

ECONOMIA CIRCULAR EM GERADORAS DE ENERGIA RENOVÁVEL: UMA REVISÃO DA LITERATURA

Fernanda Amorim Farias (UNESP)

fernanda.farias@unesp.br

Bruno Michel Roman Pais Seles

bruno.seles@unesp.br

Daniel Jugend (UNESP)

daniel.jugend@unesp.br

Sanderon César Macêdo Barbalho (UNB)

sandersoncesar@unb.br



Dados recentes relacionados a geração de energia renovável têm indicado o crescimento de geração principalmente pelas fontes eólica e solar no Brasil. Apesar de estudos recentes apontarem a energia renovável como tendência da sustentabilidade ambiental, pouco se sabe sobre as práticas de Economia Circular (EC) adotadas em geradoras de energia renovável. Objetivo deste artigo é avaliar como a literatura recente como as EC pode ser adotada em geradoras de energia renovável. Para isso, foi realizada uma análise bibliométrica com revisão da literatura. Dentre os principais resultados, observou-se um crescimento no tema de EC com energia renovável (ER) em 2021 e 2022, porém ainda muito baixo, quando se leva em consideração a importância dos temas. Foi observado também uma predominância de estudos no continente Europeu, artigos publicados no Journal of Cleaner Production e Renewable and Sustainable Energy Reviews, e uma predominância de práticas da EC relacionadas aos princípios de Closing Loops (reciclagem de materiais) e Regenarete Loops ((utilização de recursos renováveis e regeneração do meio ambiente).

Palavras-chave: Economia Circular, Energia Renovável, Geração de Energia, Práticas Circulares.

1. Introdução

Temas relacionados com a sustentabilidade estão sendo cada vez mais debatidos tanto por formuladores de políticas, quanto nas agendas corporativas (STEWART et al. 2018). De acordo com a ONU (1987, pg. 35), *“desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades”*. Diante deste conceito empresas têm se deparado com a necessidade de alinhar suas capacidades produtivas em direção ao desenvolvimento sustentável, uma vez que as atividades produtivas possuem grande impacto no meio ambiente, e geram alto consumo de energia e água, resíduos, gases de efeito estufa, dentre outros (BRUNDAGE, 2018).

O desenvolvimento sustentável inclui três dimensões: ambiental, econômico e social (UKKO, 2018; HYSA, 2020); a dimensão ambiental, refere-se aos princípios que exigem limites para atividades humanas, como a utilização de recursos renováveis, que não deve exceder à taxa de renovação, a poluição, que não deve ultrapassar a capacidade de assimilação do meio ambiente e o esgotamento dos recursos não renováveis, que não devem ultrapassar o desenvolvimento de substitutos renováveis (UKKO, 2018).

De acordo com o sexto relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability, caso medidas não sejam tomadas, as consequências das ações humanas no meio ambiente podem ser irreversíveis, e para evitar que este cenário se concretize, empresas, governos e a sociedade precisam contribuir com ações que unam prosperidade e crescimento com sustentabilidade, buscando a mudança de uma economia baseada em linearidade para um modelo circular, que promova regeneração, restauração e redução de desperdícios (CNI, 2018).

A geração de energia renovável tem relação direta com as ações da economia circular (EC), por ser uma alternativa com potencial para a diminuição da degradação ecológica e das emissões de gases de efeito estufa (JESUS et al. 2021); principalmente em geradoras de energia, por muitas vezes estarem instaladas em locais distantes dos centros consumidores e serem compostas por uma grande quantidade de materiais e processos em suas infraestruturas (ENGIE, 2023). O avanço na utilização de fontes renováveis, como solar, eólica, hidrelétrica e outras, pode, portanto, contribuir com a adoção da EC, gerando externalidades positivas para a sustentabilidade ambiental (AHMED et al., 2021).

A geração de energia limpa ajuda as sociedades a serem mais autossustentáveis, melhora a eficiência de conversão solar, previne a escassez de água e diminui desperdícios, além de

atender elementos da sustentabilidade social como o desenvolvimento de capital humano, inclusão e conscientização (CHOUDHARY AND SRIVASTAVA, 2019). Apesar da importância da energia renovável para a operacionalização da economia circular e de estudos recentes apontarem a energia renovável como tendência da sustentabilidade ambiental (KNABLE et al. 2022; GUNEY. 2021), pouco se sabe sobre as práticas adotadas em geradoras de energia renovável.

Diante disso, o objetivo deste artigo é analisar por meio de revisão teórica as relações entre EC e a energia renovável. A escolha de geradoras de energia, se justifica pelo fato de ser um setor que fornece energia limpa para outros setores e que possui aspectos em seu tipo de processo produtivo com características que podem acarretar impactos ambientais e sociais (AVELINO, 2020).

Após essa introdução, o artigo está dividido da seguinte forma. Nas seções 2 e 3, a fundamentação conceitual é apresentada. Na seção 4, o método de pesquisa é detalhado, na seção 5 os resultados obtidos são apresentados e na seção 6 os resultados são discutidos. Por fim, na seção 7 são feitas as considerações finais.

2. Economia Circular e Energia Renovável

A EC tem o objetivo de mudar o consumo de recursos e alcançar um modelo em que não exista a dependência da extração de recursos virgens, propondo um sistema de reutilização e reciclagem de produtos, a fim de atender às necessidades das gerações futuras (SUAVÉ et al. 2016). Suas práticas, aplicações a sistemas econômicos e processos industriais evoluíram para conceitos que compartilham da ideia de ciclos fechados (GEISSDOERFER et al. 2017). O conceito de fechamento de ciclo é uma alternativa à economia linear (JESUS et al. 2021), que possui uma visão sustentada na extração, produção, consumo e descarte de materiais e energia (KORHONEN et al. 2018).

As crescentes contribuições sobre EC, têm se referido a diversos temas, como modelos de negócios circulares, criação de valor na cadeia de suprimentos e sua relação com o desenvolvimento sustentável (PIETRO-SANDOVAL, 2018). A abordagem orientada para negócios da EC, enfatiza a reutilização de produtos, componentes e materiais, e de processos regenerativos como reformas, remanufatura, reparos, e utilização de energia por fontes renováveis (KORHONEN et al. 2018; UNAL E SHAO, 2019).

A energia renovável tem potencial para fomentar ações do modelo circular, principalmente mediante a transição energética, que além de reduzir consideravelmente as emissões de carbono, visa substituir os sistemas dependentes de combustíveis fósseis por geração por fontes renováveis (MUZETO. 2021; MARKOVSKA N. et al. 2019)

Contudo, ainda que a geração de energia renovável minimize as emissões de carbono, se faz necessário assegurar que o desenvolvimento de tecnologias e infraestruturas seja projetado com princípios regenerativos, contribuindo para evitar uma crise ambiental (HEADING et al. 2021), considerando que estrutura atual foi desenvolvida para atender grandes centros, com foco principal em redução de custos operacionais com pouca flexibilidade, principalmente em aspectos ambientais (IRENA, 2022).

3. Setor de geração de energia

Segundo dados da Internacional Renewable Energy Agency (IRENA 2022), a capacidade mundial de geração hídrica em 2020 foi de 58,3%, seguida pela energia eólica *onshore* com 19,3% e pela energia solar com 11,1% de participação.

Cada fonte apresenta especificidades e características bem diversas. As hidrelétricas, são empreendimentos de grande porte, estão cada vez mais limitadas, principalmente por questões socioambientais, no entanto, práticas de reabilitação, revitalização e ampliação, são aliados das hidrelétricas nas questões sustentáveis, o reaproveitamento destes empreendimentos já construídos minimiza os impactos ambientais e maximiza os impactos positivos (OLIVEIRA et al. 2022).

A energia solar, por sua vez, diferentemente da água doce e dos combustíveis fósseis, é uma fonte inesgotável de energia (BURSZTYN. 2020). Os sistemas solares são conhecidos por suas baixas emissões de gases de efeito estufa, muito embora, o processo de fabricação dos painéis solares seja ligeiramente dependente de combustíveis fósseis. De forma geral, a geração solar é segura para o meio ambiente, não emite ruídos e gases de efeito estufa, porém assim como qualquer produto industrial, a fabricação dos painéis solares pode trazer impactos à saúde e meio ambiente (RABAIA et al. 2021).

A energia eólica possui maior parte dos parques eólicos instalados em terra (*onshore*), no entanto, existe um crescimento considerável na instalação de parques no mar (*offshore*), devido a diminuição de locais apropriados em terra (TOLMASQUIM, 2016). Tanto a construção e operação de parques eólicos, podem ocasionar impactos socioambientais como, interferência

na flora e na fauna por alteração de cobertura, aumento na demanda de serviços de infraestrutura, produção de ruído e poluição e perturbação no transporte dos componentes (COSTA et al. 2019).

4. Método de Pesquisa

A presente pesquisa é caracterizada como qualitativa, por meio de revisão de literatura, seguindo orientações de alguns estudos, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Etapas de pesquisa

Natureza	Tipo de Pesquisa	Abordagem	Método de Coleta	Tipos de Dados	Método de Análise
Qualitativa	Descritiva	Teórico	Pesquisa Documental ou bibliográfica	Secundário	Análise de Conteúdo
					Etapas 1) Pré-Análise: Critérios de busca e escolha dos documentos 2) Descrição Analítica: Estudo aprofundado dos documentos, orientado pelas hipóteses e referencial teórico 3) Interpretação referencial: Análise profunda e obtenção de resultados mais concretos da pesquisa

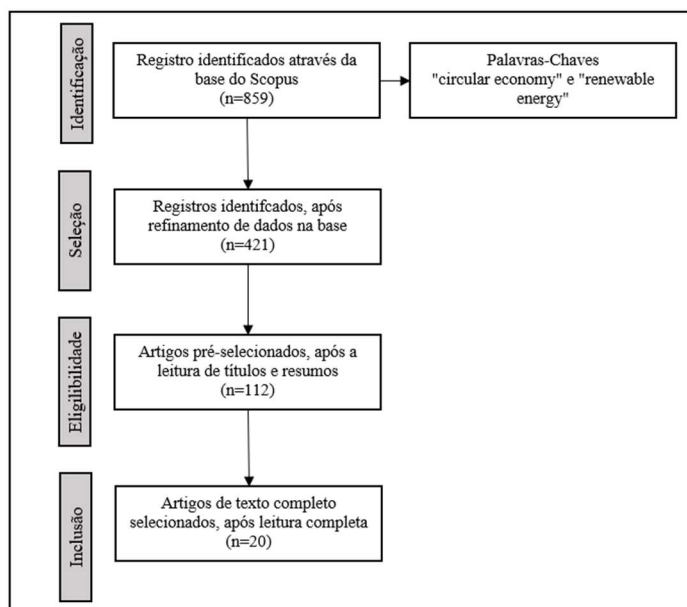
Fonte: Adaptado de Augusto et al. 2021

A estratégia de seleção de artigos considerou a busca de artigos publicados nos últimos 5 anos (2018 a 2022) na base do Scopus, devido a sua abrangência e reconhecimento mundial (AGUIAR et al. 2020). A definição das palavras-chaves seguiu o propósito e o escopo desta revisão sobre economia circular e energia renovável com o intento de alcançar o objetivo proposto. A busca foi realizada utilizando critérios booleanos com dois elementos: (1) Economia Circular e (2) Energia Renovável, seguindo o padrão de título, resumo e palavras-chaves, no período de cobertura de 2018 até 2022.

A primeira etapa foi a busca na base da Scopus, adotou-se como critério de inclusão apenas artigos em inglês, publicados em periódicos. Capítulos de livros e artigos publicados em congressos e que estivessem em outro idioma foram excluídos. Na segunda etapa, foi realizada a leitura dos títulos e resumos dos artigos selecionados, levando em consideração artigos que apresentavam como foco economia circular e geração de energia renovável. Na etapa seguinte os artigos selecionados na segunda etapa dois foram lidos por completo, resultando na amostra final de 20 artigos que apresentaram uma ou mais práticas na adoção da economia circular em geradoras de energia. As práticas encontradas foram categorizadas de acordo com um dos 4 princípios da EC apresentados por Nubholz et al. (2023): *narrowing resource loops* (usando

menos recursos por produto), *slowing resource loops* (manter os produtos em uso por mais tempo), *closing resource loops* (reciclar materiais) e *regenerating resource loops* (usar recursos renováveis e regenerar o ambiente natural).

Figura 2 - Resultados de busca Scopus



Fonte: Elaborado pelos autores

5. Resultados

5.1 Publicações por ano

Inicialmente, a Figura 1 mostra a quantidade de publicações por ano, desde 2018. É possível verificar uma crescente, principalmente nos anos de 2021 e 2022.

Figura 3 – Quantidade de publicações por ano



Fonte: Autor

5.2 Principais Periódicos

Os 20 artigos da amostra final foram publicados em 9 revistas, com o predomínio de publicações no *Journal of Cleaner Production*, com 30% da amostra. O periódico *Renewable and Sustainable Energy Reviews* aparece em segundo lugar, seguido dos periódicos *Energy Police*, *Renewable Energy* e *Sustainability* cada um com duas publicações. Os demais estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Artigos por periódico

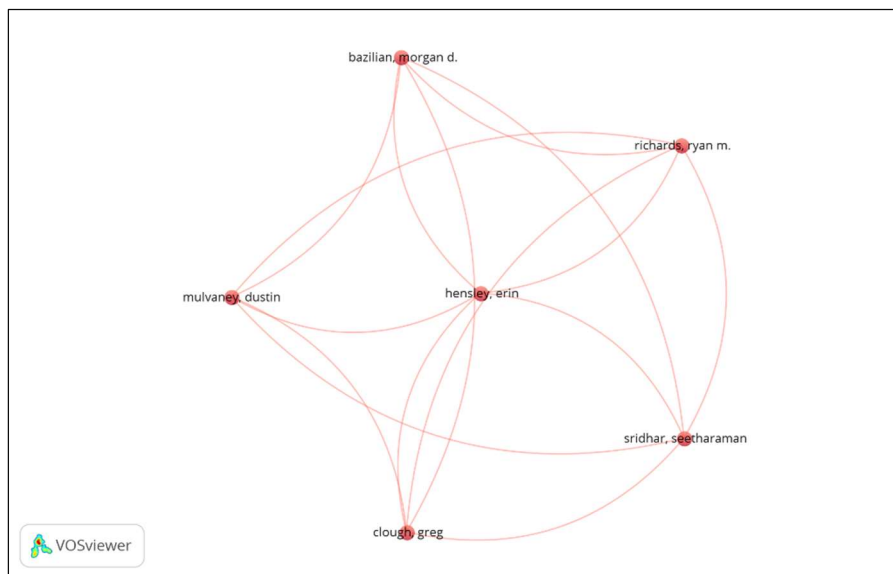
Periódico	Quantidade de Artigos
Journal of Cleaner Production	6
Renewable and Sustainable Energy Reviews	4
Energy Police	2
Renewable Energy	2
Sustainability	2
AIMS Energy	1
Energy for Sustainable Development	1
Energy Report	1
Science of the total environment	1

Fonte: Autor

5.3 Autores e países

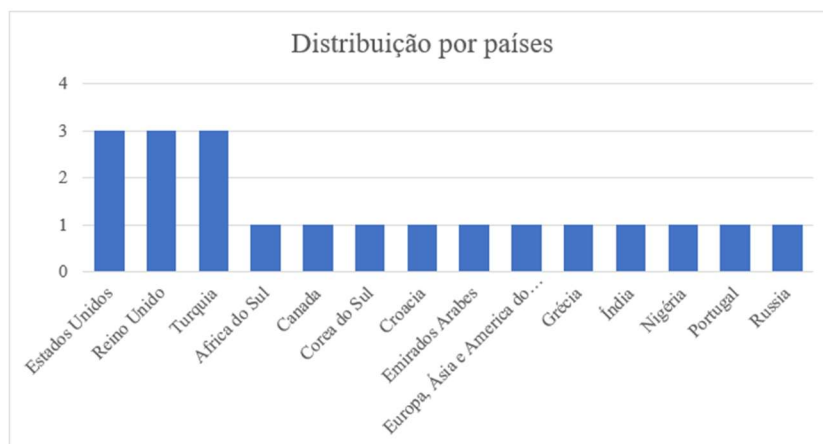
A análise de autores forneceu dados que revelam uma não dominância de autores; os 20 artigos da amostra final foram escritos por 19 autores. Para uma melhor visualização foi realizada uma análise no Vosviewer com os principais autores e suas conexões. Analisando-se a distribuição das publicações por país, considerando os continentes, percebe-se uma predominância de artigos com pesquisas realizadas no continente Europeu; dos 20 arquivos da amostra final, 8 são de países deste continente. Os demais continentes são Ásia, África e América do Norte. A Figura 2 mostra quais os países dos continentes citados.

Figura 4: Rede de principais autores e suas conexões



Fonte: Autor

Figura 2 – Distribuição por países



Fonte: Autor

5.4 Palavras-chave

Ao todo foram identificadas 86 palavras-chaves. A palavra mais utilizada foi a Economia Circular, por ser o tema central junto com a energia renovável, que apareceu representada pelo tipo de fonte, solar e eólica. Um aspecto importante a se observar é a presença do princípio de reciclagem que foi observada como “recycling, “recyclability” e “recyclable materials”, e ficou a terceira posição de palavras-chaves mais utilizadas. Além das palavras listadas na tabela abaixo, foram observadas palavras como: desenvolvimento econômico, modelos de negócios

circulares, reutilização, tecnologia inteligente, capital natural, rede de empregabilidade, e outras relacionadas com o método de trabalho, como Fuzzy AHP e PROMETHEE II.

Tabela 2 – Ocorrências de Palavras-Chave

Palavras-Chave	Quantidade
Circular economy	16
Renewable energy	6
Recycling	5
Sustainability	5
Waste management	3
End-of-life	2
Energy transition	2
Extractive industries	2
Green design	2
Life Cycle Assessment	2
Wind farms	2
Zero waste	2
Biomass Energy	2

Fonte: Autor

5.5 Práticas na adoção da economia circular

As práticas encontradas nos artigos foram categorizadas de acordo com 4 princípios apresentados por Nubholz et al. (2023). O princípio de *Closing Loops* (reciclagem materiais) foi o citado 11 vezes nas práticas encontradas, seguido por *Regenerate Loops* (utilização de recursos renováveis e regeneração do meio ambiente) que foi citado 9 vezes; ambos estão distribuídos nos 5 anos analisados, diferente dos princípios *Narrowing Loops* (utilização de menos recurso por produto) e *Slowing Loops* (manter os produtos em uso por mais tempo) que estão mais concentrados em 2021 e 2022. A Tabela 3 demonstra a quantidade de princípios divididos pelo período analisado.

Tabela 3 – Princípios da EC mencionados

Ano	Princípios da EC	Quantidade
2018	Closing Loops	1
2018	Closing Loops	1
2019	Closing Loops	1
2019	Regenerate Loops	1
2020	Regenerate Loops	2
2020	Slowing Loops	1
2021	Closing Loops	1
2021	Closing Loops	3

2021	Narrow Loops	1
2021	Regenerate Loops	1
2021	Regenerate Loops	2
2022	Closing Loops	3
2022	Closing Loops	1
2022	Narrow Loops	2
2022	Regenerate Loops	1
2022	Regenerate Loops	2
2022	Slowing Loops	2
2022	Slowing Loops	1
Closing Loops		11
Regenerate Loops		9
Slowing Loops		4
Narrow Loops		3

Fonte: Autor

O setor energético possui oportunidades para aplicação dos quatro princípios; na abordagem do *closing loops*, por exemplo, as empresas podem fechar o ciclo por meio de ações como reciclagem de painéis fotovoltaicos e reutilização e recuperação de materiais de turbinas, reduzindo a quantidade de resíduos e o impacto ambiental (TRIGUERO et al. 2022; NAG et al. 2022). No princípio de *regenerate loops*, são categorizados os sistemas de geração e a própria utilização da energia renovável para processos produtivos ou outros processos que requerem o uso de energia (NUBHOLZ et al. 2023). Estratégias que envolvem a montagem e desmontagem de equipamentos com a intenção de utilização, como a reportenciamento de turbinas elétricas, por exemplo, se encaixa no princípio de *slowing loops* (NUBHOLZ et al. 2023; MELLO et al. 2022). A redução na utilização de energia em operações e de produtos em seus processos, são aplicações do princípio de *narrowing loops* (NUBHOLZ et al. 2023).

6. Discussões

Inicialmente nota-se um maior número de publicações sobre o tema entre os anos 2021 e 2022, fato que pode estar relacionado com o aumento de 40% da capacidade mundial instalada de energia por fonte renovável (IRENA, 2022), fazendo com que o assunto seja relacionado a outros temas e tenha uma crescente em estudos pela academia e por formuladores de políticas. Considerando o impacto dos journals, é possível sugerir que a integração entre os temas EC e energia renovável é um tema recente e de alto interesse acadêmico e impacto na discussão

científica atual sobre a matriz energética global. Com relação aos países e regiões verificados na amostra, foi possível notar que o continente Europeu foi o mais representado por países, e pode estar relacionado, pela razão de que o conceito de EC emergiu na Europa entre 1980 e 1990 (MCDOWALL et al. 2017) e se tornou popular desde que foi introduzido por formuladores de política, como uma solução para redução de danos ao meio ambiente e fechamento de ciclo de produtos (PIETRO-SANDOVAL et al, 2018). Outras regiões como Ásia e América do Norte apareceram em menor número, porém a presença de países destes continentes na amostra demonstra que existe uma conexão já sendo traçada entre os temas. Observa-se, portanto, que apesar do grande potencial das energias renováveis tanto eólica quanto solar, e especialmente hidrelétrica que já é amplamente utilizada no Brasil e outros países das Américas Central e do Sul, não há participação de autores latinos na discussão relacionada ao tema em questão, o que sugere o potencial teórico do estudo.

Analisando as palavras-chaves mais presentes, além daquelas que são mais óbvias em função da estratégia de busca, ressaltam palavras que sugerem preocupação com o processo de projeto e utilização das tecnologias de energia renovável. Nesse sentido, preocupações com o fim de vida dos equipamentos e infraestrutura são apresentadas, assim como a gestão de resíduos, o desperdício zero, a análise do ciclo de vida do produto, e o projeto “verde”, ou seja, a importância de considerar todos esses elementos acima quando do desenvolvimento dos produtos relacionados a energias renováveis.

No que se refere as práticas da EC relacionadas nas geradoras de ER, foi possível verificar uma centralização de práticas relacionadas aos princípios de *closing Loops* (reciclagem materiais) e *regenerate Loops* (utilização de recursos renováveis e regeneração do meio ambiente). Ambos os princípios aparecem com mais frequência em outras definições, conforme o estudo de Kirchherr et al. (2017), que analisaram a frequência dos quatro componentes do framework 4R e identificaram que dentre as 114 definições de economia circular, 79% foram de reciclagem, seguido de reutilização com 74% e redução com 54%.

Existe uma importância na adoção de práticas que integram o princípio de *closing* e *regenerate loops* no setor geração. O aumento significativo de resíduos fotovoltaicos e de turbinas eólicas, por exemplo, requer atenção e estratégias para minimizar os impactos ambientais através do não descarte em aterros e da reciclagem e reutilização de componentes, além da utilização da própria energia renovável gerada para processos internos e processos de descomissionamento.

7. Considerações Finais

Este estudo indica oportunidades para se ampliar o desenvolvimento de estudos integrando os temas de economia circular e geração de energia renovável. Atualmente existe uma crescente em estudos sobre transição energética, que mostram a necessidade de formuladores de políticas, empresas e governos analisarem as oportunidades e caminhos para uma transição energética, principalmente com o aproveitamento de fontes de energia inesgotáveis, como solar e eólica. Neste sentido, a geração de energia por fontes renováveis também se une com os princípios do modelo circular, uma vez que o modelo defende a utilização de recursos e energia renováveis no processo produtivo de bens e serviços. As geradoras de energia podem assumir um papel estratégico no ecossistema em que estão inseridas, tanto pela produção e venda de energia em si, mas também em ações que maximizem o conceito circular, tanto no ciclo de vida de sua infraestrutura quanto na própria sociedade onde possuem negócios.

As práticas e princípios da EC encontradas na literatura, demonstraram que ainda existe uma concentração da adoção de práticas relacionadas a *closing loops*, especialmente, por ser focada em reciclagem de materiais, que pode ser vista em exemplos na indústria de energia renováveis, tais como a reciclagem e reutilização de painéis fotovoltaicos e de componentes de turbinas eólicas.

É possível concluir, que a integração dos dois temas é relevante e carece de mais estudos. Afinal, não foram observadas em países da América Latina, estudos que relacionem as práticas da EC na geração de energia. Isso sugere que há uma possibilidade de avanço no tema, principalmente no Brasil, que possui capacidade para o crescimento em ambos os temas, principalmente pelo fato de já possuir um percentual considerável de geração de energias renováveis em sua matriz energética.

Finalmente, é importante também endereçar as limitações desta pesquisa, como a realização da busca em uma única base de estudos para a realização da análise bibliográfica (Scopus), delimitação temporal para a análise dos artigos e a utilização de termos primários nas palavras-chaves, que podem ser mais abrangentes a fim de identificar novos estudos. Como sugestão de pesquisas futuras, é relevante uma análise mais profunda sobre quais tipos de práticas de adoção da EC estão sendo utilizadas e/ou apresentadas pela academia em geradoras de energia em países de diferentes continentes e, também a análise de práticas utilizadas em outros tipos de indústrias ou mercados em que já há mais experiências consolidadas de aplicação de EC aos modelos de negócios e que possam ser aproveitadas pelas geradoras de energias renováveis.

REFERÊNCIAS

Aguiar et al. 2020. **Indicadores da Economia Circular e o Desenvolvimento de Produtos Circulares: uma revisão sistemática de literatura.** XL ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Abrepo.

Ahmed et al. 2022. **Economic growth, renewable energy consumption, and ecological footprint: Exploring the role of environmental regulations and democracy in sustainable development.** Sustainable Development. DOI 10.1002/sd.2251

Augusto et al. 2014. **Pesquisa Qualitativa: rigor metodológico no tratamento da teoria dos custos de transação em artigos apresentados nos congressos da Sober (2007-2011).** Revista de Economia e Sociologia Rural Vol. 51.

Avelino L. P. **Energia Solar Fotovoltaica Centralizada e Distribuída: o caso do Brasil.** Economia e Gestão do Meio Ambiente. Universidade do Porto, 2020.

Brundage M, Bernstein W, Hoffenson S et al. 2018. **Analyzing environmental sustainability methods for use earlier in the product lifecycle.** Journal of Cleaner Production. DOI 10.1016/j.jclepro.2018.03.187

Bursztyn. M. 2020. **Energia solar e desenvolvimento sustentável no Semiárido: o desafio da integração de políticas públicas.** Ambiente e desenvolvimento 34. <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2020.3498.011>

Choudhary P Srivastava R. 2019. **Sustainability perspectives- a review for solar photovoltaic trends and growth opportunities.** Journal of Cleaner Production. DOI 10.1016/J.JCLEPRO.2019.04.107

CNI. 2018. **Economia Circular, Oportunidades e Desafios para a Indústria Brasileira.** Confederação Nacional das Indústrias.

Ellen MacArthur Foundation. 2023. Potencial para aplicar a economia circular em grande escala.

ENGIE. 2023. **Entenda a diferença entre energia solar centralizada e distribuída.**

Gazzola. et al. 2020. **Trends in the Fashion Industry. The Perception of Sustainability and Circular Economy: A Gender/Generation Quantitative Approach.** Sustainability. doi:10.3390/su12072809

Geistdoerfer, M. et al. 2017. **The Circular Economy is a new sustainability paradigm?** Journal of Cleaner Production. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>

Guney. T, 2020. **Renewable energy and sustainable development: Evidence from OECD countries.**

Environmental Progress & Sustainable Energy. DOI: 10.1002/ep.13609

Heading et al. 2021. **Recursos para a transição energética: fazendo o mundo girar. As limitações geográficas e geopolíticas no fornecimento de recursos críticos para a transição energética exigem uma solução de economia circular.** KPMG.

Hysa E. Kruja A. Rehman N et al. 2020. **Circular economy innovation and environmental sustainability impact on economic growth: An integrated model for sustainable development.** Sustainability

(Switzerland). DOI 10.3390/SU12124831

IRENA. 2022. **Panorama das Transições Energéticas Mundiais 2022: Voia do 1,5°C.** Agência Internacional para as Energias Renováveis, Abu Dhabi

IRENA. **Renewable Capacity Statistics 2022.** International Renewable Energy Agency.

Jesus. G. M. K. Jugend. D. 2021. **How can open innovation contribute to circular economy adoption?**

Insights from a literature review. European Journal of Innovation Management.

<https://doi.org/10.1108/EJIM-01-2021-0022>

Kirchherr et al. 2017. **Conceptualizing the circular economy: analysis of 114 definitions.** Resour. Conserv. Recycl 127, 221 e 232.

Knable et al. 2022. **The impact of the circular economy on sustainable development: A European panel data approach.** Sustainable Production and Consumption 34. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.09.016>

Kornhonen et al. 2018. **Circular Economy: The Concept and its Limitations.** Ecological Economics.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>

Markovska N. et al. 2019. **Life cycle to Pinch Analysis and 100% renewable energy systems in a circular economy at sustainable development of energy, Water and Environment Systems 2017.** Renewable and Sustainable Energy Reviews 108. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.03.046>

Mello et al. 2022. **Evaluation of the environmental impacts related to the wind farms end-of-life.** Energy Reports. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.01.024>

McDowall et al. 2017. **Circular Economy Policies in China and Europe.** Journal of Industrial Ecology. DOI 10.1111/jiec.12597.

Nag et al. 2022. **Evaluating value requirement for Industrial Product-Service System in circular economy for wind power-based renewable energy firms.** Journal of Clean Production.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130689>

Nubholz et al. **From circular strategies to actions: 65 European circular building cases and their decarbonisation potential.** Resources, Conservation & Recycling Advances. 2023.

<https://doi.org/10.1016/j.rcradv.2023.200130>

ONU. **Report of the World Commission on Environment and Development. Our Common Future.**1987

Pietro-Sandoval et al. **Towards a consensus on the circular economy.** Journal of Cleaner Production.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.224>

Rabaia et al. 2021. **Environmental impacts of solar energy systems: A review.** Science of the Total Environment 754. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141989>

REN21. **Renewables 2023 Global Status Report.** Renewable Energy Policy Network for the 21st century. 2023.

S. Sauvé et al. 2016. **Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research.** Environmental Development 17.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.envdev.2015.09.002>

Tigrero et al. 2022. **Closing the loop through eco-innovation by European firms: Circular economy for sustainable development.** Business Strategy and The Environment. <https://doi.org/10.1002/bse.3024>

Tolmasquim. M. T. 2016. **Energia Renovável, Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica.** EPE. Empresa Brasileira de Pesquisa Energética.

Ukko J. Saunila M. Rantala T et al. 2019. **Sustainable development: Implications and definition for open sustainability.** Sustainable Development. DOI 10.1002/sd.1904

Yildizbasi. A. **Blockchain and renewable energy: Integration challenges in circular economy era.** Renewable Energy. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.05.053>