

---

## **IMPLANTAÇÃO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS E SUAS EXTERNALIDADES SOB A ÓTICA DA SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA COM ELEMENTOS DE REVISÃO SISTEMÁTICA**

Kelly Cristina Ribeiro Marques **CARDOSO**

Doutoranda em Ciências Ambientais (PPGM – UEFS); Mestre em Contabilidade (FVC); Docente da  
UEFS – Universidade Estadual de Feira de Santana (DCIS)  
E-mail: kcrmcardsoso@uefs.br  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3914-7072>

Rosângela Leal **SANTOS**

Doutora em Engenharia de Transporte (USP), Mestre em Geociências (UFBA), Docente da UEFS –  
Universidade Estadual de Feira de Santana (DTEC e PPGM)  
E-mail: rosaleal@uefs.br  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9165-2148>

Rodrigo Nogueira de **VASCONCELOS**

Pós Doutor – PNPD Capes (UEFS); Doutor em Ecologia (UFBA); Mestre em Ecologia e  
Biomonitoramento (UFBA); Docente da UEFS – Universidade Estadual de Feira de Santana (PPGM)  
E-Mail: Rnv@Uefs.Br  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1368-6721>

*Recebido  
Março de 2024*

*Aceito  
Agosto de 2025*

*Publicado  
Dezembro de 2025*

---

**Resumo:** O artigo trata do processo de implantação de energias renováveis, na perspectiva da sustentabilidade energética, concentrando-se nas externalidades associadas aos impactos ambientais, sociais e econômicos geradas pela implantação e uso de energias renováveis, especificamente oriundos de parques solares. Destaca os principais aspectos da evolução e tendências da sustentabilidade energética, identifica os periódicos e publicações mais relevantes e caracteriza os parques solares, apresentando indicadores, metodologias e políticas públicas que promovem as energias renováveis. O estudo utiliza uma abordagem multifacetada, combinando uma análise bibliométrica da base de dados Scopus com elementos de uma revisão sistemática e empregando ferramentas como Bibliometrix e Vosviewer para compreender, de forma abrangente, o estado atual da pesquisa neste campo. A análise revela que a investigação sobre energias renováveis e sustentabilidade ganhou um impulso significativo nos últimos anos,

com uma ênfase crescente nos fatores socioeconômicos e nas complexidades técnicas que influenciam a implantação de projetos de energia solar. A revisão destaca a necessidade de uma abordagem holística sobre a sustentabilidade energética que considere os avanços tecnológicos e as implicações sociais e ambientais mais amplas. A conclusão sugere que a integração das energias renováveis, especialmente a energia solar, pode contribuir para o desenvolvimento sustentável, mitigando as emissões de gases de efeito estufa, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis e promovendo o bem-estar social e econômico.

**Palavras-chave:** Eficiência energética; sustentabilidade; externalidades; parque solar.

### **IMPLEMENTATION OF RENEWABLE ENERGIES AND ITS EXTERNALITIES FROM THE PERSPECTIVE OF ENERGY SUSTAINABILITY: A BIBLIOOMETRIC ANALYSIS WITH ELEMENTS OF SYSTEMATIC REVIEW**

**Abstract:** The paper explores the implementation of renewable energy from the perspective of energy sustainability, focusing on the externalities associated with the environmental, social, and economic impacts of renewable energy adoption, particularly those stemming from solar parks. It highlights key aspects of the evolution and trends in energy sustainability, identifies the most relevant journals and publications, and characterizes solar parks by showcasing indicators, methodologies, and public policies promoting renewable energy. The study utilizes a multi-faceted approach, combining a bibliometric analysis of the Scopus database with elements of a systematic review and employing tools such as Bibliometrix and Vosviewer to understand the current state of research in this field comprehensively. The analysis reveals that the research on renewable energy and sustainability has gained significant momentum in recent years, with a growing emphasis on the socio-economic factors and technical complexities that influence the deployment of solar energy projects. The review highlights the need for a holistic approach to energy sustainability that considers technological advancements and broader societal and environmental implications. The findings suggest that integrating renewable energy, particularly solar power, into the energy mix can contribute to sustainable development by mitigating greenhouse gas emissions, reducing reliance on fossil fuels, and promoting social and economic well-being.

**Keywords:** Energy efficiency; sustainability; externalities; solar parks.

### **IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES Y SUS EXTERNALIDADES DESDE LA PERSPECTIVA DE LA SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA: UN ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO CON ELEMENTOS DE REVISIÓN SISTEMÁTICA**

**Resumen:** Este artículo aborda el proceso de implementación de energías renovables desde la perspectiva de la sostenibilidad energética, con el objetivo de evidenciar las externalidades que abarcan los impactos ambientales, sociales y económicos generados por la implementación y uso de energías renovables, específicamente provenientes de parques solares. Destaca los principales aspectos relacionados a la evolución y tendencias de la sostenibilidad energética, revistas y publicaciones más relevantes en el área, además de caracterizar los parques solares, evidenciando los indicadores y metodologías y políticas públicas que promuevan las energías renovables. El estudio utiliza un enfoque multifacético, combinando un análisis bibliométrico de la base de datos Scopus con elementos de una revisión sistemática com el apoyo del Bibliometrix y Vosviewer para comprender de manera integral el estado actual de la investigación en este campo. El análisis revela que la investigación sobre energías renovables y sostenibilidad ha cobrado un impulso significativo en los últimos años, con un énfasis cada vez mayor en los factores socioeconómicos y las complejidades técnicas que influyen en el

despliegue de proyectos de energía solar. La revisión destaca la necesidad de un enfoque holístico de la sostenibilidad energética que considere los avances tecnológicos y las implicaciones sociales y ambientales más amplias. La conclusión sugiere que la integración de las energías renovables, especialmente la energía solar, puede contribuir al desarrollo sostenible al mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero, reducir la dependencia de los combustibles fósiles y promover el bienestar social y económico.

**Palabras clave:** Eficiencia energética; sostenibilidad; externalidades; parques solares.

## INTRODUÇÃO

A implantação de energias renováveis tem sido objeto de vários estudos por conta da importância que se tem atribuído à temática na sociedade. Isso ocorre por diversos fatores, como a preocupação com a sustentabilidade ambiental, associado às mudanças climáticas e ao uso de combustíveis fósseis, dentre outros aspectos, enfatizando o conceito de sustentabilidade energética, o qual se vincula a necessidade de gerar energia limpa e renovável, suprindo as necessidades da sociedade, sem afetar de forma negativa o meio ambiente.

Dentre as energias consideradas limpas e renováveis e que colaboram para a sustentabilidade energética, destacam-se a energia eólica, o uso do hidrogênio verde e a energia solar, cuja produção desta pode ocorrer de forma distribuída ou centralizada. A geração distribuída é constituída pela geração de energia de maneira dispersa e individualizada, estando diretamente ligada ao usuário local e com possibilidade de ser conectada à rede de distribuição, caracterizada pelo uso de pequenas quantidades de painéis fotovoltaicos. Por outro lado, a geração centralizada utiliza grandes estruturas para produzir energia, com milhares de painéis fotovoltaicos, caracterizando as usinas ou parques solares.

Desta forma, este artigo se baseia no seguinte questionamento: como a literatura apresenta a evolução e as tendências sobre o uso e a implantação de energias renováveis no processo de sustentabilidade energética de parques solares? Para isso, o objetivo geral é analisar a evolução e as tendências referentes ao uso e a implantação de energias renováveis sob a ótica da sustentabilidade energética, sobretudo a partir dos parques solares.

Contudo, ressalta-se que outras perguntas se interrelacionam e complementam este contexto, as quais foram abordadas tendo como base elementos da revisão sistemática e da análise bibliométrica. Por conta disso, baseando-se na revisão sistemática, foram avaliadas as seguintes questões complementares: Que regiões se destacam nas pesquisas tratadas nos artigos? Que localidades (países, províncias, estados) aparecem mais nos estudos? Quais os índices, indicadores e metodologias utilizadas na avaliação da sustentabilidade energética? Qual a relação apresentada entre estes métodos e indicadores com a sustentabilidade ao longo

do tempo? Quais as externalidades identificadas como impactos ambientais, sociais e econômicos decorrentes da eficiência energética? Qual a caracterização da área ideal para implantação da energia solar e as áreas nas quais os parques solares estão sendo implantados? Quais as políticas públicas voltadas a energias renováveis (legislação, uso do solo, financiamentos, etc.) identificadas?

Por outro lado, no âmbito da bibliometria, buscou-se identificar: Evolução e surgimento? Países e institutos que mais publicam? Autores principais? Publicações mais citadas? Periódicos influentes na área? Quais as abordagens relacionadas a temática? Marcos temporais?

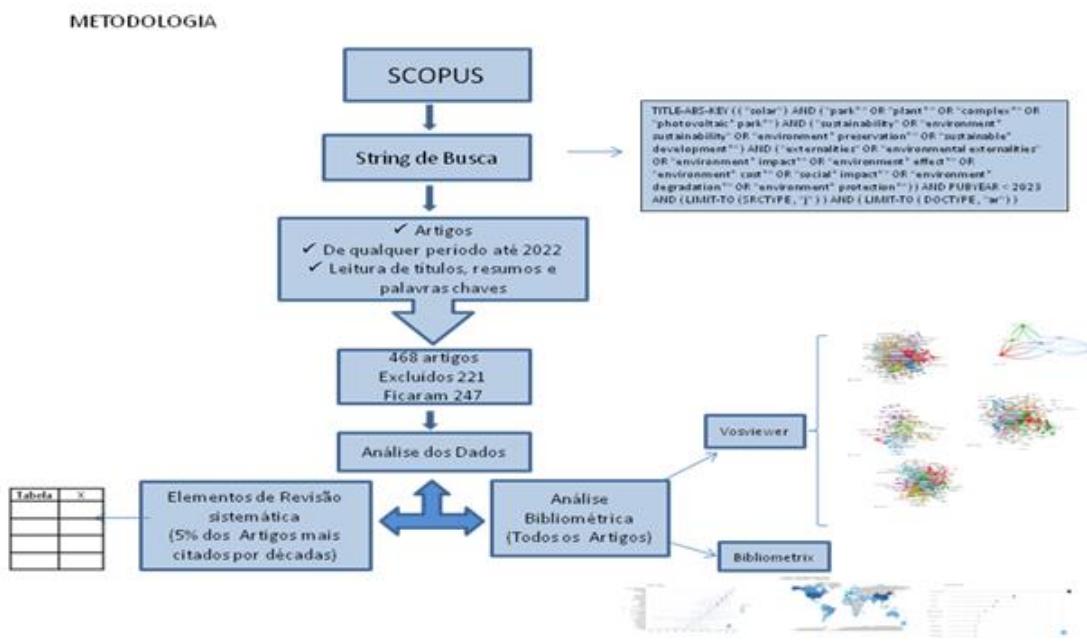
## METODOLOGIA DA PESQUISA

As buscas foram realizadas na base de dados Scopus, a qual contempla uma ampla cobertura de banco de dados com resumos, artigos e citações de pesquisas relevantes e confiáveis, identifica especialistas e fornece acesso a dados, métricas e ferramentas analíticas confiáveis e sofisticadas, gerando resultados precisos de citações, perfis detalhados de pesquisadores e de institutos de pesquisas em áreas diversas (SCOPUS ELSEVIER, 2023).

O Fluxograma 1, a seguir, evidencia o resumo geral da metodologia utilizada neste trabalho, destacando a string final gerada a partir da combinação de várias strings, a qual contemplou melhor o objetivo da pesquisa realizada na base Scopus, a partir da avaliação dos títulos, resumos e palavras chaves do retorno quantitativo de artigos, referente a qualquer período de publicação, até o ano de 2022. A pesquisa gerou 468 retornos e após ajustes e exclusões, a busca final ficou com 247 artigos integrantes deste artigo.

Na Base Scopus, os termos da string de pesquisa foram estruturados com o auxílio dos conectivos OR e AND, a fim de correlacionar as palavras chaves e seus sinônimos e direcionar a busca. A pesquisa realizada considerou nas buscas os títulos do artigo, resumo e palavras chaves, referentes a qualquer período de publicação, até o ano de 2022. A partir da busca realizada na Base Scopus, gerou-se o thesaurus, considerando todos os termos dos artigos referentes ao título, palavras-chave e resumos, do total de artigos ao longo dos anos e também classificado por décadas para proporcionar uma melhor análise. Ressalta-se que o thesaurus é um arquivo de sinônimos, no qual pode-se corrigir nomes que estejam divergentes ou com a escrita incoerente.

## Fluxograma 1 - Visão geral da metodologia utilizada na pesquisa



Após a realização de várias buscas, chegou-se a um resultado de 468 artigos, até o ano de 2022, num primeiro momento, antes da verificação da coerência dos mesmos com as especificidades do tema. Ressalta-se que essa quantidade inicial ocorreu a partir da inserção da vinculação da pesquisa ao termo “solar” o que gerou um resultado de busca mais específico e mais efetivo. Dessa forma, essa foi a string escolhida como ponto de partida para a realização da revisão de literatura.

A partir da avaliação dos 468 artigos iniciais, alguns artigos foram descartados, por não estarem relacionados à temática pesquisada, visto que tratavam de temas como polinizadores, efluentes ou tratamento de água, dentre outros aspectos, chegando-se a um total de 247 artigos, objeto de estudo deste trabalho, os quais foram analisados em duas etapas, sendo uma com base na análise bibliométrica, tendo como suporte o Bibliometrix e o Vosviewer, e a outra, utilizando elementos da revisão sistemática, conforme indicado no Fluxograma 1. Ressalta-se que, na abordagem bibliométrica, foram usados todos os artigos da busca final e, para a revisão sistemática, a leitura foi feita em 5% do total de artigos (13), considerando como critério de escolha os mais citados, por décadas.

Em relação à bibliometria, os objetivos pretendidos foram examinados com base em figuras e quadros, os quais abordam os itens em nível global, por considerar que estes são mais relevantes, já que evidenciam um contexto mais abrangente, do que os que tratam da avaliação local dos mesmos. Em relação às perguntas trabalhadas através da abordagem de revisão

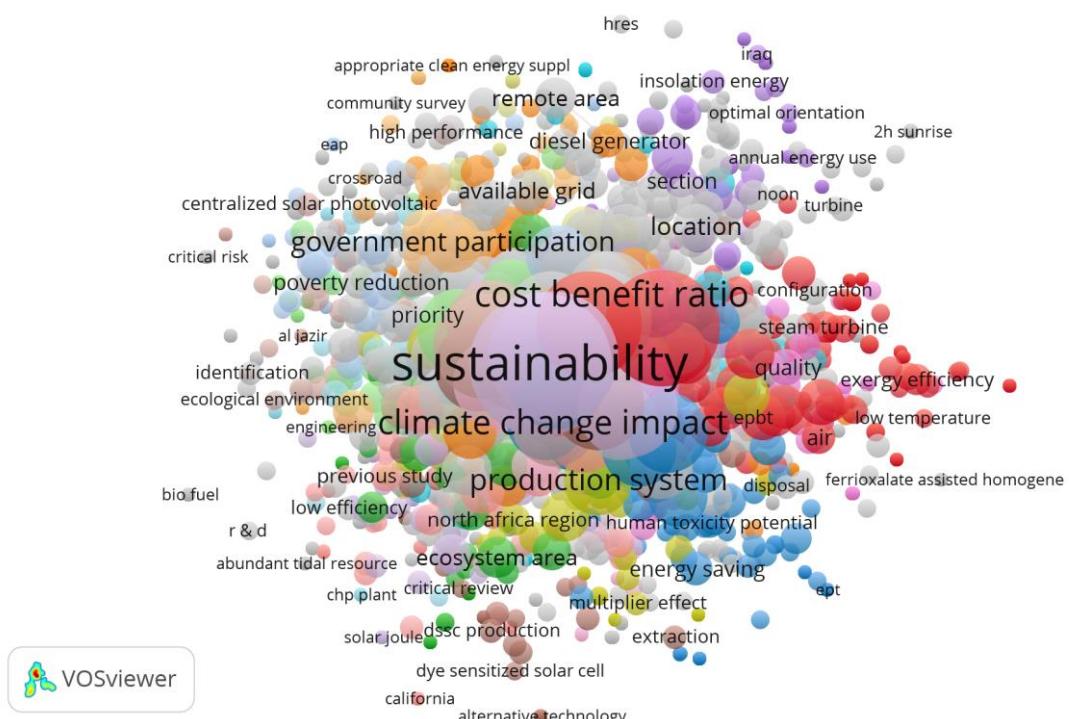
sistemática, as mesmas tiveram suas respostas estruturadas em quadros, no qual constam os dados encontrados e a correlação com a temática central desta pesquisa.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

## Abordagem Bibliométrica

Na análise bibliométrica, a coocorrência geral de todos os termos presentes no título, resumo e palavras chaves, gerados pelo thesaurus, além do destaque das palavras mais relevantes, enfatiza a temática central da pesquisa, ao apresentar a sustentabilidade de maneira centralizada e destacada, situação que se repete por décadas, validando a temática estudada, a qual se correlaciona com os outros aspectos da eficiência energética, das condições climáticas, geração de energia, energia solar, planta fotovoltaica, políticas governamentais, evidenciando a relação com o contexto das energias renováveis e do desenvolvimento sustentável, conforme Figura 1 a seguir.

**Figura 1 -** Rede Geral de Coocorrências



Fonte: Dados da pesquisa (2023).

A análise de coocorrência geral feita através do Vosviewer, utilizando o thesaurus gerado pelos 247 artigos oriundos da pesquisa na base Scopus, indicou 3.837 termos, agrupados em 44 clusters, sendo que o primeiro cluster contém 239 termos, enquanto o último cluster possui apenas 13. Por conta dessa diversidade de clusters associado a um número decrescente de termos em cada um, escolheu-se por examinar os cinco primeiros clusters, pressupondo que são mais representativos dentro do universo contemplado na pesquisa, representando 20% do total de termos. Observa-se que em cada cluster são agrupados os objetos ou itens de acordo com a similaridade e interação entre os temas correlatos, atribuindo a força de associação entre eles.

O primeiro cluster contém 239 termos; o segundo, contém 147 termos; no terceiro, foram identificados 140; no quarto, 129; seguido do quinto cluster, com 123 termos. O cluster 1 contempla mecanismos de sustentabilidade, relacionando aspectos do potencial energético, através de termos que remetem a sistemas integrados renováveis, capacidade de geração de energia solar, geração de hidrogênio, plantas híbridas, geotérmicas, biomassa, contextualizando as energias renováveis.

No segundo cluster, identifica-se a relação entre a eficiência energética, no contexto da biodiversidade, e o desenvolvimento energético, no âmbito da análise econômica, através da verificação do ciclo de vida da geração de energia. O terceiro cluster apresenta estudos comparativos, tratando da performance econômica e ambiental de ecossistemas sustentáveis, destacando a produção fotovoltaica, bem como parâmetros que influenciam nos aspectos de custos, resultados e benefícios da área estudada.

No quarto cluster, abordam-se o sistema elétrico, bem como aspectos vinculados a demandas, tecnologias e indicadores ambientais, políticas globais associadas à crise climática mundial. Em relação ao quinto cluster, os termos evidenciam, de maneira mais específica, a vinculação ao potencial de geração de energia solar, já que abordam termos sobre valor anual de insolação, incidência e radiação solar, integração fotovoltaica, além de projeto bioclimático, emissão de CO<sub>2</sub>, demanda e dependência energética.

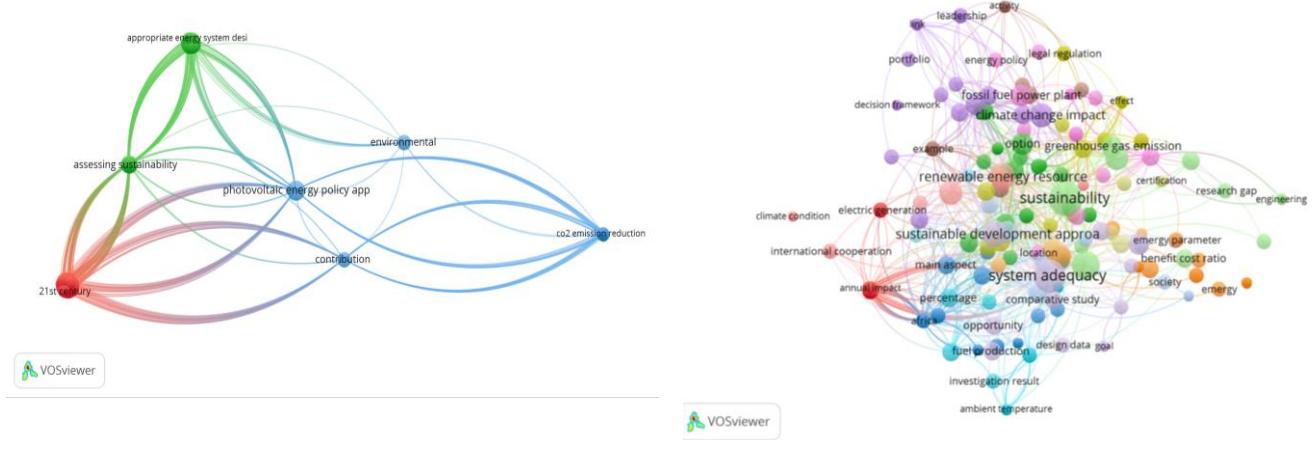
Observa-se que os termos apresentados nos cinco clusters destacados têm forte vinculação com o contexto da sustentabilidade energética. Máximo (2014) e Afgan et al (2000) abordam que a medição e a avaliação da sustentabilidade energética são feitas em torno de três dimensões principais: ambiental, econômica e social, através de critérios individualizados ou de forma combinada.

Sachs (2002) também observa a sustentabilidade em várias dimensões, enfatizando-a no contexto ambiental, social e econômico, no qual ele destaca que a sustentabilidade econômica

não é condição prévia para as demais categorias, visto que o transtorno econômico traz consigo o transtorno social e obstrui a sustentabilidade ambiental. Desta forma, entende-se que a sustentabilidade energética pode ser alcançada a partir do uso de energias limpas e renováveis, desde que promovam o desenvolvimento da sociedade e protejam o meio ambiente.

Por outro lado, ao serem comparadas as redes de coocorrências por décadas, das primeiras publicações no ano de 1998 até 2022, percebe-se a evolução do estudo na área pela ampliação da quantidade e da concentração dos termos nas imagens, conforme figuras 2 e 3. Na primeira década (Figura 2A), há apenas indicação de contribuições para a sustentabilidade, tratando de abordagens sobre a política energética fotovoltaica, com enfoque na redução de emissão de carbono com vistas ao século vinte e um, bem como a proposição de avaliação ambiental, sem ampliação do tema, sendo que até mesmo o quantitativo de publicações da área estudada, neste período, é pouco expressivo, com apenas 3 artigos.

**Figura 2 - Rede de Coocorrência - Décadas de 90 e de 2000**



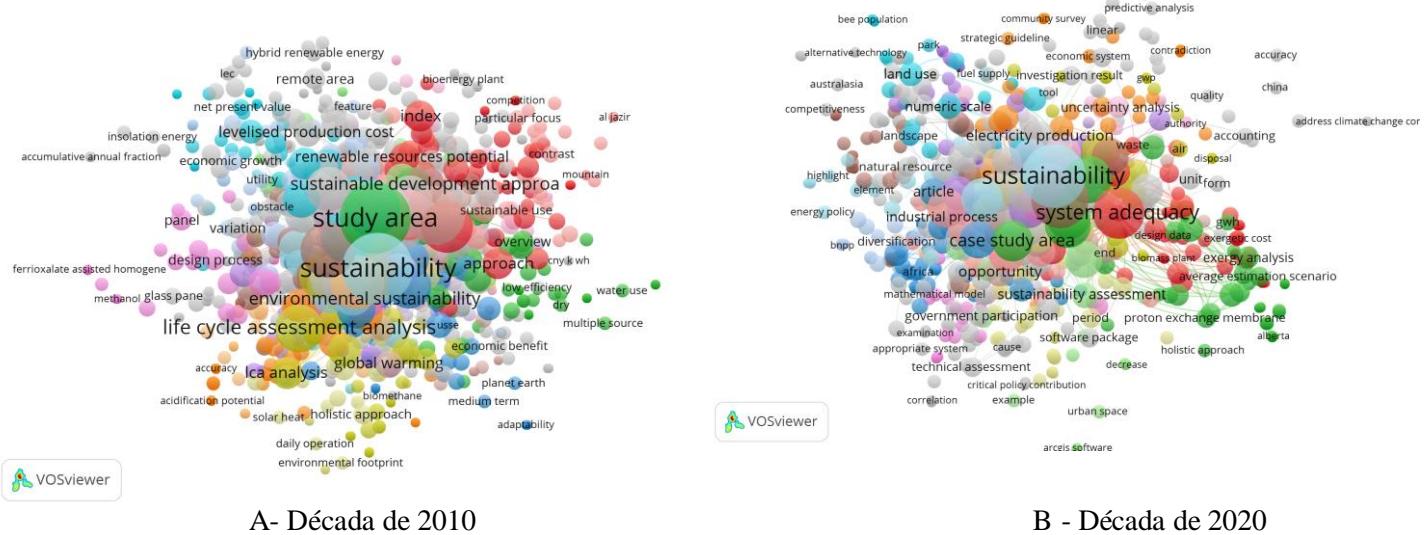
Fonte: Dados da pesquisa (2023).

A mudança é significativa, ao se comparar com a rede de coocorrência da década de 2000 (Figura 2B), na qual se destacam as energias renováveis, o desenvolvimento sustentável, as políticas públicas com vistas à sustentabilidade e políticas energéticas para a redução de combustíveis fósseis.

Há uma ampliação de estudos e publicações no contexto da eficiência energética, que se consolida nas décadas seguintes, de 2010 e de 2020 até os dias atuais (Figura 3), com um número relevante de estudos na área pesquisada, sendo 131 artigos identificados, referentes a década de 2010, e 85 artigos, na década de 2020. Estes números indicam a contemporaneidade

da temática, com um número considerável de pesquisas na área, expressas na concentração dos artigos publicados.

**Figura 3 - Rede de Coocorrência - Décadas de 2010 e de 2020**



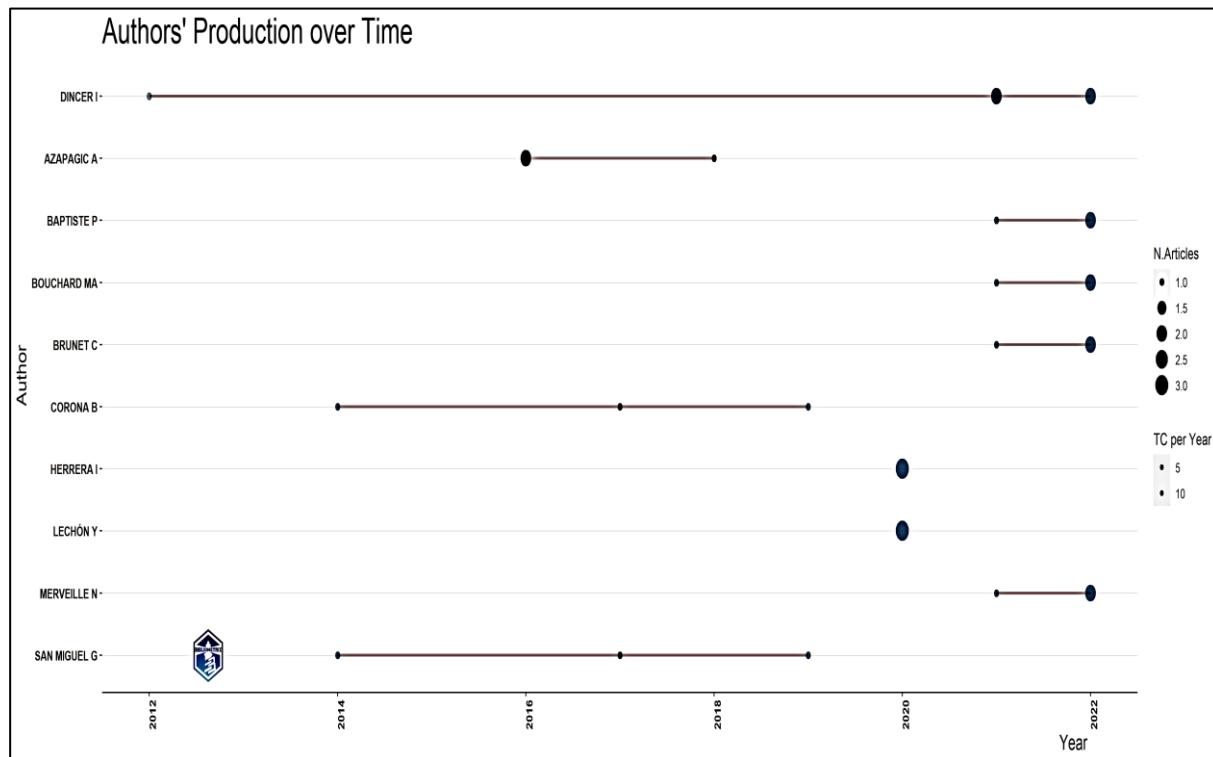
Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Ao tratar dos autores principais que pesquisam sobre a sustentabilidade energética, verifica-se que, em relação aos autores mais relevantes apresentados no total de documentos, destaca-se Ibrahim Dincer, pesquisador canadense do Laboratório de Energia Limpa, com índice de citação no quesito relevância igual a 5, seguido dos demais, dentre os dez principais, com índice de citação igual a 3, os quais são Azapagic, Baptiste, Bouchard, Brunet, Corona, Herrera, Lechon, Merveille e San Miguel.

O destaque do Dincer, em relação à relevância, pode ser explicado ao se verificar a produção quantitativa deste autor ao longo do tempo, associada à citação de seus trabalhos, conforme figura 4, a qual evidencia que o mesmo está presente em publicações sobre o tema, de forma freqüente, desde 2012 até os dias atuais, o qual escreve sobre os impactos ambientais dos sistemas de geração de energia solar, fotovoltaica e plantas de energias renováveis para comunidades sustentáveis.

Na figura em análise (Figura 4), é possível também visualizar autores que produziram bastante de forma pontual, num ano específico, como Herrera e Lechon, em 2020, com um número de artigos igual a 30; além de observar autores contemporâneos, em evidência nos últimos anos, tanto no número de artigos quanto pela frequência, entre os anos de 2021 e 2022. É o caso de Baptiste, Bouchard, Brunet, Merveille, além do Dincer que é frequente na produção ao longo do tempo.

**Figura 4 - Produção dos autores ao longo do tempo**



Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Por outro lado, num período mais central, Azapagic aparece com grande intensidade na produção de 2016 a 2018, tanto em quantidade de artigos publicados, quanto citados, além de Corona e San Miguel que se destacam de forma centralizada, de 2014 a 2019.

No que se refere às publicações mais citadas sobre a temática pesquisada, ressalta-se a publicação de Ahmad e Tahar, com destaque global em primeiro lugar, com 372 citações, no ano de 2014, na Renew Energy, seguido da publicação de Saiz et al, com 231 citações, em 2006, na Environmental SCI Technology. A publicação de Ahmad e Tahar (2014) é um estudo feito na Malásia que trata da seleção de fontes de energia renováveis para o desenvolvimento sustentável do sistema de geração de eletricidade utilizando o processo hierárquico analítico. Por outro lado, o estudo de Saiz et al (2006) retrata o uso da avaliação do ciclo de vida (ACV), a fim de verificar os benefícios na redução do consumo de energia, diante da adoção de um telhado verde, em um edifício residencial, em Madri.

Dentre os institutos que mais publicam na área estudada, observa-se que em primeiro lugar está a Universidade de Illinois, seguido da Universidade de Perugia e da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Ressalta-se que Illinois (EUA) possui um programa voltado a geração de energia solar financiado pelo estado, denominado ISFA – *Illinois Solar for All*. O

ISFA tem como objetivo promover e proliferar a energia solar em Illinois, sobretudo para a comunidade de menor renda, organizações sem fins lucrativos, denominadas de ONGS e instituições públicas. A Universidade Estadual de Illinois, através de seu departamento de tecnologia, faz pesquisa sobre estas áreas e sobre o programa, tratando sobre a viabilidade de instalações de painéis solares fotovoltaicos. (Thankan; Winters; Aldeman, 2021).

Na Universidade de Perúgia, na Itália, existem trabalhos vinculados aos impactos ambientais, na implantação de centrais fotovoltaicas montadas no solo, as chamadas plantas solares (Desideri *et al.*, 2012). Em relação à UFSM, que é uma universidade brasileira, há estudos que se destacam sobre a sustentabilidade e a viabilidade de implantação de energia solar e eólica no cultivo de algas (Dias *et al.*, 2022a), perpassando pela análise geoespacial de implantação dessas usinas de energias renováveis, além de retratar os benefícios ambientais e econômicos gerados pelo investimento em eletricidade renovável (Dias *et al.*, 2022b).

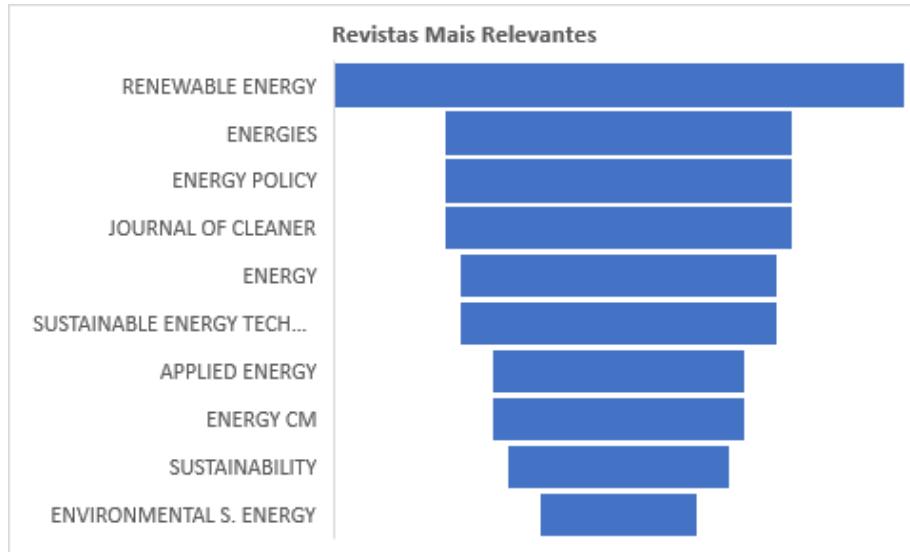
Dentre os países mais citados nas pesquisas realizadas sobre sustentabilidade energética, energia renovável e usinas solares, destacam-se a Malásia, seguido da Itália, Estados Unidos, China e Canadá, além da Romênia, Alemanha, Reino Unido, Portugal e Índia. Observa-se que o Brasil, embora tenha uma universidade destacada em terceiro lugar como uma das instituições que mais pesquisam sobre a temática, que é o caso da UFSM, não aparece entre os dez países mais citados em relação aos trabalhos publicados sobre o tema, contudo, mantém a sua classificação entre os dez principais países com produção científica na área, na posição 8, com frequência igual a 35. Neste quesito, de frequência de produção científica por países, a Itália se destaca em primeiro lugar, seguido de China, USA, Espanha, Canadá, Alemanha e Reino Unido, além de Brasil, Turquia e Índia.

Ao analisar os periódicos influentes na área, a fonte de pesquisa considerada mais relevante é a Renewable Energy, seguida da Energies, Energy Policy e Journal Of Cleaner Production (Figura 5). Segundo a Science Direct (2023), a Renewable Energy é uma revista internacional e multidisciplinar que promove a difusão de artigos na área de engenharia e pesquisas relacionadas a energias renováveis.

No que se refere ao surgimento e a evolução das revistas ao longo do tempo, observa-se que a Sustainable Energy Technologies and Assessments é a revista mais antiga sobre a temática e se manteve estável ao longo dos anos, com elevação nas publicações a partir de 2019. Por outro lado, verifica-se publicação contínua e em elevação da Revista Energy Policy, ao longo do tempo, desde 1999, enquanto de forma mais contemporânea, a Revista Renewable Energy ganhou destaques expressivos e ascendentes, em 2009, o que foi intensificado a partir

de 2019, contexto este que justifica a relevância da referida revista como um periódico influente.

**Figura 5 - Revistas mais relevantes**



Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

Todas as características e contextualizações apresentadas ao longo desta análise bibliográfica contribuem para o entendimento da evolução do tema, demonstrando o quanto tratar da sustentabilidade energética tem sido imprescindível, sobretudo na atualidade, visto que é perceptível a necessidade de redução do uso de combustíveis fósseis e da busca por energias limpas e renováveis, como a solar e a eólica.

Nesse contexto da sustentabilidade energética, Odou *et al.* (2020) relatam que a crescente atenção mundial à proteção ambiental, bem como o esgotamento das fontes de energia convencionais, como carvão, petróleo e gás natural, além de seu custo crescente, colocam as energias renováveis na vanguarda da transição energética mundial. Por outro lado, Bamisile *et al.* (2021) destacam que embora muitos países estejam desenvolvendo estratégias robustas e abrangentes para mitigar suas emissões de carbono e reduzir as emissões de gases com efeito estufa (GEE) em geral, a eficácia destas estratégias de mitigação de GEE, no sentido da sustentabilidade ambiental, somente será avaliada com o tempo.

Tais aspectos se refletem na evolução da produção científica, com o aumento e o acúmulo de pesquisas na área e de citações destas produções científicas ao longo do tempo, sobretudo na contemporaneidade, na variedade de conceitos e tecnologias que estão surgindo, visando a eficiência energética, de modo a colaborar com a proteção do meio ambiente.

Observa-se nesta análise bibliométrica, a evolução, a frequência e a tendência dos termos, com fases distintas, visto que alguns termos, como é o caso de “proteção ambiental” são mais antigos e marcam presença, desde o ano de 2002. Outros apareceram em 2012 e estão presentes na literatura pesquisada até hoje, como é o caso dos termos “sustentabilidade”, “desenvolvimento sustentável” e “produção de energia renovável”. Contudo, há palavras ou expressões que passaram a ser utilizados com maior intensidade de forma contemporânea, como é o caso de “armazenamento de energia elétrica”, “geração de energia solar”, “energias alternativas” e “produção de hidrogênio”.

Pela avaliação da evolução destes termos e expressões, há que se considerar que os mesmos foram se adequando, paralelamente às preocupações da sociedade com o uso de mecanismos que promovam uma vida mais equilibrada ambientalmente, no que se refere à geração de energias alternativas, renováveis e limpas, colaborando para o alcance da sustentabilidade energética, através da redução de impactos ambientais negativos. São expressões muito comuns e presentes na sociedade atual que ressaltam a necessidade de ações efetivas, no âmbito da sustentabilidade, para além do discurso.

## Abordagem de Revisão Sistemática

Em relação à análise dos artigos baseada em elementos da revisão sistemática, o Quadro 1 evidencia o protocolo utilizado na referida pesquisa.

**Quadro 1** - Protocolo da revisão sistemática

<b>TIPO DE DOCUMENTO</b>	Artigos
<b>PERÍODO</b>	De 1998 até 2022
<b>BASE DE DADOS</b>	Scopus
<b>CRITÉRIO DE INCLUSÃO</b>	5% dos 247 artigos mais citados em cada década
<b>DÉCADAS ANALISADAS</b>	Quantidade de artigos pesquisados
<b>1ª Década (1998 – 2000)</b>	1 artigo
<b>2ª Década (2001 – 2010)</b>	1 artigo
<b>3ª Década (2011 – 2020)</b>	7 artigos
<b>4ª Década (2021 – 2022)</b>	4 artigos

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Conforme já indicado na metodologia deste trabalho, nesta fase foram examinados 13 artigos, os quais correspondem a 5% do total (247) de artigos mais citados, oriundos da pesquisa gerada na base de dados Scopus, a partir da string de busca inicial. O Quadro 1 apresenta a quantidade de trabalhos por décadas, bem como os critérios de inclusão utilizados.

As questões trabalhadas, a partir da leitura dos treze artigos, objetivaram identificar a região e a localidade do estudo; se há externalidades identificadas decorrentes do uso de energias renováveis, contemplando os possíveis impactos ambientais, econômicos e sociais; se são estabelecidas características de áreas para implantação de parques solares; se há indicação de políticas públicas na área de energias renováveis; quais os índices, indicadores e metodologias utilizadas na avaliação da sustentabilidade energética e a relação apresentada entre estes métodos e indicadores, com a sustentabilidade ao longo do tempo.

As pesquisas desenvolvidas sobre sustentabilidade energética, através do uso de energias renováveis, que foram avaliadas, as quais tratam dos variados tipos de fontes renováveis de energia, sobretudo em relação ao processo de implantação de energia solar ou fotovoltaica, enfocaram estudos nas localidades e regiões indicadas no Quadro 2.

**Quadro 2 - Localidades e Regiões destacadas nas pesquisas**

LOCALIDADES	REGIÕES ABORDADAS
Ambiente de Simulação	Zona Rural
Ambiente de Simulação	Sem região específica
Benin (África)	Aldeia de Fouay
Califórnia (Estados Unidos)	Daggett
Ghulam Shah (Paquistão)	Zona Rural
Ligúria (Itália)	Capo Vado
Madri	Madri
Malásia	Sudeste Asiático
Malásia	Área remota da estação KLIA, Sepang
Milão (Itália)	Planta fotovoltaica real no Solar Tech (Laboratório Politécnico de Milão)
Nigéria (África)	Nigéria
Romênia	Bucareste, Iasi, Timisoara e Cluj
Usina virtual	Sem região específica

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Ressalta-se que alguns estudos foram fruto de uma projeção de cenários, num ambiente de simulação, ou da percepção de acadêmicos sobre o tema. Outros foram decorrentes de aplicações de metodologias, como modelos e tecnologias específicas da área de energia, realizando observações dos métodos usados em comunidades rurais ou em regiões diversas, pertencentes a vários países, nos continentes existentes, com destaque para Europa, Ásia e África.

Em relação às metodologias e aos indicadores utilizados, envolvendo modelagens ou tecnologias ou mesmo modelos para avaliação da eficiência energética existente, e da viabilidade de utilização de outros critérios, com ênfase na geração de energia limpa, o Quadro 3 evidencia as metodologias apresentadas, bem como os indicadores utilizados.

**Quadro 3 - Metodologias e indicadores ou critérios apresentados nas pesquisas analisadas**

METODOLOGIAS	INDICADORES OU CRITÉRIOS APRESENTADOS
Abordagem Multicritério (MCDA) com AHP	Aspectos técnicos, econômicos, sociais e ambientais
Abordagem de tomada de decisão Multicritério (MCDM) com software HOMER, combinado com o Método Fuzzy F-AHP	Não apresenta indicadores ou critérios
Análise do ciclo de vida	Não apresenta indicadores ou critérios
Análise do ciclo de vida com MCDA e método SWING de ponderação	Indicadores agrupados em 4 dimensões: Econômica, tecnológica, ambiental e sociopolítica
Avaliação do ciclo de vida ambiental (ACV)	Não apresenta indicadores ou critérios
Avaliação do ciclo de vida híbrida (ACV)	Não apresenta indicadores ou critérios
Índice geral de sustentabilidade	Indicador de recursos, indicador ambiental, indicador social e indicador de eficiência
Modelagem com software HOMER	Não apresenta indicadores ou critérios
Modelo de decisão MPC (Controle preditivo de modelo)	Não apresenta indicadores ou critérios
Modelagem matemática combinando tecnologias de energias renováveis.	Não apresenta indicadores ou critérios
Modelagem matemática usando software EnergyPLAN no ambiente de programação MATLAB	Não apresenta indicadores ou critérios

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

A partir da avaliação dos métodos ou tecnologias utilizados, percebe-se uma preponderância de uso da Análise do Ciclo de Vida (ACV) e da Abordagem Multicritério (MCDA), os quais aparecem, às vezes, associadas a outras tecnologias, como o software Homer (Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources), EnergyPLAN, o modelo AHP( analytic hierarchy process) e o método Fuzzy, que complementam os modelos para a escolha do tipo de energia renovável que mais se adéqua as características locais, ou mesmo na determinação da melhor combinação que colabore para a eficiência do sistema energético, a partir dos critérios ou indicadores utilizados. Tais indicadores e critérios contemplam os aspectos técnicos ou tecnológicos, econômicos, ambientais e sociais do sistema energético, vislumbrando as externalidades geradas pelo uso das diversas fontes de energias renováveis.

A abordagem multicritério é um ramo da pesquisa operacional que auxilia na tomada de decisão a partir de vários métodos, dentre os quais o AHP (Analytic Hierarchy Process), que permite ao gestor hierarquizar os critérios, subcritérios e alternativas disponíveis para analisá-los (AHMAD e TAHAR, 2014). Por outro lado, o modelo de análise do ciclo de vida (ACV), é

um método utilizado na avaliação dos impactos ambientais no setor da construção (Saiz; Kennedy; Baixo; Pressnail, 2006). Autores como Burkhardt, Heath e Turchi (2011) ampliam esta visão ao enfatizarem que a ACV é uma abordagem holística e padrão usada na quantificação de impactos ambientais também de energia renovável.

Ao tratar das externalidades geradas no âmbito dos impactos ambientais, sociais e econômicos, alguns autores incluem o critério tecnológico ou de recursos, embora estes aspectos possam ser observados no viés econômico, ampliando a visão específica de medição de custos enfatizada nos artigos, na caracterização do impacto econômico. As externalidades relacionam-se aos impactos gerados no ambiente externo das entidades, os quais podem ser benéficos ou não para o ambiente, para a economia e para a comunidade (Quadro 4).

As externalidades ambientais são os efeitos transversais de bens ou serviços sobre pessoas ou entidades que não estão diretamente envolvidas com a atividade. Relaciona-se com o impacto de uma decisão sobre aqueles que não participam dessa decisão, podendo gerar efeitos positivos ou negativos para a sociedade (Nascimento *et al.*, 2019).

**Quadro 4 - Externalidades identificadas decorrentes do uso das energias renováveis**

AMBIENTAIS	ECONÔMICAS	SOCIAIS
Redução das taxas de emissão de GEE	Custo inicial elevado	Geração de emprego
Redução das taxas de emissão de CO <sub>2</sub>	Custo de operação e manutenção menor para o sistema híbrido do que numa usina convencional.	Impactos na saúde
Problemas ambientais na produção de células solares	Custos de operação mais dispendiosos para pequenas centrais hidroelétricas, eólicas e solares	Instabilidade social
Mudanças climáticas	Custos decrescentes das energias renováveis	Redução da migração da população rural através da criação de empregos locais.
Perda da biodiversidade	Crescimento industrial	
Poluição atmosférica	Crescimento de emprego	
Sustentabilidade no fornecimento de energia	Criação de novas empresas locais	

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Os autores pesquisados foram unânimes em enfatizar que as fontes de energia baseadas em combustíveis fósseis ameaçam a civilização, pois prejudicam o meio ambiente, alteram as condições climáticas, aumentam a degradação ambiental e o aquecimento global, além de provocarem o esgotamento das reservas de combustíveis fósseis. As usinas convencionais que

dependem de combustíveis fósseis produzem enormes quantidades de gases de efeito estufa (GEE) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Desta forma, a busca por uma eficiência energética equilibrada, com geração de energia elétrica que provoque externalidades positivas superiores às negativas, contribui para o equilíbrio ambiental e para a manutenção da vida, fomentando a sustentabilidade energética. Então, as fontes limpas e renováveis de energia podem auxiliar neste processo já que seu uso gera redução do GEE e do CO<sub>2</sub>, melhora a eficiência e o fornecimento de energia, alcançando até mesmo comunidades rurais distantes, equilibram os impactos ambientais, colaboram para a sustentabilidade econômica e a eficiência energética. Percebe-se que muitos artigos utilizam estas abordagens de um modo geral, sem detalhar como isso acontece e quais são de fato os impactos gerados com maior especificidade.

O uso de energias renováveis e limpas é um fator preponderante para o desenvolvimento dos países, mesmo que ocorra de forma combinada com outros instrumentos de geração de energia tradicionais, ou entre as diversas fontes renováveis, como a coexistência de energia eólica, solar, bioenergia, biomassa e hidrogênio, dentre outras, sendo, portanto, uma combinação possível, visto que alguns locais podem não ter as condições ambientais, econômicas e estruturais necessárias para a implantação de fontes de energias renováveis, como a velocidade do vento e a irradiação solar, condizentes com uma produção de energia em larga escala que atendam as necessidades da comunidade, sem falar no alto custo inicial de implantação desses parques solares ou eólicos.

Por conta disso, Shezan *et al.* (2016) defendem a utilização de um sistema híbrido de energia renovável para eletrificação de áreas rurais e fora da rede e apresentam uma análise de desempenho, na Malásia, na qual retratam que o custo de operação e de manutenção para o sistema híbrido é menor do que numa usina convencional, além de permitir a combinação dos recursos abundantes na região, que é montanhosa, com condições meteorológicas adequadas, com grande radiação global, irradiação relevante mensal e anualmente, além de índice de claridade e de geração de ventos adequados. Esta defesa se coaduna com o entendimento de Odou, Bhandari e Adamou (2020), que no estudo de um sistema híbrido, em Benin, no continente africano, para além dos impactos econômicos e ambientais, também abordaram o impacto social da geração de energia elétrica, em comunidades rurais afastadas, por gerarem empresas e empregos locais, impedindo ou reduzindo a migração da população para as zonas urbanas.

Contudo, apesar das vantagens apresentadas em estudos diversos, Ullah *et al.* (2021) dizem que embora haja enormes benefícios para a mitigação climática, em virtude das energias

renováveis, não se pode deixar de atestar a existência de desvantagens que dificultam a utilização delas, como o fornecimento não confiável de eletricidade imposto pelos recursos climáticos flutuantes e exemplifica: irradiação solar e velocidade do vento, resultando em baixa satisfação do cliente; alto custo inicial e longo retorno do investimento; limitações geográficas, relacionadas à necessidade de uma grande área de terreno para capturar luz solar e energia eólica suficientes para produção da quantidade de eletricidade desejada.

A desvantagem decorrente da natureza intermitente das fontes de energias renováveis, para comunidades que estão distantes da rede, também é apontada por Odou, Bhandari e Adamou (2020), ao tratarem do processo de eletrificação rural para Benin, na África, além de Bamisile *et al.* (2021), no estudo na Nigéria, também no continente africano, que apontam a incapacidade de fornecimento de energia durante 24h, sem um sistema de armazenamento adequado.

Além desses aspectos, é relevante considerar a viabilidade econômica, que precisa ser verificada, utilizando parâmetros de custos que envolvam não só o gasto do investimento inicial, mas também os custos de operação e manutenção do sistema, fixos e variáveis. (Bamisile *et al.*, 2021).

Sobre isso, Afgan, Carvalho e Hovanov (2000), na década de 90, já tratavam, ao dizerem que a sustentabilidade energética precisa ser medida através de indicadores, basear-se em informações oportunas e confiáveis e refletir uma visão estratégica para otimizar o sistema de energia. Para Ahmad e Tahar (2014), não há recurso energético que sozinho satisfaça simultaneamente critérios técnicos, econômicos, ambientais e sociais. Isso torna a decisão difícil, então um modelo que evidencie informações qualitativas e quantitativas auxiliará neste processo.

Buscam-se, então, alternativas para o alcance da eficiência energética, utilizando fontes de energia renováveis, que reduzam os gases de efeito estufa e de dióxido de carbono e que atendam as demandas da população. Máximo (2014) classifica a hidrelétrica, eólica e solar como as tecnologias de geração mais sustentáveis e também defende o uso de modelos multipilares na avaliação das dimensões ambiental, econômica e social do processo energético.

Percebe-se, portanto, que a eficácia das estratégias implementadas para mitigação dos efeitos danosos, no viés da sustentabilidade ambiental, será avaliada ao longo do tempo (Bamisile *et al.*, 2021), contudo, o planejamento e a construção de cenários, no estudo e na caracterização das áreas a serem utilizadas na implantação de energias renováveis, são elementos vitais para a redução das desvantagens apresentadas na escolha da fonte de energia que mais se adéqua ao local.

No que se refere aos impactos vinculados ao uso da energia solar, alguns autores consideram-na a tecnologia mais limpa para a produção de eletricidade, superando outras tecnologias existentes, tendo em vista o potencial de recursos, o menor impacto ao meio ambiente e maior aceitação pública, muito embora tenha um custo inicial elevado (Ahmad; Tahar, 2014). Há autores que evidenciam que os custos de operação são mais dispendiosos para as centrais solares, eólicas e hidroelétricas (Burkhardt; Heath; Turchi, 2011).

Outros estudiosos da área entendem que os benefícios gerados, nos contextos ambientais e sociais, superam os custos de implantação e operação das usinas solares, visto que, tanto as energias solares quanto as eólicas estão disponíveis e são amigas do ambiente (Dagdougui *et al.*, 2012). Associado a isto, Bartie *et al.* (2021) comentam que novos modelos de negócios e novas tecnologias voltadas a energia solar fotovoltaica devem se concentrar em redução de custos, pela eficiência no processo de conversão de energia, associada a análise do ciclo de vida do produto, com estudos sobre a reutilização das placas fotovoltaicas, tratamento de resíduos gerados, avaliando as várias dimensões da sustentabilidade da energia solar.

No processo de caracterização das áreas para implantação de energias renováveis, incluindo a energia solar, percebe-se que boa parte dos artigos analisados não trata deste aspecto relacionado a busca de uma localização adequada e áreas que colaborem para minorar as desvantagens do processo e as externalidades negativas. Praticamente, 50 % dos artigos não apresentam nenhuma informação relacionada à caracterização de tais áreas. Os demais tratam de forma superficial.

Em relação às usinas que envolvem a produção de energia solar ou fotovoltaica, é necessário observar dados meteorológicos e o potencial de energia solar para a área, sendo que os aspectos destacados por alguns artigos, que precisam ser observados, são os seguintes: dados meteorológicos da área, como temperatura, umidade, potencial solar, velocidade e direção do vento; potencial solar, incluindo radiação global, irradiação solar diária, mensal e anual, irradiância normal direta (DNI) e cálculo do índice de claridade; proximidade com a rede elétrica; preferência por áreas remotas e descentralizadas; demanda de carga da região; dados de longitude e latitude da área considerada; uso de ferramentas de SIG e monitoramento feito por estação meteorológica.

Dentre as iniciativas relatadas nos textos pesquisados, destacam-se dois estudos feitos em áreas distintas, na Malásia (Malásia Peninsular e Estação Klia), um em Milão (Itália), um no município de Ghulam Shah (Paquistão) e outro na Nigéria (África), nos quais há um detalhamento maior dos dados usados como parâmetro de análise. A procura por eletricidade na Malásia aumentou, de forma expressiva, nos últimos anos (4,5% ao ano), sobretudo pelo

intenso desenvolvimento econômico e crescimento populacional. A Malásia tem abundante potencial de energia renovável, com maior radiação solar global em sua posição geográfica (Shezan *et al.*, 2016). Tem cerca de 12h de luz solar diária, com irradiação solar diária de 4,21–5,56 kwh/m<sup>2</sup> (Ahmad; Tahar, 2014), estes são, portanto, fatores que colaboram para o aumento de geração de energia renovável na região.

Em Milão, as condições ambientais foram monitoradas por uma estação meteorológica, sendo utilizada uma base de dados europeia (Dolara *et al.*, 2013) de radiação solar e dados climáticos integrados ao Sistema de Informação Geográfica Fotovoltaica (PVGIS). No Paquistão, município de Ghulam Shah, Ullah *et al.* (2021) destacam o uso de Sistemas de Informação Geográficas - SIG, associado ao AHP, no estudo de locais adequados para hospedar parques fotovoltaicos. Bamisile *et al.* (2021) apresentam o modelo EnergyPLAN, utilizado na Nigéria, como instrumento para investigação das áreas e para determinação da combinação tecnológica ideal para configuração do sistema energético local.

Contudo, no aspecto referente às políticas públicas, embora as iniciativas apresentadas permitam inferir uma preocupação dos gestores em buscar alternativas para superar ou mitigar os efeitos da crise energética, através da implantação de energias renováveis, não há, de forma evidente nestes estudos, definições de políticas públicas concretas. Planos neste sentido devem existir, mas os trabalhos não os expõem. Há comentários sobre a necessidade de incentivos governamentais, com proposição de subsídios ou subvenções para reduzir os custos de investimentos (Odou; Bhandari; Adamou, 2020). Dagdougui *et al.* (2012) abordam a necessidade, de países desenvolvidos ou não, de implementarem políticas para melhorar a eficiência energética.

Ulllah *et al.* (2021) citam que barreiras fiscais, políticas, técnicas e sociais têm dificultado a implantação de energias renováveis no Paquistão, destacando que há uma grave crise energética no país, o que levou o governo a implementar, de forma rápida e eficiente, energias renováveis. No estudo, sugere-se a criação de um plano de investimento prioritário para disseminar energias renováveis e gerar iniciativas de crescimento verde para mitigação do carbono.

Políticas de estímulo, através de benefícios fiscais, tarifas fed-in, adoção de medidas operacionais e regulamentares, concretização de acordo verde entre os países e foco nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS são exemplos de políticas públicas energéticas citadas nos estudos investigados (Bartie *et al.*, 2021).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O artigo em questão se propôs a analisar o processo de implantação de energias renováveis, tendo como foco de estudo a energia solar, verificando a evolução e as tendências deste aspecto, sob a ótica da sustentabilidade energética. Para isso, foi feita uma análise bibliométrica com elementos de revisão sistemática, a partir de buscas geradas na base Scopus, utilizando uma abordagem estatística com organização dos dados em gráficos, quadros e figuras geradas, sobretudo no Vosviewer e no Bibliometrix.

Verificou-se que a sustentabilidade energética não é um conceito novo, mas vem evoluindo ao longo do tempo, especialmente pela agregação e expansão de novas tecnologias na geração de energia, a exemplo da eólica, solar, biomassa e hidrogênio verde, desde a década de 1990, até os dias atuais. Destacam-se temas emergentes vinculados, especialmente, a busca da sociedade pela redução dos gases de efeito estufa e do CO<sub>2</sub>, que afetam sobremaneira o clima e o meio ambiente. Pesquisadores de várias partes do mundo têm buscado e proposto alternativas que contribuem para a redução dos impactos negativos ao meio ambiente, associado ao alcance de uma estrutura energética limpa e renovável, em comunidades diversas.

Os estudos avaliados evidenciaram vantagens no uso de energias limpas e renováveis, diante das externalidades geradas em níveis sociais, ambientais e econômicos, que colaboram para a sustentabilidade energética, muito embora políticas públicas contundentes e efetivas precisam ser criadas e implementadas, visto que se comenta muito sobre a necessidade de alcançar os ODS, de se promover acordos verdes, de reduzirem tributos e taxas de financiamento para energias renováveis, mas sem uma efetividade destas propostas.

Em relação ao processo de implantação de parques solares, há que se estabelecer com cautela e científicidade os critérios para a escolha de locais adequados geograficamente, diante das características das áreas, além de se avaliar com maior profundidade os impactos positivos e negativos gerados, nos contextos social, econômico e ambiental. Não se identificou nos estudos um parâmetro criterioso e uniforme de avaliação das áreas, muito embora se estabeleçam alguns itens que devem ser observados, nas localidades estudadas, como índice de radiação, proximidade com a rede elétrica, priorização de áreas remotas mais distantes, por exemplo.

Além disso, destaca-se a importância de buscar alternativas de avaliação dos impactos gerados, criando novos métodos ou aperfeiçoando os já existentes, como a avaliação do ciclo de vida e a análise multicritério, os quais são muito usados nos artigos verificados, visto que não basta apenas identificar os impactos, é preciso evidenciá-los e avaliá-los adequadamente, a

fim de contribuir para a tomada de decisão e para a gestão do processo energético, no contexto da sustentabilidade.

Desta forma, entende-se que a integração das energias renováveis, especialmente a energia solar, pode contribuir para o desenvolvimento sustentável, mitigando as emissões de gases de efeito estufa, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis e promovendo o bem-estar social e econômico.

## REFERÊNCIAS

- AFGAN, N.; CARVALHO, M. G.; HOVANOV, N. *Energy system assessment with sustainability indicators*. **Energy Policy**, v. 28, n.9, p. 603-612, jul. 2000.
- AHMAD, S.; TAHAR, R. *Selection of renewable energy sources for sustainable development of electricity generation system using analytic hierarchy process: a case of Malaysia*. **Renewable Energy**, [S.l.], v.63, p. 458-466, 2014.
- BAMISILE, O.; BABATUNDE, A.; ADUN, H.; YIMEN, N.; MUKHTAR, M.; HUNAG, Q.; HU,W. *Electrification and renewable energy nexus in developing countries; an overarching analysis penetration of hydrogen production and electric vehicles integrality in renewable energy*. **Energy Conversion and Management**, [S.l.], v.2, 36, n.114023, maio 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/journal/energy-conversion-and-management/vol/236/suppl/C>. Acesso em: 10 ago. 2023.
- BARTIE, N.; COBOS-BECERRA, Y.; FROHLING, M. SCHLATMANN, R.; REUTER, M. *The resources, exergetic and environmental footprint of the silicon photovoltaic circular economy: Assessment and opportunities*. **Resources, Conservation and Recycling**, [S.l.], v. 169, n.105516, jun.2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344921001233>. Acesso em: 10 ago. 2023.
- BIBLIOMETRIX. Disponível em: <https://www.bibliometrix.org/home/>. Acesso em: 10 ago. 2023.
- BURKHARDT, J.; HEATH, G.; TURCHI, C. *Life Cycle Assessment of a Parabolic Trough Concentrating Solar Power Plant and the Impacts of Key Design Alternatives*. **Environmental Science and Technology**, [S.l.], v. 45, n. 6, p. 2457-2464, 2011.
- BUSHUR, A. ; WARD, K.; FLAHAVEN, T; JO, J.H. ; ALDEMAN, M. Avaliação técnico-econômica da instalação de infraestrutura combinada de EV e PV em estacionamentos de instituições acadêmicas em Illinois, EUA. **Energia AIMS Press**, [S.l.], v.7, n.1, p.31-45, 2019. DOI 10.3934/energia.2019.1.31.
- DAGDOUGUI, H.; MINCIARDI, R.; AHMED, O; ROBBA, M. SACILE, R. *Modeling and optimization of a hybrid system for the energy supply of a green building*. **Energy Conversion and Management**, [S.l.], v. 64, p. 351-363, dez. 2012.
- DESIDERI, U. , PROIETTI, S. , SDRINGOLA, P. , TATICCHI, P; CARBONE, P. , TONELLI, F. Abordagem integrada a um complexo multifuncional: design sustentável, soluções construtivas e certificações. **Gestão da Qualidade Ambiental**, [S.l.], v.21, n.5, p. 659-679, 2010. DOI 10.1108/14777831011067944. Acesso em: 10 ago. 2023.

DESIDERI, U. , PROIETTI, S. , ZEPARELLI, F. , SDRINGOLA, P. , BINI, S. *Avaliação do Ciclo de Vida de uma central fotovoltaica de 1778kWp montada no solo e comparação com sistemas tradicionais de produção de energia.* **Applied Energy**, [S.l.], v. 97, p. 930-943, set. 2012. Disponível em: 10.1016/j.apenergy.2012.01.055. Acesso em: 10 ago. 2023.

DIAS, R. R.; DEPRÁ, M.C.; ZEPKA, L.Q.; JACOB\_LOPES. Estudo in silico de energia renovável híbrida em instalações de microalgas: um caminho para emissões líquidas zero. **Pesquisa de algas**, [S.l.], v. 63, abril.2022a. Disponível em: <https://doi-org.ez77.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.algal.2022.102661>. Acesso em: 10 ago. 2023.

DIAS, R. R.; DEPRÁ, M.C.; ZEPKA, L.Q.; SEVERO, I.A; JACOB\_LOPES, E. Substituição inteligente da matriz energética em instalações comerciais de microalgas: um caminho de transição para uma bioeconomia de baixo carbono. **Tecnologias e avaliações de energia sustentável**, [S.l.], v. 52, n. 102073, p.1-12, ago. 2022b, Disponível em: <https://doi-org.ez77.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.seta.2022.102073>. Acesso em: 10 ago. 2023.

DOLARA, A.; LAZAROIU, G.; LEVA, S.; MANZOLINI, G. *Experimental investigation of partial shading scenarios on PV (photovoltaic) modules.* **Energy**, [S.l.], v. 55, p. 466-475, 2013

MAXIMO. A. *Sustainability assessment of electricity generation technologies using weighted multi-criteria decision analysis.* **Energy Policy**, [S.l.], v.65, p. 284-297, 2014.

NASCIMENTO, Andreia R. da C.; GRZEBIELUCKAS, Cleci; SILVA JR, Luciênio; OLIVEIRA, Fabiana P. L. Lancelotti de. Externalidades ambientais positivas e negativas identificadas nos relatórios contábeis em uma indústria do setor frigorífico. **Revista Educação Ambiental em Ação**, [S.l.], v. 14, n. 53, 2019. Disponível em <http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=2116>. Acesso em: 10 ago. 2023.

ODOU, O.; BHANDARI, R.; ADAMOU, R. *Hybrid off-grid renewable power system for sustainable rural electrification in Benin.* **Renewable Energy**, [S.l.], v.145, p. 1266-1279, 2020.

SACHS, Ignacy. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. 4. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

SAIZ, S.; KENNEDY, C.; BASS, B.; PRESSNAIL, K. *Comparative Life Cycle Assessment of Standard and Green Roofs.* **Environmental Science and Technology**, [S.l.], v. 40, n. 13, p. 4312–4316, 2006.

SCIENCE DIRECT. **Renewable Energy**, [2023?]. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/journal/renewable-energy>. Acesso em 2023.

SCOPUS ELSEVIER. **Base Scopus**. [2023?]. Disponível em: <https://www-scopus.ez77.periodicos.capes.gov.br/search/form.uri?display=basic#basic>. Acesso em: 10 ago. 2023.

SHEZAN, S.; JULAI, S.; KIBRIA, M.; ULLAH, K.; SAIDUR, R.; CHONG, W.; AKIKUR, R. Performance analysis of an off-grid wind-PV (photovoltaic)-diesel-battery hybrid energy system feasible for remote áreas. **Journal of Cleaner Production**, [S.l.], v. 125, p. 121-132, 2016.

SUN, S.; KAZEMI-RAZI, S.; KAIGUTHA, L. MARZBAND, M. *Day-ahead offering strategy in the market for concentrating solar power considering thermoelectric decoupling by a compressed air energy storage.* **Applied Energy**, [S.l.; S.n.], 2022.

THANKAN, C., WINTERS, A., Jo, J.H., ALDEMAN, M. *Feasibility of applying Illinois Solar for All (ILSFA) to the Bloomington Normal Water Reclamation District. AIMS Energy*, Illinois State University, Estados Unidos, 2021. DOI 10.3934/energy.2021007.

ULLAH, Z.; ELKADEEM, M.; KOTB, M.; TAHA, I.; WANG, S. *Multi-criteria decision-making model for optimal planning of on/off grid hybrid solar, wind, hydro, biomass clean electricity supply. Renewable Energy*, [S.l.], v. 179, p. 885-910, 2021.

VOSVIEWER. **Visualizing Scientific Landscape**, [2023?]. Disponível em: <https://www.vosviewer.com/>. Acesso em: 10 ago. 2023.