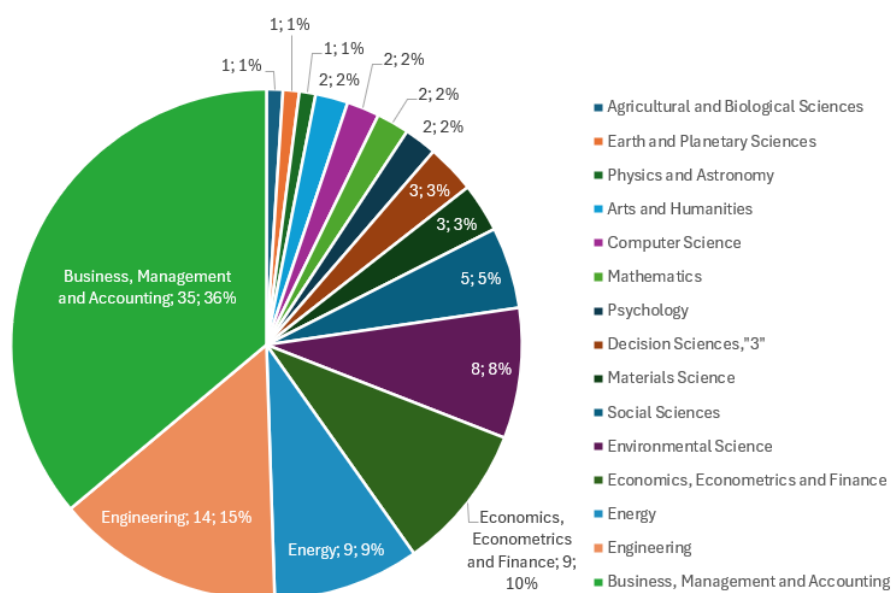
### **3. Apresentao de resultados**

#### **3.1. reas de investigao e evoluo do número de publicaes**

O Gráfico 1 reflete a transversalidade dos conceitos estudados, contudo a rea *Business, Management and Accounting* preside com um número de publicaes de 35 artigos, correspondente a 36% do total de artigos obtidos numa primeira fase de pesquisa – 3292 artigos.

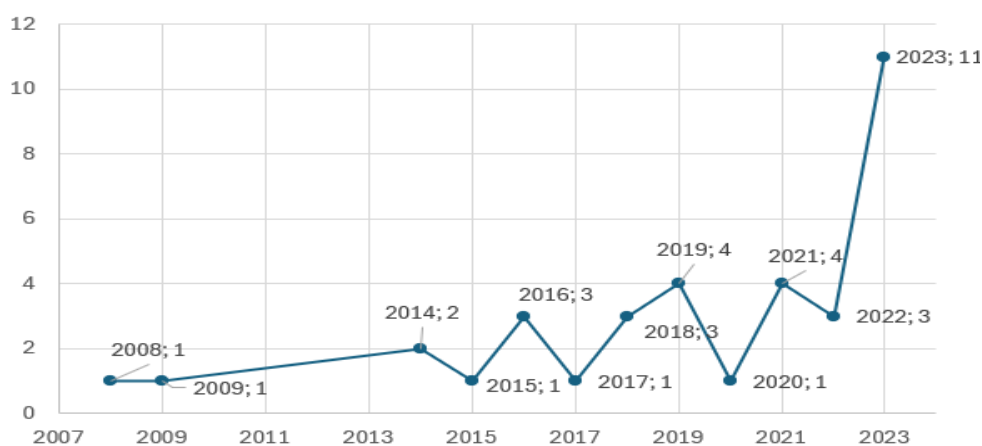
A escolha de focar na área de *Business, Management and Accounting* é assim justificada pela sua representatividade, sendo um indicador de interesse crescente, mas também da relevância e impacto desta área no contexto atual. Destacam-se outras áreas, como *Engineering* (14 publicações) e *Economy* (9 publicações), o que explica que o tema estudado tem vindo a contribuir para o volume de publicações em diversas áreas, que indica a sua importância para a economia global e impacto interdisciplinar.

**Gráfico 1 - Número de publicações por área de conhecimento (2008-2023)**



Fonte: Elaboração própria, com dados extraídos da *Scopus*

No que respeita às principais tendências em termos cronológicos, a evolução de publicações na área de *Business, Management and Accounting* ao longo dos anos apresenta uma tendência de crescimento, especialmente na última década. O Gráfico 2 ilustra essa progressão. A primeira publicação que relaciona os conceitos em estudo, considerando os critérios de inclusão aplicados, aponta para 2008, com apenas 1 artigo publicado. Entre 2010 e 2013 não foi publicado nenhum artigo. Observa-se uma variação entre 2019 e 2022 no número de publicações, atingindo o pico de 11 publicações em 2023.

**Gráfico 2 - Número de publicações por ano (2008-2023)**

Fonte: Elaboração própria, com dados extraídos da *Scopus*

Outro elemento importante para a caracterização da amostra, assenta na identificação de revistas e periódicos onde existiram publicações sobre o tema estudado. Descrevendo o conteúdo da Tabela 2, no que diz respeito à distribuição dos artigos por revista, verifica-se que o levantamento das publicações abrange uma variedade de revistas de relevância, distribuídas por diversas editoras e classificadas em diferentes quartis. Destaca-se a revista *Journal of Cleaner Production*, da editora Elsevier (Q1), com 5 artigos (14%). A *International Journal of Production Engineering and Manufacturing Green Technology*, da Springer (Q1) e *Technological Forecasting and Social Change*, da Elsevier (Q1), contam com 2 publicações (6%) cada. Diversas outras revistas contribuíram para o tema estudado no período analisado, com 1 publicação cada, totalizando 3% das publicações para cada uma delas.

Respeitante às editoras, a *Elsevier* totaliza 8 publicações, a *Springer Nature* e *Walter Gruyter* com 3 cada uma. Os 24 artigos restantes estão distribuídos por outras editoras de forma igual, com 1 publicação cada uma delas.

Também foi efetuada uma análise dos quartis das revistas, uma vez que este é um fator importante no que concerne à qualidade e impacto das publicações científicas, com base no fator de impacto das revistas. Este tipo de classificação promove junto de pesquisadores e instituições a escolha de revistas para submissão de artigos, com o objetivo de garantir que as suas pesquisas e contributos alcancem visibilidade. Referente à análise dos quartis, temos 12 publicações localizadas no Q1 (34%), 8 publicações no Q2 (23%), no Q3 (17%) encontram-se 6 publicações e no Q4 (11%) situam-se 4 publicações. É importante referir que no contexto das publicações analisadas, todas as revistas contribuem para a área da gestão, área na qual recaiu o presente estudo.

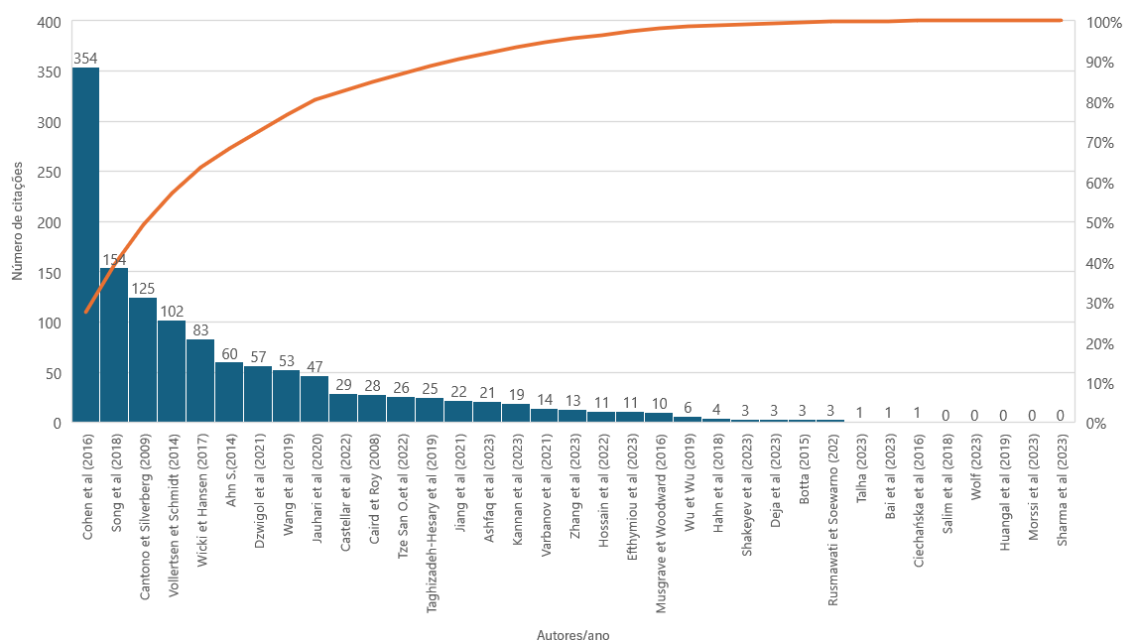
**Tabela 2 – Número de publicações por Revista**

Revistas	Editora	Quartil	Nº de Publicações	%
<i>Journal Of Cleaner Production</i>	<i>Elsevier</i>	Q1	5	14%
<i>International Journal Of Precision Engineering And Manufacturing Green Technology</i>	<i>Springer Nature</i>	Q1	2	6%
<i>Technological Forecasting And Social Change</i>	<i>Elsevier</i>	Q1	2	6%
<i>Administrative Sciences</i>	<i>Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)</i>	Q2	1	3%
<i>Advances In Science Technology And Engineering Systems</i>	<i>ASTES Publishers</i>	Q4	1	3%
<i>Business Strategy And The Environment</i>	<i>Wiley-Blackwell</i>	Q1	1	3%
<i>Clean Technologies And Environmental Policy</i>	<i>Springer Nature</i>	Q1	1	3%
<i>Economics Innovative And Environmental Policy</i>	<i>Walter de Gruyter</i>	Q3	1	3%
<i>Engineering Economics</i>	<i>Kauno Technologijos Universitetas</i>	Q2	1	3%
<i>European Journal Of Futures Research</i>	<i>Springer Nature</i>	Q2	1	3%
<i>Event Management</i>	<i>Cognizant Communication Corporation</i>	Q3	1	3%
<i>Fibres And Textiles In Eastern Europe</i>	<i>Walter de Gruyter</i>	Q3	1	3%
<i>Informacion Tecnologica</i>	<i>Centro de Informacion Tecnologica</i>	Q3	1	3%
<i>International Journal Of Energy Sector Management</i>	<i>Emerald Publishing</i>	Q2	1	3%
<i>International Journal Of Mathematical Engineering And Management Sciences</i>	<i>Ram Arti Publishers</i>	Q2	1	3%
<i>International Journal Of Innovation Management</i>	<i>World Scientific</i>	Q2	1	3%
<i>International Journal Of Procurement Management</i>	<i>Inderscience Publishers</i>	Q3	1	3%
<i>International Journal Of Recent Technology And Engineering</i>	<i>Blue Eyes Intelligence Engineering and Sciences Publication</i>	Q4	1	3%
<i>Journal Of Innovation And Knowledge</i>	<i>Elsevier</i>	Q1	1	3%
<i>Journal Of Intellectual Capital</i>	<i>Emerald Publishing</i>	Q1	1	3%
<i>Management Science</i>	<i>INFORMS Institute for Operations Research and the Management Sciences</i>	Q1	1	3%
<i>Oeconomia Copernicana</i>	<i>Instytut Badan Gospodarczych/Institute of Economic Research (Poland)</i>	Q1	1	3%
<i>Operations Research Perspectives</i>	<i>Elsevier</i>	Q1	1	3%
<i>Pertanika Journal Of Social Sciences And Humanities</i>	<i>Universiti Putra Malaysia</i>	Q4	1	3%
<i>Production Engineering Archives</i>	<i>Walter de Gruyter</i>	Q2	1	3%
<i>Property Management</i>	<i>Emerald Publishing</i>	Q3	1	3%
<i>Uncertain Supply Chain Management</i>	<i>Growing Science</i>	Q2	1	3%
<i>Virtual Economics</i>	<i>The London Academy of Science and Business</i>	Q2	1	3%
<i>Wirtschaftsdienst</i>	<i>Walter de Gruyter</i>	Q4	1	3%

### 3.2. Autores e distribuição de artigos pelo número de citações

No que concerne à distribuição de citações, o Gráfico de Pareto (3) apresenta uma visão global das citações por autores, com uma distribuição dos dados por ordem decrescente de frequência de citações. Os autores que apresentam mais de 100 citações, representam 57% dos dados totais (1289 citações). Dos autores com mais de 100 citações, o mais citado, com base nos dados apresentados no Gráfico, é Cohen et al (2016), que lidera com 354 citações, seguido de Song et al (2018) com 154 citações. Seguidamente temos Cantono e Silverberg (2009) com 125 e Vollertsen e Schmidt (2014) com 102 citações. O alto número de citações destes autores sugere que as suas pesquisas são reconhecidas e influentes pela comunidade científica. No que diz respeito à tendência temporal dos autores acima de 100 citações, verifica-se que estão distribuídos entre diferentes anos - 2016, 2018, 2009 e 2014, respetivamente, o que sugere que o impacto dos temas tratados e discutidos nos mesmos não estão necessariamente ligados à atualidade. É ainda observável uma grande disparidade entre o autor mais citado e os restantes. Abaixo de 100 localizam-se autores entre 83 e 0 citações, representando 43% do número total de citações.

**Gráfico 3 – Citações por autor**



Fonte: Elaboração própria, com dados extraídos da *Scopus*

A Tabela 3 apresenta de forma mais detalhada a distribuição das citações pelos artigos, revistas e autores. Na mesma observa-se o nome do autor, título do artigo, a revista onde foi

publicado e o número de citações. De acordo com Carbone (2011), a análise das publicações mais citadas é um dos aspetos mais relevantes a estudar numa revisão bibliométrica. De ressaltar que a Tabela 3 reflete o top 15 dos artigos mais citados da amostra, que apresentam citações acima de 20.

**Tabela 3 – Distribuição de artigos pelo número de citações – Top 15**

<b>Autor (Ano)</b>	<b>Título do artigo</b>	<b>Revista</b>	<b>Nº de Citações</b>
Cohen et al (2016)	The impact of demand uncertainty on consumer subsidies for green technology adoption	Management Science	354
Song et al (2018)	Environmental regulations, staff quality, green technology, R&D efficiency, and profit in manufacturing	Technological Forecasting and Social Change	154
Cantono et Silverberg (2009)	A percolation model of eco-innovation diffusion: The relationship between diffusion, learning economies and subsidies	Technological Forecasting and Social Change	125
Vollertsen et Schmidt (2014)	Dry metal forming: Definition, chances and challenges	International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology	102
Wicki et Hansen (2017)	Clean energy storage technology in the making: An innovation systems perspective on flywheel energy storage	Journal of Cleaner Production	83
Ahn S.(2014)	An evaluation of green manufacturing technologies based on research databases	International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology	60
Dzwigol et al (2021)	THE ORGANIZATIONAL AND ECONOMIC MECHANISM OF IMPLEMENTING THE CONCEPT OF GREEN LOGISTICS	Virtual Economics	57
Wang et al (2019)	Life cycle and economic assessment of a solar panel array applied to a short route ferry	Journal of Cleaner Production	53
Jauhari et al (2020)	A closed-loop supply chain model with rework, waste disposal, and carbon emissions	Operations Research Perspectives	47
Castellar et al (2022)	Nature-based solutions coupled with advanced technologies: An opportunity for decentralized water reuse in cities	Journal of Cleaner Production	29
Caird et Roy (2008)	User-centred improvements to energy efficiency products and renewable energy systems: Research on household adoption and use	International Journal of Innovation Management	28
Tze San O.et al (2022)	GEO and sustainable performance: the moderating role of GTD and environmental consciousness	Journal of Intellectual Capital	26
Taghizadeh-Hesary et al (2019)	Empirical analysis of factors influencing the price of solar modules	International Journal of Energy Sector Management	25

Jiang et al (2021)	Efficiency assessment of green technology innovation of renewable energy enterprises in China: a dynamic data envelopment analysis considering undesirable output	Clean Technologies and Environmental Policy	22
Ashfaq et al (2023)	Doing good for society! How purchasing green technology stimulates consumers toward green behavior: A structural equation modeling–artificial neural network approach	Business Strategy and the Environment	21
Kannan et al (2023)	A novel bi-objective optimization model for an eco-efficient reverse logistics network design configuration	Journal of Cleaner Production	19
Varbanov et al (2021)	Process assessment, integration and optimisation: The path towards cleaner production	Journal of Cleaner Production	14
Zhang et al (2023)	How does heterogeneous green technology innovation affect air quality and economic development in Chinese cities? Spatial and nonlinear perspective analysis	Journal of Innovation and Knowledge	13
Hossain et al (2022)	Nexus of Stakeholder Integration, Green Investment, Green Technology Adoption and Environmental Sustainability Practices: Evidence from Bangladesh Textile SMEs	Pertanika Journal of Social Sciences and Humanities	11
Efthymiou et al (2023)	A Study on Sustainability and ESG in the Service Sector in India: Benefits, Challenges, and Future Implications	Administrative Sciences	11
Musgrave et Woodward (2016)	Ecological systems theory approach to corporate social responsibility: Contextual perspectives from meeting planners	Event Management	10
Wu et Wu (2019)	The role of educational action research of recycling process to the green technologies, environment engineering, and circular economies	International Journal of Recent Technology and Engineering	6
Hahn et al (2018)	Does “clean” pay off? Housing markets and their perception of heating technology	Property Management	4
Shakeyev et al (2023)	Enhancing the Green Energy Revolution: Analyzing the Impact of Financial and Investment Processes on Renewable Energy Projects in Kazakhstan	ECONOMICS - Innovative and Economics Research Journal	3
Deja et al (2023)	Green technologies in smart city multifloor manufacturing clusters: A framework for additive manufacturing management; [绿色技术在智慧城市多层制造集群中的应用: 增材制造管理框架]	Production Engineering Archives	3
Botta (2015)	Exploration of external indicators of social change in postmodern communities	European Journal of Futures Research	3

Rusmawati et Soewarno (2021)	The role of green technology to investigate green supply chain management practice and firm performance	Uncertain Supply Chain Management	3
Talha (2023)	Green Financing and Sustainable Policy for Low Carbon and Energy Saving Initiatives: Turning Educational Institutes of China into Green	Engineering Economics	1
Bai et al (2023)	Paths to low-carbon development in China: The role of government environmental target constraints	Oeconomia Copernicana	1
Ciechańska et al (2016)	Investigation on the structure and properties of modified products from the grain-mill industry for use in the preparation of biopolymer technical materials; [Badania struktury i właściwości surowców przemysłu mączno-zbożowego stosowanych do wytwarzania biopolimerowych produktów technicznych]	Fibres and Textiles in Eastern Europe	1
Salim et al (2018)	The use of LMS amesim in the fault diagnosis of a commercial PEM fuel cell system	Advances in Science, Technology and Engineering Systems	0
Wolf (2023)	Recycling of Rare Metals: A Pathway Towards Resilient Green Supply Chains; [Recycling seltener Metalle: Ein Weg zu resilienten grünen Lieferketten]	Wirtschaftsdienst	0
Huangal et al (2019)	Electrostatic separation of a glycerine emulsion in biodiesel with application of various voltages and distances between electrodes; [Separación Electrostática de una Emulsión de Glicerina en Biodiésel con Aplicación de Varios Voltajes y Distancias entre Electrodo]	Informacion Tecnologica	0
Morssi et al (2023)	Development of sustainable and circular criteria in supplier selection	International Journal of Procurement Management	0
Sharma et al (2023)	Decisive Drivers Contributing towards Modern Last Mile Delivery Operations: A Qualitative Analysis using ISM	International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences	0

Fonte: Elaboração própria, com dados extraídos da *Scopus*

Considerando a Tabela 3, o artigo de Cohen et al (2016), intitulado "*The impact of demand uncertainty on consumer subsidies for green technology adoption*," publicado na revista *Management Science*, lidera o ranking com 354 citações. Com 154 citações estão Song et al (2018) , com o artigo intitulado "*Environmental regulations, staff quality, green technology, R&D efficiency, and profit in manufacturing*," publicado na revista *Technological Forecasting and Social Change*. Seguem-se Cantono e Silverberg (2009) com o artigo "*A percolation model of eco-innovation diffusion: The relationship between diffusion, learning economies and subsidies*" na mesma revista, com 125 citações. Os autores Vollertsen e Schmidt (2014) estão a seguir no ranking com o seu trabalho, com o título "*Dry metal forming: Definition, chances and challenges*" na revista *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology*, e o artigo tem 102 citações.

O artigo de Wicki e Hansen (2017) "*Clean energy storage technology in the making: An innovation systems perspective on flywheel energy storage*", publicado na revista *Journal of Cleaner Production*, com 83 citações. De seguida esta o autor Ahn S. (2014), com o artigo "*An evaluation of green manufacturing technologies based on research databases*" na revista *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology*, com 60 citações. Dzwigol et al (2021), autores do artigo "*The organizational and economic mechanism of implementing the concept of green logistics*" na revista *Virtual Economics*, com 57 citações. Wang et al (2019) O artigo "*Life cycle and economic assessment of a solar panel array applied to a short route ferry*", de Wang et al (2019), publicado na revista *Journal of Cleaner Production*, tem 53 citações.

Jauhari et al (2020) assumem o 8º lugar no ranking com 47 citações, com o artigo "*A closed-loop supply chain model with rework, waste disposal, and carbon emissions*", publicado na revista *Operations Research Perspectives*. De seguida estão os autores Castellar et al (2022) com o artigo com o título "*Nature-based solutions coupled with advanced technologies: An opportunity for decentralized water reuse in cities*" na revista *Journal of Cleaner Production*, com 29 citações. Com 28 citações, Caird e Roy (2008) apresentam "*User-centred improvements to energy efficiency products and renewable energy systems: Research on household adoption and use*" na revista *International Journal of Innovation Management*. O artigo, "*GEO and sustainable performance: the moderating role of GTD and environmental consciousness*", publicado na revista *Journal of Intellectual Capital*, dos autores Tze San O. et al (2022) surge com 26 citações.

De seguida no ranking surgem os autores Taghizadeh-Hesary et al (2019), com o artigo "*Empirical analysis of factors influencing the price of solar modules*" na revista *International*

*Journal of Energy Sector Management*, com 25 citações. O artigo de Jiang et al (2021), "Efficiency assessment of green technology innovation of renewable energy enterprises in China: a dynamic data envelopment analysis considering undesirable output" na revista *Clean Technologies and Environmental Policy*, com 22 citações. Ashfaq et al (2023), autores do artigo "Doing good for society! How purchasing green technology stimulates consumers toward green behavior: A structural equation modeling–artificial neural network approach", publicado na revista *Business Strategy and the Environment*, com 21 citações.

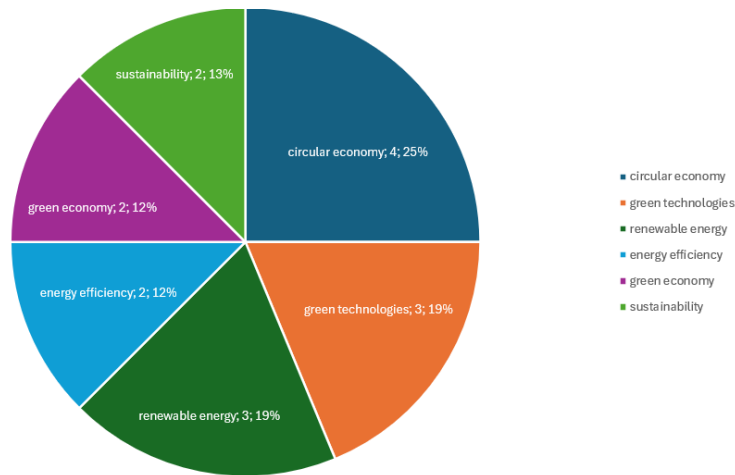
### 3.1. Ocorrência de palavras-chave

Com base na ocorrência mínima de 2 palavras-chave identificadas na amostra, procedeu-se a uma análise de tendência relacionada com o tema em estudo. O Gráfico 3 permite aferir as principais áreas de interesse dos documentos da amostra a partir das palavras-chave definidas pelos autores, sendo que a partir das mesmas podemos inferir sobre tendências de estudo e interesse na literatura científica. A palavra-chave "*circular economy*" ocorre 4 vezes, correspondendo a 25% das 174 palavras-chave pertencentes aos documentos da amostra. O foco na palavra-chave "*circular economy*", sugere que a literatura científica se debruça sobre as questões da circularidade, enquanto modelo alternativo ao linear.

Com uma ocorrência de 3 seguem-se "*green technologies*" e "*renewable energy*" sugerindo um nível moderado de ocorrência. A ocorrência das palavras-chave como "*green technologies*" e "*renewable energy*" sugere que as pesquisas estão fortemente orientadas para o desenvolvimento e a implementação de soluções tecnológicas e fontes de energia alternativas.

Seguidamente temos "*sustainability*", "*green economy*" e "*energy efficiency*", com uma ocorrência de 2 vezes cada, indicando que esses temas são significativos, mas com um menor ênfase na amostra. Para apresentação dos dados apresentados no Gráfico 4 não foram incluídas palavras-chave que apenas ocorriam 1 vez. A presença destas palavras-chave sugere que, além das tecnologias e energias renováveis, há um foco significativo em práticas que promovem a sustentabilidade, a eficiência no uso de energia e a transição para uma economia verde.

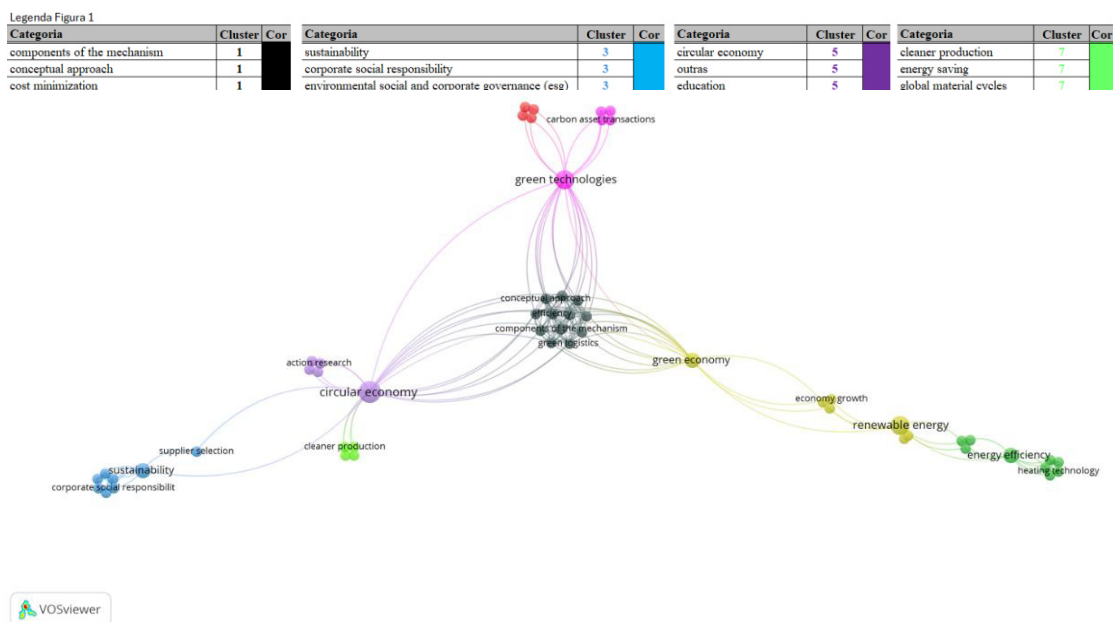
**Gráfico 4 - Ocorrência de palavras-chave**



Fonte: Elaboração própria, com dados extraídos do *VOSviewer*

No que concerne às palavras-chave, procedeu-se ainda a uma análise através de uma mapa de redes, elaborado a partir do VOSviewer (Figura 1). Para elaboração do mesmo foram apenas consideradas as palavras-chave dos autores. Ao contrário do procedimento para construção do Gráfico 4, optou-se pelo número mínimo de ocorrência de palavras-chave de 1. Das 174 palavras-chave, o software encontrou relação entre 54. A Figura 1 ilustra o resultado dessas relações.

**Figura 8 – Legenda e Mapa de Redes de ocorrência de palavras-chave**



Fonte: Elaboração própria, com dados extraídos do *VOSviewer*

A legenda identifica os clusters do mapa de redes de ocorrência de palavras-chave (Figura 1). Na totalidade estão representados 8 clusters. Em concordância com o já apresentado no Gráfico 4, as palavras-chave em destaque enumeram-se abaixo, apresentando-se a sua relação aos autores da amostra em estudo.

A palavra-chave, "*circular economy*", localizada no cluster 5, representado a cor roxa. Este cluster abrange outras palavras-chave, tais como "*recycling*" ou "*environmental engineering*", o que sugere o foco em práticas sustentáveis. Os autores que apresentam estas palavras-chave são Wu et Wu (2019), Dzwigo et al (2021), Varbanov et al (2021) e Morssi et al (2023).

A palavra-chave "*green technologies*", surge no cluster 6, no mapa a cor-de-rosa. Este cluster sugere o foco da literatura científica nas questões relacionadas com a implementação de tecnologias sustentáveis. Estas palavras surgem nos artigos dos autores Talha (2019), Dzwigo et al (2021) e Wang et al (2023).

O cluster 4, representado a amarelo no mapa, incide nas palavras-chave "*renewable energy*" e "*green economy*". Estas e as restantes palavras-chave que compõem este cluster (4) sugerem o foco em soluções sustentáveis alternativas, como é a energia renovável. A presença de palavras-chave como "*green economy*" e "*economy growth*" neste cluster, sugerem a reflexão sobre o crescimento económico, tendo por base as questões da sustentabilidade.

Os autores Card e Roy (2008), Taghizadeh-Hesary et al (2019) e Shakeyev et al (2023) apresentam como uma das suas palavras-chave "*renewable energy*". Já "*green economy*" surge nos artigos dos autores Dzwigo et al (2021) e Shakeyev et al (2023).

A palavra-chave "*sustainability*" surge no cluster 3, a azul no mapa, juntamente com palavras-chave como "*corporate social responsibility*", "*green technological innovation*" e "*sustainable development goals*". Este cluster agrega termos relacionados à sustentabilidade, responsabilidade social e objetivos de desenvolvimento sustentáveis. Os autores Efthymiou et al (2023) e Morssi et al (2023) têm "*sustainability*" como uma das suas palavras-chave.

No cluster 2, representado a verde no mapa, temos a palavra-chave "*energy efficiency*". Este cluster sugere a relevância na produção científica de questões ligadas à eficiência energética.

No contexto deste trabalho e observando o mapa, ainda que os conceitos de economia circular e tecnologia verde não estejam no mesmo cluster, verifica-se a sua conexão, sugerindo uma sinergia entre os conceitos. O artigo de Dzwigo et al (2021) está presente em ambos os clusters, evidenciando a abordagem destes conceitos no desenvolvimento do seu trabalho.

A análise dos clusters mostra ainda uma relação entre os conceitos de "*sustainability*" e "*circular economy*", ainda que não se situem no mesmo cluster. Estes conceitos aparecem como palavras-chave no artigo desenvolvido por Morssi et al (2023).

### 3.2. Análise dos 5 artigos mais citados

Para aprofundar a compreensão sobre as conexões entre tecnologia verde e economia circular, foi realizada uma análise crítica dos cinco artigos mais citados da amostra bibliométrica. Para além disso, os artigos analisados permitem identificar a importância de diferentes dimensões na investigação sobre tecnologia verde e sustentabilidade, incluindo o papel das políticas públicas, os subsídios à inovação, os fatores organizacionais internos, as estratégias de mercado e as abordagens tecnológicas específicas. A Tabela 4 serviu de base para a identificação dos padrões e complementaridades descritas a seguir. Permite ainda ao leitor identificar de forma clara quais os autores que se debruçam sobre cada uma dessas dimensões, como políticas públicas, subsídios, aspetos organizacionais, estratégias de mercado ou abordagens tecnológicas, aprofundando a compreensão sobre os focos temáticos de cada artigo.

Dois artigos (Cohen et al., 2016; Cantono e Silverberg, 2009) focam em questões como as políticas públicas e subsídios como mecanismos fundamentais para incentivar a adoção de tecnologias sustentáveis. Cantono & Silverberg (2009) defendem que os subsídios devem ser cuidadosamente aferidos, tendo em conta o comportamento do consumidor e as curvas de aprendizagem associadas às inovações verdes. Já Cohen et al. (2016) destacam a importância de ajustar os subsídios à incerteza da procura, sublinhando o risco para uma baixa taxa de adoção quando as políticas públicas não consideram adequadamente esse fator.

O artigo de Song et al. (2018) identifica fatores organizacionais internos como impulsionadores do sucesso na adoção de tecnologias verdes e de competitividade, como a qualidade da equipa e a eficiência em pesquisa e desenvolvimento, como determinantes da capacidade de adaptação das empresas às regulamentações ambientais.

Vollertsen e Schmidt (2014) oferecem uma perspetiva mais tecnológica e prática no contexto industrial, mais especificamente no setor da metalomecânica, apresentando uma inovação concreta: a conformação de metais a seco. Desta forma os autores exemplificam como a tecnologia verde pode ser aplicada diretamente em contextos industriais, com benefícios ambientais e económicos.

Wicki & Hansen (2017), por sua vez, adotam uma abordagem de sistemas de inovação, analisando a difusão de uma tecnologia emergente de armazenamento de energia. Identificam tanto barreiras como oportunidades, reforçando a importância de políticas públicas e redes de suporte para a sustentabilidade.

**Tabela 4 – Tabela resumo dos 5 artigos mais citados**

Artigo/Autores	Objetivo	Palavras-chave dos Autores	Metodologia	Principais Resultados	Limitações
<i>“The impact of demand Uncertainty on Consumer Subsidies for Green Technology”</i> , Cohen et al. (2016)	Analisar o impacto da incerteza da procura na estruturação de subsídios para adoção de tecnologias verdes.	Government Subsidies, Green Technology Adoption, Newsvendor, Cost of Uncertainty, Supply Chain Coordination	O artigo utiliza a modelagem matemática com base no modelo de <i>“newsvendor”</i> e realiza simulações para analisar o impacto da incerteza na demanda sobre os subsídios aos consumidores e as decisões do fornecedor.	Políticas mal desenhadas reduzem eficácia dos subsídios; necessidade de considerar incerteza da procura.	Foco limitado ao setor automóvel e abordagem microeconómica.
<i>“Environmental regulations, staff quality, green technology, E&amp;D efficiency, and profit manufacturing”</i> , Song et al. (2018)	Investigar a relação entre regulamentações ambientais, qualidade da equipa, eficiência em P&D, tecnologia verde e lucro.	Environmental regulations, Staff quality, R&D efficiency, Green technology	O artigo utiliza a análise de envoltória de Dados (DEA) para medir a eficiência em pesquisa e desenvolvimento das empresas analisadas. Além disso, ele também aplica modelos estatísticos para avaliar as relações entre a qualidade da equipa (SQ), a eficiência em P&D, a adoção de tecnologias verdes (GT) e os lucros das empresas.	Qualidade da equipa e P&D aumentam eficiência e compensam impactos negativos da regulação.	Estudo restrito à China; resultados podem não ser generalizáveis.
<i>“A percolation model of eco-innovation diffusion: the relationship between diffusion, learning economies and subsidies”</i> , Cantono & Silverberg (2009)	Modelar a difusão de inovações ecológicas considerando subsídios e economias de aprendizagem.	Innovation diffusion, learning economies, percolation, networks, heterogeneous agents, technology subsidies, environmental technologies	Simulações com modelo de percolação (de acordo com os autores, refere-se ao uso prático de simulações para investigar como inovações ecológicas se difundem através de um sistema, ajudando a modelar o comportamento dos adotantes e a dinâmica da adoção ao longo do tempo); análise teórica, com exploração conceptual e analítica.	Subsídios temporários e economias de aprendizagem estimulam difusão autossustentada.	Modelo teórico; ausência de validação empírica direta.
<i>“Dry Metal Forming: Definition, Chances and Challenges”</i> , Vollertsen & Schmidt (2014)	Explorar a tecnologia de conformação de metais a seco como alternativa sustentável à produção industrial tradicional.	Dry metal forming, Avoidance of lubricants, Self-lubricating coating systems, Hard material coatings, Sustainable metal forming	Revisão técnica e comparativa de materiais e processos produtivos. O artigo analisa diferentes materiais, como ferramentas de cerâmica e revestimentos auto lubrificantes, e discute os processos associados à formação metálica a seco. Também compara as características e desempenhos desses materiais em contextos de formação metálica, considerando suas vantagens e desvantagens.	Tecnologia a seco reduz custos, elimina lubrificantes e melhora sustentabilidade industrial.	Foco técnico; não aborda aspetos económicos ou sociais mais amplos.

<p><i>“Clean energy storage technology in the making: An innovation systems perspective on flywheel energy storage”</i>,                  Wicki &amp; Hansen                  (2017)</p>	<p>Analisar a difusão da tecnologia de armazenamento de energia por volante (FES) com base em sistemas de inovação.</p>	<p>Technology innovation system,                  Functions of innovation systems,                  Green technology,                  Sustainable energy,                  Flywheel energy storage,                  Short-term storage,                  Batteries,                  Kinetic energy recovery system</p>	<p>A estudo utilizou uma abordagem qualitativa com base em sistemas de inovação. O artigo enfatiza que foi realizado um estudo de caso explicativo, adotando a perspectiva dos sistemas de inovação tecnológica (TIS) para entender melhor as dinâmicas relacionadas ao desenvolvimento e difusão da tecnologia de armazenamento de energia por volante (FES)</p>	<p>O armazenamento de energia por volante, enfrenta barreiras técnicas e regulatórias; políticas públicas são essenciais.</p>	<p>Base qualitativa; dependente de contexto específico de inovação tecnológica.</p>
--	---	---	---	---	---

Fonte: Elaboração própria

Apesar das diferenças nos contextos e metodologias, os cinco artigos sublinham a importância de políticas públicas bem estruturadas (Cohen et al., 2016; Cantono e Silverberg, 2009; Wicki e Hansen, 2017); inovação tecnológica contínua (Vollertsen e Schmidt, 2014; Wicki e Hansen, 2017); capacidades organizacionais internas (Song et al., 2018); e estratégias de mercado alinhadas com objetivos sustentáveis (Cantono & Silverberg, 2009; Wicki & Hansen, 2017) para uma adoção de tecnologias verdes.

Importa destacar que, apesar da relevância dos 5 artigos analisados, nenhum deles aborda explicitamente o conceito de economia circular. Contudo, nos 5 artigos discute-se conceitos que estão alinhados com os princípios da economia circular, como a redução de resíduos, o uso eficiente de recursos e a minimização do impacto ambiental. Esta convergência torna-se particularmente relevante quando se considera que, segundo Merli et al. (2018), a economia circular procura substituir o modelo linear tradicional por um sistema circular, no qual o valor dos produtos, materiais e recursos é mantido na economia durante o maior tempo possível, promovendo a regeneração, reutilização e reciclagem. Nesse contexto, a tecnologia verde emerge como um instrumento facilitador, seja por meio de inovações produtivas mais limpas, eficiência energética, ou substituição de insumos poluentes. Assim, mesmo quando não mencionam expressamente a economia circular, os artigos analisados contribuem para o entendimento dos mecanismos, desafios e estratégias que viabilizam essa transição sustentável

#### **4. Conclusão**

O presente trabalho teve como objetivo central realizar e apresentar uma análise bibliométrica sobre os conceitos de economia circular e tecnologia verde. Desta forma, os estados da arte dos conceitos estudados foram analisados considerando vários critérios, definidos a partir da metodologia adotada.

Observou-se a transversalidade dos conceitos estudados, com foco particular na área de *Business, Management and Accounting*, refletindo um crescente interesse, relevância e impacto desta área no contexto atual. A evolução cronológica das publicações mostra uma tendência de crescimento, especialmente na última década, o que sugere o aumento do interesse da produção científica por questões que relacionam os conceitos em estudo – economia circular e tecnologia verde.

A distribuição dos artigos por revistas evidenciou uma diversidade significativa, abrangendo uma variedade de publicações de relevância científica, distribuídas por diferentes editoras e classificadas em vários quartis, com destaque para o Journal of Cleaner Production, da Elsevier,

que reúne 14% da amostra. A análise dos quartis indica que 34% das publicações estão no Q1, o que reforça a qualidade e o impacto dos estudos analisados.

Em relação às citações, autores com mais de 100 citações representam 57% do total, com destaque para Cohen et al. (2016) e Song et al. (2018), sugerindo o reconhecimento e a influência dos seus contributos. A distribuição temporal mostra que o impacto dos temas tratados transcende a atualidade, refletindo um interesse consolidado.

A análise das palavras-chave identificou “circular economy” como a mais frequente, seguida de “green technologies” e “renewable energy”, indicando tendências de investigação com forte orientação para soluções sustentáveis. O mapeamento com o VOSviewer revelou oito clusters temáticos, destacando a interligação entre os conceitos de economia circular e tecnologia verde, reforçando a pertinência desta articulação conceptual.

A análise crítica dos cinco artigos mais citados revelou, por sua vez, que embora os temas da sustentabilidade e da inovação tecnológica estejam presentes, o conceito de economia circular não é abordado explicitamente. Esta ausência, possivelmente influenciada pelos critérios de seleção adotados, reforça a relevância do presente estudo ao propor uma abordagem integradora, que articula a tecnologia verde com os princípios da economia circular. Ao fazê-lo, contribui para colmatar uma fragmentação conceptual na literatura e abre caminho a novas investigações que aprofundem esta ligação em contextos interdisciplinares, promovendo o desenvolvimento de modelos económicos mais regenerativos e sustentáveis.

Dada a relevância dos conceitos estudados, este estudo oferece oportunidades para investigações futuras que explorem categorias e subcategorias específicas, com vista à construção de uma framework teórica orientada para a identificação de elementos facilitadores da implementação de práticas sustentáveis. Com isso, pretende-se contribuir para o avanço do conhecimento sobre a aplicação adequada dos conceitos de economia circular e tecnologias verdes em contextos organizacionais, alinhados com os objetivos do desenvolvimento sustentável.

## 5. Limitações e perspetivas futuras

Este estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas na leitura dos seus resultados. Em primeiro lugar, a análise centrou-se exclusivamente em publicações indexadas na base de dados Scopus e limitadas à área científica de *Business, Management and Accounting*. Esta delimitação, embora metodologicamente justificada, poderá ter excluído contributos relevantes de outras disciplinas, nomeadamente da Engenharia, Ciências Ambientais ou

Ciências Sociais, que também têm vindo a estudar a intersecção entre tecnologia verde e sustentabilidade.

O foco nos artigos mais citados poderá ter favorecido trabalhos com maior visibilidade, em detrimento de estudos mais recentes ou inovadores que ainda não acumularam impacto bibliométrico.

Por fim, o facto de nenhum dos cinco artigos mais citados mencionar explicitamente o conceito de economia circular pode refletir uma lacuna temática da amostra seleccionada, mais do que da literatura como um todo. Tal constatação reforça a necessidade de abordagens mais interdisciplinares e integradas, que articulem conceitos e práticas de forma coerente. Futuras investigações poderão beneficiar da ampliação das bases de dados, da inclusão de múltiplas áreas disciplinares e da utilização de metodologias mistas que combinem análise bibliométrica com estudos qualitativos e empíricos mais aprofundados.

## Referências

- Ahn, S.-H. (2014). An evaluation of green manufacturing technologies based on research databases. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology*, 1(1), 5–9. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s40684-014-0001-8>
- Ashfaq, M., Tandon, A., Zhang, Q., Jabeen, F., & Dhir, A. (2023). Doing good for society! How purchasing green technology stimulates consumers toward green behavior: A structural equation modeling–artificial neural network approach. *Business Strategy and the Environment*, 32(4), 1274–1291. Retrieved from <https://doi.org/10.1002/bse.3188>
- Bai, T., Xu, D., Yang, Q., Piroska, V. D., Dávid, L. D., & Zhu, K. (2023). Paths to low-carbon development in China: The role of government environmental target constraints. *Oeconomia Copernicana*, 14(4), 1139–1173. Retrieved from <https://doi.org/10.24136/oc.2023.034>
- Bonciu, F. (n.d.). The European economy: From a linear to a circular economy. *The European Economy*. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/289891523>
- Botta, M. (2015). Exploration of external indicators of social change in postmodern communities. *European Journal of Futures Research*, 3(1), Article 1. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s40309-014-0061-6>
- Caird, S., & Roy, R. (2008). User-centred improvements to energy efficiency products and renewable energy systems: Research on household adoption and use. *International Journal of Innovation Management*, 12(3), 327–355. Retrieved from <https://doi.org/10.1142/S1363919608002072>
- Cantono, S., & Silverberg, G. (2009). A percolation model of eco-innovation diffusion: The relationship between diffusion, learning economies and subsidies. *Technological Forecasting and Social Change*, 76(4), 487–496. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2008.04.010>
- Castellar, J. A. C., Torrens, A., Buttiglieri, G., Monclús, H., Arias, C. A., Carvalho, P. N., Galvão, A., & Comas, J. (2022). Nature-based solutions coupled with advanced technologies: An opportunity

- for decentralized water reuse in cities. *Journal of Cleaner Production*, 340, 130660. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130660>
- Ciechańska, D., Kapuśniak, J., Kaszuba, L., Ciepliński, M., Siemion, P., Roczowska, M., Żarski, A., Ptak, S., & Gutowska, A. (2016). Investigation on the structure and properties of modified products from the grain-mill industry for use in the preparation of biopolymer technical materials. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 24(6), 181–188. Retrieved from <https://doi.org/10.5604/12303666.1227413>
- Cobo, M. J., Martínez, M. A., Gutiérrez-Salcedo, M., Fujita, H., & Herrera-Viedma, E. (2015). 25 years at *Knowledge-Based Systems*: A bibliometric analysis. *Knowledge-Based Systems*, 80, 3–13. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2014.12.035>
- Deja, A., Ślaczka, W., Dżuguryan, L., Dżuguryan, T., & Ulewicz, R. (2023). Green technologies in smart city multifloor manufacturing clusters: A framework for additive manufacturing management. *Production Engineering Archives*, 29(4), 428–443. Retrieved from <https://doi.org/10.30657/pea.2023.29.48>
- Du, Y., & Teixeira, A. A. C. (2012). A bibliometric account of Chinese economics research through the lens of the *China Economic Review*. *China Economic Review*, 23(4), 743–762. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.chieco.2012.04.009>
- Dzwigol, H., Trushkina, N., & Kwilinski, A. (2021). The organizational and economic mechanism of implementing the concept of green logistics. *Virtual Economics*, 4(2), 41–75. [https://doi.org/10.34021/ve.2021.04.02\(3\)](https://doi.org/10.34021/ve.2021.04.02(3))
- Efthymiou, L., Kulshrestha, A., & Kulshrestha, S. (2023). A study on sustainability and ESG in the service sector in India: Benefits, challenges, and future implications. *Administrative Sciences*, 13(7), Article 165. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/admsci13070165>
- Hahn, J., Hirsch, J., & Bienert, S. (2018). Does “clean” pay off? Housing markets and their perception of heating technology. *Property Management*, 36(5), 575–596. Retrieved from <https://doi.org/10.1108/PM-08-2017-0051>
- Hossain, M. I., Ong, T. S., Teh, B. H., Said, R. M., & Siow, M. L. (2022). Nexus of stakeholder integration, green investment, green technology adoption and environmental sustainability practices: Evidence from Bangladesh textile SMEs. *Pertanika Journal of Social Sciences and Humanities*, 30(1), 253–281. Retrieved from <https://doi.org/10.47836/pjssh.30.1.14>
- Huangal, S., Cieza, J. L., & Gil, A. (2019). Electrostatic separation of a glycerine emulsion in biodiesel with application of various voltages and distances between electrodes. *Informacion Tecnologica*, 30(5), 231–238. Retrieved from <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000500231>
- Jauhari, W. A., Adam, N. A. F. P., Rosyidi, C. N., Pujawan, I. N., & Shah, N. H. (2020). A closed-loop supply chain model with rework, waste disposal, and carbon emissions. *Operations Research Perspectives*, 7, 100155. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.orp.2020.100155>
- Jiang, T., Ji, P., Shi, Y., Ye, Z., & Jin, Q. (2021). Efficiency assessment of green technology innovation of renewable energy enterprises in China: A dynamic data envelopment analysis considering undesirable output. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 23, 1509–1519. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s10098-021-02044-9>
- José De Oliveira, O., Francisco Da Silva, F., Juliani, F., Barbosa, L. C. F. M., & Vieira Nunes, T. (2019). Bibliometric method for mapping the state-of-the-art and identifying research gaps and trends in literature: An essential instrument to support the development of scientific projects. In

- S. Kunosic & E. Zerem (Eds.), *Scientometrics: Recent Advances*. IntechOpen. Retrieved from <https://doi.org/10.5772/intechopen.85856>
- Kannan, D., Solanki, R., Darbari, J. D., Govindan, K., & Jha, P. C. (2023). A novel bi-objective optimization model for an eco-efficient reverse logistics network design configuration. *Journal of Cleaner Production*, 394, 136357. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136357>
- Martín-Martín, A., Orduna-Malea, E., Thelwall, M., & Delgado López-Cózar, E. (2018). Google Scholar, Web of Science, and Scopus: A systematic comparison of citations in 252 subject categories. *Journal of Informetrics*, 12(4), 1160–1177. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.joi.2018.09.002>
- Masi, D., Kumar, V., Garza-Reyes, J. A., & Godsell, J. (2018). Towards a more circular economy: Exploring the awareness, practices, and barriers from a focal firm perspective. *Production Planning & Control*, 29(6), 539–550. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1449246>
- Merli, R., Preziosi, M., & Acampora, A. (2018). How do scholars approach the circular economy? A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 178, 703–722. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.112>
- Morssi, M., Wong, A. T. C., & El-Barky, S. (2023). Development of sustainable and circular criteria in supplier selection. *International Journal of Procurement Management*, 18(4), 505–526. Retrieved from <https://doi.org/10.1504/IJPM.2023.134631>
- Musgrave, J., & Woodward, S. (2016). Ecological systems theory approach to corporate social responsibility: Contextual perspectives from meeting planners. *Event Management*, 20(3), 365–381. Retrieved from <https://doi.org/10.3727/152599516X14682560744712>
- Rusmawati, Z., & Soewarno, N. (2021). The role of green technology to investigate green supply chain management practice and firm performance. *Uncertain Supply Chain Management*, 9(2), 421–428. Retrieved from <https://doi.org/10.5267/j.uscm.2021.2.001>
- Salim, R. I., Noura, H., & Fardoun, A. (2018). The use of LMS Amesim in the fault diagnosis of a commercial PEM fuel cell system. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems*, 3(1), 297–309. Retrieved from <https://doi.org/10.25046/aj030136>
- Shakeyev, S., Baineveva, P., Kosherbayeva, A., Yessenova, G., & Zhanseitov, A. (2023). Enhancing the green energy revolution: Analyzing the impact of financial and investment processes on renewable energy projects in Kazakhstan. *Economics - Innovative and Economics Research Journal*, 11(1), 165–182. Retrieved from <https://doi.org/10.2478/eoik-2023-0057>
- Wang, H., Oguz, E., Jeong, B., & Zhou, P. (2019). Life cycle and economic assessment of a solar panel array applied to a short route ferry. *Journal of Cleaner Production*, 219, 471–484. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.124>
- Wicki, S., & Hansen, E. G. (2017). Clean energy storage technology in the making: An innovation systems perspective on flywheel energy storage. *Journal of Cleaner Production*, 162, 1118–1134. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.132>
- Wolf, A. (2023). Recycling of rare metals: A pathway towards resilient green supply chains. *Wirtschaftsdienst*, 103(12), 832–836. Retrieved from <https://doi.org/10.2478/wd-2023-0228>

Wu, H., & Wu, R. (2019). The role of educational action research of recycling process to the green technologies, environment engineering, and circular economies. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(2), 1639–1645. Retrieved from <https://doi.org/10.35940/ijrte.B2384.078219>

## Authors Profiles

**Maria de Fátima Albuquerque Valente de Melo Cabral** has a degree in Quality Management from the Águeda School of Technology and Management - University of Aveiro. She is currently studying for a master's degree in Total Quality Management at the same school. Her areas of interest are Quality and Environmental Sustainability. She currently works in the renewable energy sector, assessing quality in the construction phase of solar parks.