

Fontes de energias renováveis: pesquisas, tendências e perspectivas sobre as práticas sustentáveis

Renewable energy sources: research, trends, and perspectives on sustainable practices

Fuentes de energía renovable: investigación, tendencias y perspectivas sobre prácticas sostenibles

Recebido: 09/08/2022 | Revisado: 19/08/2022 | Aceito: 20/08/2022 | Publicado: 29/08/2022

Raiane Sodré de Araújo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9065-2210>

Centro Universitário Estácio de Sergeipe, Brasil

E-mail: raianefisica@gmail.com

Flaviany Luise Nogueira de Sousa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4527-2811>

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Brasil

E-mail: flaviah015@gmail.com

Paulino Sousa Vanderley

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3028-932X>

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Brasil

E-mail: paulinomaria@unifesspa.edu.br

Suzana Oliveira da Silva Bentes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4148-0349>

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Brasil

E-mail: suzanasilva@unifesspa.edu.br

Luiz Moreira Gomes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4924-5450>

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Brasil

E-mail: luizmg@unifesspa.edu.br

Fernanda Carla Lima Ferreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1671-533X>

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Brasil

E-mail: fernacarlaluan@gmail.com

Resumo

O uso das fontes de energias renováveis em diversos campos do conhecimento   uma forte tendência global, isto graças às inúmeras vantagens socioecon micas e ambientais advindas a partir da ado o de práticas sustentáveis, que permitem promover um equilíbrio entre a preserva o do meio ambiente e o bem-estar da popula o atual e futura. O desenvolvimento de novas tecnologias a base de energia solar e eólica tem sido considerada uma das muitas soluço-chaves para atender a alta demanda energética mundial. Entretanto, apesar dos diversos benefícios relacionados   sustentabilidade, o panorama mundial mostra que ainda não temos um cenário tão sustentável e este ainda galga posi oes a passos lentos, por questões que incluem apoio financeiro do governo, incentivos   pesquisa, falta de conhecimento da popula o, uma visão sustentável dos empreendedores e entre outros fatores. Neste trabalho, realizou-se um estudo de uma revisão bibliográfica de natureza sistemática, para avaliar as principais medidas, tendências adotadas e uma maior compreensão sobre as fontes de energias renováveis. Algumas vantagens e desvantagens envolvendo as tecnologias solar e eólica são discutidas neste artigo, a fim de contribuir significativamente com a rela o das principais práticas e perspectivas acerca da gera o e produ o de energia a partir destas. Os resultados destes estudos apontam, que apesar dos investimentos feitos, espera-se mais investimentos em pesquisas e instala oes de parques eólicos e melhores condi oes de financiamento para adesão das placas solares e aerogeradores, visando superar as limita oes atuais da indústria de energia renovável, tendo em vista que este   um mercado que ainda necessita de explora oes e investimentos em novas pesquisas para ampliar essa grande área de estudo.

Palavras-chave: Fontes de energias renováveis; Práticas sustentáveis; Tecnologias solar e eólica.

Abstract

The use of renewable energy sources in various fields of knowledge is a strong global trend, thanks to the numerous socioeconomic and environmental advantages arising from the adoption of sustainable practices, which allow promoting a balance between the preservation of the environment and the well-being of people. being of the current and future population. The development of new technologies based on solar and wind energy has been considered one of the many key solutions to meet the high energy demand worldwide. However, despite the many benefits related to sustainability, the world scenario shows that we still do not have such a sustainable scenario and it is still climbing positions slowly,

due to issues that include financial support from the government, research incentives, lack of knowledge of the population, a sustainable vision of entrepreneurs and among other factors. In this work, a systematic literature review was carried out to assess the main measures, trends adopted, and a greater understanding of renewable energy sources. Some advantages and disadvantages involving solar and wind technologies are discussed in this article, to contribute significantly to the list of main practices and perspectives on the generation and production of energy from them. The results of these studies indicate that, despite the investments made, more investments are expected in research and installations of wind farms and better financing conditions for the adhesion of solar panels and wind turbines, aiming to overcome the current limitations of the renewable energy industry, considering given that this is a market that still needs exploration and investment in new research to expand this large area of study.

Keywords: Renewable energy sources; Sustainable practices, Solar and wind technologies.

Resumen

El uso de fuentes de energía renovables en diversos campos del conocimiento es una fuerte tendencia mundial, gracias a las numerosas ventajas socioeconómicas y ambientales que se derivan de la adopción de prácticas sostenibles, que permiten promover un equilibrio entre la preservación del medio ambiente y el bienestar de las personas. gente. ser de la población actual y futura. El desarrollo de nuevas tecnologías basadas en energía solar y eólica se ha considerado una de las muchas soluciones clave para satisfacer la alta demanda energética a nivel mundial. Sin embargo, a pesar de los muchos beneficios relacionados con la sostenibilidad, el escenario mundial muestra que aún no tenemos un escenario tan sostenible y sigue escalando posiciones lentamente, por cuestiones que incluyen apoyo financiero del gobierno, incentivos a la investigación, desconocimiento de la población, una visión sostenible de los empresarios y entre otros factores. En este trabajo se realizó una revisión sistemática de la literatura para evaluar las principales medidas, tendencias adoptadas y una mayor comprensión de las fuentes de energía renovables. En este artículo se discuten algunas ventajas y desventajas que involucran las tecnologías solar y eólica, para contribuir significativamente a la lista de las principales prácticas y perspectivas sobre la generación y producción de energía a partir de ellas. Los resultados de estos estudios indican que, a pesar de las inversiones realizadas, se esperan más inversiones en investigación e instalaciones de parques eólicos y mejores condiciones de financiación para la adhesión de paneles solares y aerogeneradores, con el objetivo de superar las limitaciones actuales de la industria de energías renovables. teniendo en cuenta dado que este es un mercado que aún necesita exploración e inversión en nuevas investigaciones para ampliar esta gran área de estudio.

Palabras clave: Fuentes de energía renovable; Prácticas sostenibles, Tecnologías solares y eólicas.

1. Introdução

Um dos grandes desafios para a sociedade neste século é garantir um futuro energético sustentável, devido a diversos fatores sociais, tecnológicos, econômicos e políticos que são inerentes ao progresso e a exploração de recursos naturais (Hosenuzzaman *et al.*, 2015; H. Liu *et al.*, 2022). Neste contexto, os temas relacionados à sustentabilidade e eficiência energética não se trata apenas da necessidade de oferecer uma demanda adequada de energia para atender as necessidades futuras, mas como fazê-la de modo que esteja em consonância com a preservação dos recursos naturais, que ofereça os serviços básicos com energia renovável a população que ainda não têm acesso e minimize os conflitos geopolíticos entre países, devido à alta demanda energética (Goldemberg & Chu, 2010).

Na natureza existem dois tipos de fontes de energia que são denominadas de renováveis e não-renováveis. As fontes de energia renováveis são aquelas que utilizam recursos que se regeneram na natureza, como a energia solar, eólica, hidrelétrica, biomassa e entre outras. Em contrapartida, as fontes de energia não-renováveis são as que utilizam recursos que se esgotam na natureza, como o uso de combustíveis fósseis (carvão mineral, gás natural e petróleo), é importante enfatizar que o uso intenso destas geram grandes impactos para o meio ambiente (Marques *et al.*, 2022).

Dentre as fontes de energia renováveis, as energias eólicas e solares merecem grande destaque. Está bem difundido na literatura, as medidas e práticas sustentáveis têm sido alvo de intensos investimentos mundialmente, sendo impulsionadas pela redução dos impactos socioeconômicos e ambientais, bem como a sua utilização como fontes alternativas de energia, as quais estão sendo progressivamente adaptada em inúmeras aplicações como geração de eletricidade e abastecimento de residências solares e rurais (Khan & Arsalan, 2016), bombeamento de água em cadeiras e irrigação de plantio (Balaji & Sudha, 2016; Okasha *et al.*, 2021; Silveira *et al.*, 2021), carregadores solares e baterias portáteis (Hu *et al.*, 2019; Hussein & Batarseh, 2011; Schuss *et al.*, 2014), transportes (Hu *et al.*, 2019; Manthiram *et al.*, 2013), iluminação Led Solar (Lee *et al.*, 2014; Sehwat *et al.*, 2021;

Teo *et al.*, 2017; Tsuei *et al.*, 2010), estradas solares (Khan & Arsalan, 2016), telecomunicações (Bünzli & Eliseeva, 2010), edifícios e construções (Usman *et al.*, 2022) e entre outros.

O território brasileiro possui características favoráveis para aplicação do uso de fontes renováveis de produção de energia, principalmente quando se refere às energias solar e eólica, em que a região nordeste é referência quando se trata dessas fontes de energia (EPE, 2021; Silva *et al.*, 2019). O Brasil apresenta uma matriz energética predominantemente renovável com a dominância da energia hidrelétrica, entretanto ainda é escasso na exploração de outras fontes renováveis, tais como solar e eólica (EPE, 2021). De acordo com o boletim anual, com referência ao ano de 2021, com relação às matrizes elétricas, pôde-se observar que o uso da energia eólica tem crescido consideravelmente no Brasil, devido às condições favoráveis para obtenção de bons níveis de geração de energia durante o ano todo. De acordo com os dados recentes Global Wind Report 2021, o Brasil é o maior produtor de energia eólica da América Latina e o 6º a nível mundial¹. A região Nordeste é o maior destaque do país disparadamente, especialmente os estados do Rio Grande do Norte, Bahia, Ceará e Sergipe (EPE, 2021).

Atualmente, o mundo enfrenta uma crise hídrica, devido à escassez de chuvas e por falta de ação rápida por parte dos governos, portanto a diversificação da matriz energética a nível global é de fundamental importância para suprir as demandas energéticas, tendo em vista que a construção de novas usinas hidrelétricas pode ocasionar inúmeros impactos ambientais, uma vez que estas provocam alterações no ecossistema, nos rios e até a extinção de animais, afetando também a vida da população local. Neste cenário, faz-se necessário um melhor entendimento acerca das fontes renováveis, suas principais características com relação aos fatores ambientais, sociais e tendências tecnológicas no que tange a diversificação das matrizes de energia.

2. Metodologia

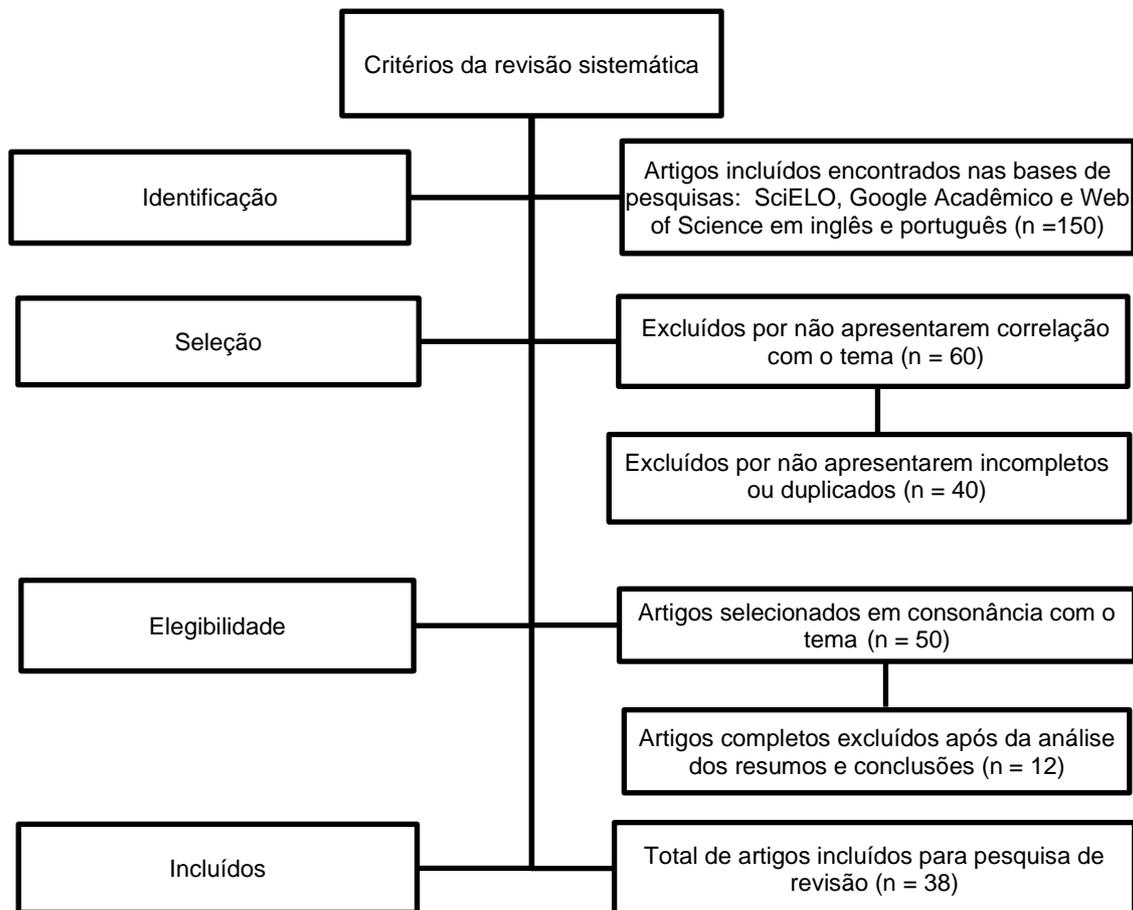
A metodologia utilizada no presente artigo, caracterizou-se por uma revisão bibliográfica de natureza sistemática, utilizando o método PRISMA (Moher *et al.*, 2009), como um critério para seleção da leitura dos artigos e a forma de exclusão e inclusão, baseada nas discussões por meio de uma análise dos resultados dos artigos investigados sobre os principais materiais e métodos de pesquisas envolvendo fontes de energias renováveis, tendências e perspectivas sobre as práticas sustentáveis. Os artigos selecionados foram encontrados em diferentes bases de dados científicos, a saber: *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), Google Acadêmico e *Web of Science*. Os descritores utilizados nas pesquisas, no idioma português e inglês, foram: “fontes de energia renovável”, “tecnologia em energia solar e eólica” e “aplicações das fontes de energia renováveis”.

Inicialmente realizou-se um levantamento bibliográfico elaborado através de artigos científicos e livros, somente foram incluídos os artigos no idioma inglês e português que possuíam nos títulos as palavras chaves citadas anteriormente, sendo estes revisados por pares e em revistas indexadas nos últimos 12 anos, entre 2010-2022. Também foram excluídos artigos que não abordam a temática de fontes de energia renovável e suas aplicações diretamente.

O principal intuito desta revisão foi avaliar algumas pesquisas e práticas sugeridas pelos autores visando a diversificação da matriz energética globalmente, bem como as aplicações envolvendo as fontes de energia renováveis solar e eólica. Aqui, buscou-se entender as relações entre as fontes de energias renováveis e seus aspectos gerais, tais como fatores científicos, tecnológicos, econômicos e políticos, sendo estes critérios importantes para a seleção dos artigos. Depois da aplicação dos critérios adotados, os artigos foram selecionados a partir da leitura dos títulos, resumos e conclusões. Após esta etapa, realizamos o estudo completo das literaturas selecionadas. Neste processo de seleção, obteve-se como resultado 38 artigos que foram incluídos nesta revisão, como esquematizado no fluxograma mostrado na Figura 1, que foram lidos e analisados na íntegra.

¹ Dados do relatório Global Wind Report 2021 <https://gwec.net/wp-content/uploads/2021/03/GWEC-Global-Wind-Report-2021.pdf>

Figura 1- Fluxograma da literatura pesquisada.



Fonte: Autores.

Para uma melhor visualização dos estudos selecionados no Quadro 1 estão inseridas as seguintes variáveis: autores/ ano do artigo; título e revistas indexadas. A finalidade desta pesquisa, trata-se de um estudo, na qual poderá contribuir para a difusão do conhecimento científico acerca do problema proposto.

Quadro 1: Trabalhos selecionados para discussão.

SELEÇÃO	AUTORES/ANO	TÍTULO DE ARTIGO	REVISTA
1	Tsuei, C.-H., Sun, W.-S., & Kuo, C.-C. (2010).	Hybrid sunlight/LED illumination and renewable solar energy saving concepts for indoor lighting	<i>Optics Express</i>
2	Bünzli, J.-C. G., & Eliseeva, S. V. (2010)	Lanthanide NIR luminescence for telecommunications, bioanalyses and solar energy conversion	<i>Journal of Rare Earths</i>
3	Lakatos <i>et al.</i> , (2011)	Advantages and disadvantages of solar energy and wind-power utilization	<i>World Futures</i>

4	Jelle, B. P., Breivik, C., & Røkenes, H. D. (2012)	Building integrated photovoltaic products: A state-of-the-art review and future research opportunities	<i>Solar Energy Materials and Solar Cells</i>
5	Manthiram, A., Fu, Y., & Su, Y.-S. (2013)	Challenges and prospects of lithium–sulfur batteries	<i>Accounts of Chemical Research</i>
6	Mekhilef, S., Faramarzi, S. Z., Saidur, R., & Salam, Z. (2013)	The application of solar technologies for sustainable development of agricultural sector	<i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i>
7	Lee <i>et al.</i> , (2014)	Organic materials for organic electronic devices	<i>Journal of Industrial and Engineering Chemistry</i>
8	Hosenuzzaman <i>et al.</i> , (2015)	Global prospects, progress, policies, and environmental impact of solar photovoltaic power generation	<i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i>
9	Machado, C. T., & Miranda, F. S. (2015)	Energia Solar Fotovoltaica: uma breve revisão.	<i>Revista Virtual de Química</i>
10	Sharma, S., Jain, K. K., & Sharma, A. (2015)	Solar cells: in research and applications—a review	<i>Materials Sciences and Applications</i>
11	Khan <i>et al.</i> , (2016)	Solar power technologies for sustainable electricity generation—A review	<i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i>
12	Alsharif <i>et al.</i> , (2018)	Opportunities and challenges of solar and wind energy in South Korea: A review	<i>Sustainability</i>
13	Settino <i>et al.</i> , (2018)	Overview of solar technologies for electricity, heating and cooling production.	<i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i>
14	Kabir <i>et al.</i> , (2018)	Solar energy: Potential and future prospects	<i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i>
15	Settino <i>et al.</i> , (2018)	Overview of solar technologies for electricity, heating and cooling production	<i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i>
16	Shamshirband, S., Rabczuk, T., & Chau, K.-W. (2019).	A survey of deep learning techniques: application in wind and solar energy resources.	<i>IEEE Access</i>
17	Hou <i>et al.</i> , (2019)	The applications of polymers in solar cells: A review.	<i>Polymers</i>
18	Liu <i>et al.</i> , (2019)	5% efficiency tandem organic solar cell based on a novel highly efficient wide-bandgap nonfullerene acceptor with low energy loss	<i>Advanced Energy Material</i>
19	Alim <i>et al.</i> , (2020)	Improving performance of solar roof tiles by incorporating phase change material	<i>Solar Energy</i>
20	Kim <i>et al.</i> , (2020)	High-efficiency perovskite solar cells	<i>Chemical Reviews</i>
21	Stančin <i>et al.</i> , (2020)	A review on alternative fuels in future energy system	<i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i>

22	Lima <i>et al.</i> , (2021)	Sustainability in the construction industry: A systematic review of the literature	<i>Advanced Energy Materials</i>
23	Sandoval Aguilar, R., & Michaelides, E. E. (2021).	Microgrid for a Cluster of Grid Independent Buildings Powered by Solar and Wind Energy.	<i>Applied Science</i>
24	Jiang <i>et al.</i> , (2021)	Impacts of COVID-19 on energy demand and consumption: Challenges, lessons and emerging opportunities	<i>Applied Energy</i> ,
25	Sehrawat <i>et al.</i> , (2021)	Highly efficient green-glimmering Y ₃ Al ₅ O ₁₂ : Er ³⁺ NPs for next generation electro-optic appliances, mainly white-LEDs and solar-cells	<i>Chemical Physics Letters</i>
26	Hoang <i>et al.</i> , (2021)	Impacts of COVID-19 pandemic on the global energy system and the shift progress to renewable energy: Opportunities, challenges, and policy implications	<i>Energy Policy</i>
27	Efaz <i>et al.</i> , (2021)	Energy conversion strategies for wind energy system: Electrical, mechanical and material aspects	<i>Engineering Research Express</i>
28	Silveira <i>et al.</i> , (2021)	Comparative study of drip irrigation systems using indooramorphous photovoltaic panels	<i>Research, Society and Development</i>
29	Costa Ridelensky, M. (2021)	A sustentabilidade ambiental de projetos de sucesso com diferentes alternativas de energia	<i>Research, Society and Development</i>
30	Rahman <i>et al.</i> , (2022)	Powering agriculture: Present status, future potential, and challenges of renewable energy applications	<i>Renewable Energy</i> ,
31	Barroso <i>et al.</i> , (2022)	Aspectos gerais sobre a viabilidade de instalação de Energia Eólica no Brasil	<i>Research, Society and Development</i>
32	Gasparin <i>et al.</i> , (2022)	A Influência de Políticas Públicas para o Progresso da Geração Solar Fotovoltaica e Diversificação da Matriz Energética Brasileira	<i>Revista Virtual de Química</i>
33	Kim <i>et al.</i> , (2022)	Conformal quantum dot–SnO ₂ layers as electron transporters for efficient perovskite solar cells	<i>Science</i>
34	Liu <i>et al.</i> , (2022)	Impact of Green financing, FinTech, and financial inclusion on energy efficiency	<i>Environmental Science and Pollution Research</i>
35	Chaudhuri <i>et al.</i> , (2022)	A review of major technologies of thin-film solar cells	<i>Materials</i>
36	Handore <i>et al.</i> , (2022)	Bioconcrete: the promising prospect for green construction.	<i>Ecological and Health Effects of Building Materials</i>
37	Chaudhuri <i>et al.</i> , (2022)	Energy conversion strategies for wind energy system: Electrical, mechanical and material aspects.	<i>Materials</i>

38	Usman <i>et al.</i> , (2022)	A review of metal-organic frameworks/graphitic carbon nitride composites for solar-driven green H ₂ production	<i>Journal of Environmental Chemical Engineering</i>
----	------------------------------	---	--

Fonte: Autores.

3. Resultados e Discussão

3.1 Panorama energético e indicadores das fontes de energia renovável

Devido ao grande impacto ocasionado pela COVID-19, diversos setores da indústria enfrentaram grandes desafios, no setor de energia foi observado uma redução expressiva na demanda por novos projetos, devido aos fortes impactos econômicos (Hoang *et al.*, 2021; Jiang *et al.*, 2021). Em virtude disso, diversos projetos foram interrompidos por problemas de abastecimento e atrasos no envio de suprimentos, bem como com o aumento global nos preços da matéria prima, que provocou o aumento dos preços dos componentes básicos para geração de energia eólica e solar (REN21, 2022). Entretanto, apesar das dificuldades impostas pela pandemia, este setor alcançou posições importantes com relação a capacidade de geração de energia global (Hoang *et al.*, 2021; REN21, 2022).

No Quadro 2, realizamos uma comparação das capacidades globais de energia entre os diferentes setores de energia entre os anos de 2019 e 2021 obtidos na base de dados da *Renewable Energy Policy Network for the 21st century* (REN21). Como pode-se observar, no ano de 2021, houve uma maior diversificação na matriz energética com relação aos anos de 2019 e 2020. Como esperado ainda há uma grande predominância das fontes de energias e tecnologias a partir de hidrelétricas, entretanto, os indicadores mostram que este setor teve um aumento de apenas 2%. No setor energético, a energia hidrelétrica foi a mais afetada, devido à crise hídrica e a seca em vários países de referência na produção de energia a partir desta fonte de energia. Em contrapartida, no ano de 2021, as fontes de energia solar e eólica obtiveram um aumento significativo de aproximadamente 22% e 12%, respectivamente. Por outro lado, as demais fontes de energia obtiveram um aumento menos expressivo e até mesmo estável para os setores de geotérmica, concentração de energia solar térmica e oceânica.

Quadro 2: Indicadores de energia renovável entre os anos de 2019 e 2021 e a capacidade global de energia entre diferentes setores de energia renovável (Unidade: GW). Adaptada de (REN21, 2022)

Capacidade de energia	Anos		
	2019	2020	2021
Fonte de energia renovável total	2581	2840	3146
Hidrelétrica	1150	1168	1195
Solar Fotovoltaica (FV)	621	767	942
Eólica	650	745	845
Bioenergia	137	133	143
Geotérmica	14.0	14.2	14.5
Concentração de energia solar térmica	6.1	6.2	6.0
Energia oceânica	0.5	0.5	0.5

Fonte: Autores.

Com base nos estudos reportados por Hoang *et al.*, (2021) e, também, dados obtidos na base de dados da REN21 com referência ao ano de 2019, tomando como base as taxas de crescimento para geração de eletricidade a partir de diferentes recursos

de energia renovável em 2020 em comparação com 2019, apresentou uma queda notável. Neste mesmo artigo, os autores atribuem esse crescimento em 2020 com as experiências adquiridas com o desdobramento da pandemia, as quais provavelmente contribuíram para um aumento crescente da participação ativa das fontes de energia renovável entre a capacidade de geração global em um futuro próximo (Hoang *et al.*, 2021). Como este resultado, fica evidente que a geração de eletricidade utilizando fontes renováveis tem atendido uma grande parte do crescimento da demanda mundial de eletricidade. Em 2021, teve investimento total de US\$ 365.9 bilhões e 315 GW de capacidade de energia adicional, portanto, houve um aumento significativo em 2021, atingindo um novo recorde, impulsionado especialmente pela expansão da energia solar fotovoltaica e eólica.

3.2 Panorama energético das fontes de energia renováveis

Segundo os dados reportados no relatório anual da REN21 (2022), o mercado global fotovoltaico vem crescendo de forma exponencial desde o ano de 2012, onde a capacidade instalada de energia fotovoltaica alcançou no ano de 2021 um número maior que 942 GW, enquanto em 2020 e 2019 foram de 760 GW e 623 GW, com estes dados fica evidente o aumento da capacidade de geração da energia solar. No Quadro 3 estão listados os cinco países com melhores desempenhos de acordo com sua capacidade energética em ordem decrescente encontram-se China, Estados Unidos, Índia, Japão e Brasil. Este resultado mostra que o Brasil tem se tornado cada vez mais competitivo no campo da geração de energia limpa. Todavia, o território brasileiro ainda tem um enorme potencial de crescimento, haja vista o investimento em fontes de energia renovável é uma tendência mundial, visando a diversificação da matriz energética e redução dos impactos ambientais.

Quadro 3: Ranking global de 2021 para a capacidade de geração de energia solar.

Ranking mundial	Nome do País	Total da capacidade energética (MW)
1	China	54.9
2	Estados Unidos	29.9
3	Índia	13.9
4	Japão	6.5
5	Brasil	5.5

Fonte: Autores.

De acordo com os dados apresentados no boletim da REN21, a geração de energia eólica também expandiu de forma exponencial nos últimos 10 anos. Estima-se que a capacidade instalada globalmente de energia eólica encerrou o ano de 2021 com um número maior que 845 GW, enquanto nos anos de 2020 e 2019 foram de 745 GW e 650 GW, respectivamente. No Quadro 4 estão apresentados os cinco países com melhores desempenhos de acordo com sua capacidade energética em ordem decrescente, China, Estados Unidos, Brasil, Vietnã, Reino Unido. Estes dados mostram que a capacidade de energia eólica em operação em todo o mundo contribuiu para geração total de eletricidade em 2021. De acordo com os dados recentes Global Wind Report 2021, o Brasil é o maior produtor de energia eólica da América Latina e o 6º a nível mundial². É sabido que o território brasileiro possui características favoráveis para aplicação do uso de fontes renováveis e na produção de energia, principalmente quando se refere às energias solar e eólica.

² Dados do relatório Global Wind Report 2021 <https://gwec.net/wp-content/uploads/2021/03/GWEC-Global-Wind-Report-2021.pdf>

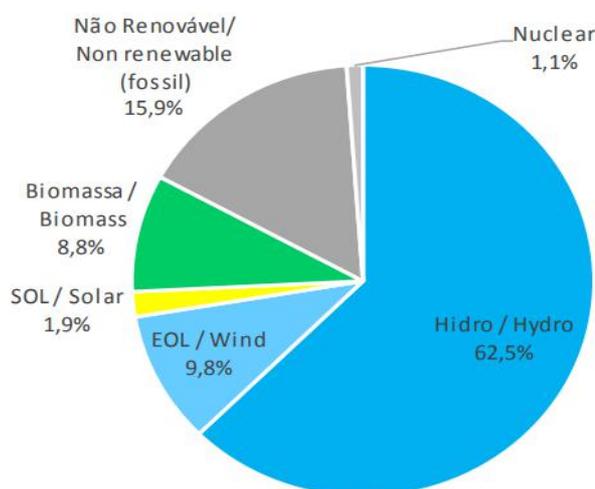
Quadro 4: Ranking global de 2021 para a capacidade de geração de energia eólica. Adições Anuais, 2011-2021

Ranking mundial	Nome do País	Total da capacidade instalada (GW)
1	China	55,9
2	Estados Unidos	13,4
3	Brasil	3,8
4	Vietnã	3,5
5	Reino Unido	2,6

Fonte: Autores.

A matriz energética brasileira é predominantemente renovável com a dominância da energia hidrelétrica, entretanto, ainda é escassa na exploração das outras fontes renováveis (EPE, 2021; da Costa Ridelensky, M. 2021). De acordo com o boletim anual do balanço Energético Nacional, com referência ao ano de 2020, como ilustrado na Figura 1, em relação às matrizes energéticas, a fonte hidráulica corresponde a 62,5%, seguida pela eólica (9,8%), biomassa (8,8%), solar (1,9%), nuclear (1,1%) e fontes não renováveis (15,9%) (EPE, 2021). Como pôde-se observar, o uso da energia eólica tem crescido consideravelmente no Brasil, devido às condições favoráveis para obtenção de bons níveis de geração de energia durante o ano todo. A região Nordeste é o maior destaque do país disparadamente, especialmente os estados do Rio Grande do Norte, Bahia e Ceará.

Figura 1 - Matrizes energéticas brasileiras (EPE 2021).



Fonte: Boletim do balanço Energético Nacional (2021)³.

Recentemente, Barroso *et.al.*, (2022) reportaram em seus estudos os aspectos gerais da viabilidade econômica da energia eólica no Brasil, neste trabalho os autores reforçam que a eólica é uma das fontes renováveis mais prósperas quando analisada a nível mundial, ademais, a nível nacional, no Brasil já estão instalados 52 parques eólicos no país, que são responsáveis por uma geração de 1.298,6 MW de potência

Segundo o boletim anual da ABEEólica (2021), a energia eólica no ano de 2021 alcançou 795 usinas e 21,57 GW de potência eólica instalada, o que representou um crescimento de 21,53% de potência em relação a dezembro de 2020, quando a

³ Dados do balanço energético nacional ano 2021:

<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-596/BEN2021.pdf>
Acesso: 13 de maio de 2022.

capacidade instalada era de 17,75 GW. Além disso, foram instalados 110 novos parques eólicos e 1 foi revogado, com um total de 3,83 GW de nova capacidade, sendo estes resultados recordes de instalação para a eólica no Brasil (ABEEólica, 2021).

3.3 Vantagens e desvantagens da utilização das fontes de energia solar e eólica

A utilização da energia solar e eólica comportam numerosas vantagens quando comparadas com as energias tradicionais e mesmo em comparação com outros tipos de energias renováveis, devido ao seu desenvolvimento rápido. A nível tecnológico, nos últimos anos foram feitos progressos consideráveis para uma série de novas tecnologias (Alsharif *et al.*, 2018; Settino *et al.*, 2018). No Quadro 5, destacou-se de forma sucinta algumas vantagens e desvantagens de ambas as fontes de energia, de acordo com as referências (Lakatos *et al.*, 2011; Muneer *et al.*, 2022; Rahman *et al.*, 2022). Portanto, ambas as formas de energia apesar das limitações, possuem inúmeros benefícios para a sociedade, que vão desde a redução do uso de combustíveis fósseis até à geração de empregos, bem como o uso de tecnologia moderna (Kabir *et al.*, 2018).

Quadro 5: Vantagens e desvantagens das fontes de energias solar e eólica.

Fontes de energia	Solar	Eólica
Vantagens	<ul style="list-style-type: none">• Energia renovável e sustentável;• Manutenção mínima dos painéis solares;• Economicamente viável;• Agrega valor ao imóvel;• Ocupa menos espaço;• Livre das alterações de taxas;• Excelente vida útil;• Economia de até 95% da conta de luz.	<ul style="list-style-type: none">• Energia renovável e sustentável;• Manutenção mínima das turbinas eólicas ou aerogeradores (a cada seis meses);• Geração de renda e melhores condições, devido ao arrendamento de terras;• Reduz a elevada dependência energética do exterior;• Excelente rentabilidade.
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none">• Variação do clima;• Altos custos de aquisição;• Necessita de incidência solar;• Pouco incentivo do governo.	<ul style="list-style-type: none">• Impacto visual e sonoro considerável;• Altos custos para implantação;• Intermitência dos ventos,• Pouco incentivo do governo.

Fonte: Autores.

3.4 Tecnologias, tendências e perspectivas sustentáveis utilizando as fontes de solares e eólicas

Inúmeros desafios foram superados desde o desenvolvimento de novos materiais e tecnologias até a implantação de parques eólicos e painéis solares (Gasparin, 2022; Hosenuzzaman *et al.*, 2015). Diversos pesquisadores têm se dedicado ao estudo de novos materiais para aumentar a eficiência das pás das turbinas eólicas e das células solares (Muneer *et al.*, 2022), sendo estas direcionadas para uma gama de aplicações em diferentes ramos, como construção civil sustentável (Alim *et al.*, 2020; Lima *et al.*, 2021; Usman *et al.*, 2022; Sandoval Aguilar & Michaelides, 2021), tecnologias emergentes (Alsharif *et al.*, 2018; Manthiram *et al.*, 2013; Wen *et al.*, 2020), telecomunicações (Bünzli & Eliseeva, 2010; Ye *et al.*, 2014), agricultura (Mekhilef *et al.*, 2013; Silveira *et al.*, 2021; Rahman *et al.*, 2022) e entre outros (Settino *et al.*, 2018; Shamsirband *et al.*, 2019).

Nas últimas décadas, diversas pesquisas têm sido realizadas para o desenvolvimento de novos materiais e na produção das células fotovoltaicas, com o crescente aumento das pesquisas estas podem ser distinguidas em primeira, segunda, terceira e quarta geração (Hou *et al.*, 2019; Sharma *et al.*, 2015). A última geração envolve tecnologias emergentes utilizando materiais como perovskitas como principal percurso para o aumento de eficiência energética das células. Estes materiais têm sido alvo de

pesquisa para essa finalidade desde o ano de 2012, o artigo de revisão reportado por Kim *et al.*, (2020) enumera diversos estudos de células a base de perovskitas, com eficiência energética de 9,7% para 25,2% em menos de 10 anos, motivados pelo alto desempenho desses dispositivos foi encontrado devido às suas propriedades optoeletrônicas superiores, como alto coeficiente de absorção, longa vida útil dos portadores de carga (J. Y. Kim *et al.*, 2020). Também fazem parte da quarta geração os compostos orgânicos (G. Liu *et al.*, 2019; Martin-Ramos & Ramos-Silva, 2018; Mishra & Bäuerle, 2012), filmes finos (Aberle, 2009; Efaz *et al.*, 2021) e Quantum dots (M. Kim *et al.*, 2022; Rühle *et al.*, 2010).

Um dos campos que tem recebido grande destaque científico é a construção civil sustentável, devido a inserção de práticas ecológicas e soluções tecnológicas inteligentes, que permitem auxiliar na redução dos impactos sociais e ambientes, como o bom uso e a economia de água e de energia, diminuição das emissões de dióxido de carbono com o intuito de oferecer o bem-estar para a sociedade nos moldes atuais e futuros. Em países desenvolvidos, os edifícios consomem mais da metade da energia produzida e, conseqüentemente, produzem mais da metade dos gases que influenciam as mudanças climáticas (Machado & Miranda, 2015; Sandoval Aguilar & Michaelides, 2021). Diferentes métodos e práticas podem ser adotados para tornar a construção civil sustentável, como a escolha de fontes de energia renováveis, materiais e tecnologias eficientes podem desempenhar um papel importante na redução dos desgastes ambientais (Handore *et al.*, 2022; Lima *et al.*, 2021). Desse modo, a inclusão da sustentabilidade nos empreendimentos é uma excelente alternativa contra o enorme uso de energia e materiais que causam a produção de energia em excesso e a emissões de gases poluentes (Jelle *et al.*, 2012; Stančin *et al.*, 2020).

Outro setor que também tem impulsionado o desenvolvimento de tecnologias e o uso de fontes de energias renováveis disponíveis é a agricultura, devido à alta produção total de energia global, os quais requerem sistemas de conversão de energia modernos (Lakatos *et al.*, 2011). A energia na agricultura pode ser usada para diversas aplicações, tais como iluminação, irrigação, transporte, aquecimento/resfriamento e produção de fertilizantes, tornando-se necessário o uso de tecnologia de ponta e um alto grau de automação (Rahman *et al.*, 2022).

Desse modo, é uma tendência global o desenvolvimento de novas pesquisas e dispositivos optoeletrônicos para suprir as necessidades existentes adotando projetos inovadores, incluindo fontes de energia solar, eólica e hídrica, que se tornaram cada vez mais atraente para minimizar os impactos ambientais, sociais e econômicos, devido ao aumento dos altos custos da energia, rentabilidade e competitividade (Chaudhuri *et al.*, 2022; Stančin *et al.*, 2020).

4. Considerações Finais

A utilização de tecnologias a partir das fontes de energias sustentáveis como solar e eólicas tem se tornado estabelecidas e populares mundialmente em diversos campos de pesquisas. É notório os investimentos feitos até a presente data, todavia, espera-se maiores investimentos em pesquisas e instalações de parques eólicos e melhores condições de financiamento para adesão das placas solares, visando superar as limitações atuais da indústria de energia renovável. Atualmente, há uma série de novos projetos, pesquisas e tecnologias emergentes envolvendo energias solares e eólicas, isto é, uma tendência global. Entretanto, é um enorme mercado que ainda necessita de mais explorações, investimentos em novas pesquisas para contribuir com essa área de estudo. O ano de 2021, foi um período em que a energia eólica e solar acumularam bons resultados mundialmente, apesar de todas as adversidades de um ano tão atípico, sendo assim, é esperado uma melhora significativa para as próximas décadas, visando superar as limitações atuais da indústria de energia renovável, uma vez que este é um mercado promissor, que ainda necessita de inúmeros incentivos, explorações e novas pesquisas.

Para trabalhos futuros, recomenda-se um levantamento de dados e um estudo de viabilidade econômica sobre as práticas sustentáveis na construção civil, abordando o uso tecnologias para suprir a alta demanda da eficiência energética mundial e reduzir os impactos ambientais, devido adoção de formas de geração cada vez mais sustentáveis, tais como o uso de lâmpadas

eficientes e inteligentes (LED) e painéis solares residenciais unifamiliar e multifamiliar. Outra recomendação é o desenvolvimento de telhas solares a partir de resíduos encontrados nos canteiros de obras, que ainda não está bem difundido no Brasil e, portanto, essa temática merece uma maior atenção por parte dos pesquisadores e empreendedores no campo da construção civil.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e à FAPESPA (Termo de Outorga n. 046/2021), pelo aporte financeiro.

Referências

- ABEEólica. (2021). *Associação Brasileira de Energia Eólica e Novas Tecnologias*. Boletim anual. <https://abeeolica.org.br/energia-eolica/dados-abeeolica/>
- Aberle, A. G. (2009). Thin-film solar cells. *Thin Solid Films*, 517(17), 4706–4710.
- Alim, M. A., Tao, Z., Abden, M. J., Rahman, A., Samali, B. (2020). Improving performance of solar roof tiles by incorporating phase change material. *Solar Energy*, 207, 1308–1320.
- Alsharif, M. H., Kim, J., Kim, J. H. (2018). Opportunities and challenges of solar and wind energy in South Korea: A review. *Sustainability*, 10(6), 1822.
- Balaji, V. R., & Sudha, M. (2016). Solar powered auto irrigation system. *International Journal of Emerging Technology in Computer Science & Electronics (IJETCSE)*, 20(2), 203–206.
- Barroso, L. L., Oliveira, M., Galvão, M. E. M., Silva, G. J., Cunha, D., Silva, L. S., Cristo, J. P., Antunes, G.N. Cabral, E. L., Silva, J. A. C (2022). Aspectos gerais sobre a viabilidade de instalação de Energia Eólica no Brasil. *Research, Society and Development*, 11(9), e308911931781–e308911931781.
- Bünzli, J.-C. G., Eliseeva, S. V. (2010). Lanthanide NIR luminescence for telecommunications, bioanalyses and solar energy conversion. *Journal of Rare Earths*, 28(6), 824–842.
- Chaudhuri, A., Datta, R., Kumar, M. P., Davim, J. P., Pramanik, S. (2022). Energy conversion strategies for wind energy system: Electrical, mechanical and material aspects. *Materials*, 15(3), 1232.
- Costa Ridelensky, M. (2021). A sustentabilidade ambiental de projetos de sucesso com diferentes alternativas de energia. *Research, Society and Development*, 10(11), e194101118380-e194101118380.
- Efaz, E. T., Rhaman, M. M., Imam, S., Bashar, K. L., Kabir, F., Sakib, S. N., Mourtaza, M. D. E. (2021). A review of major technologies of thin-film solar cells. *Engineering Research Express*. 3. 032001.
- EPE. (2021). *Balanco energético nacional 2021*. Empresa de pesquisa energetica. <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-596/BEN2021.pdf>
- Gasparin, F. B. (2022). A Influência de Políticas Públicas para o Progresso da Geração Solar Fotovoltaica e Diversificação da Matriz Energética Brasileira. *Revista Virtual de Química*, 14(1), 77-81.
- Goldemberg, J., Chu, S. (2010). Um futuro com energia sustentável: Iluminando o Caminho. *FAPESP, Inter Academy Council*.
- Handore, A. V, Khandelwal, S. R., Karmakar, R., Jagtap, A. S., Handore, D. V. (2022). Bioconcrete: the promising prospect for green construction. In *Ecological and Health Effects of Building Materials*, 567–584.
- Hoang, A. T., Nižetić, S., Olcer, A. I., Ong, H. C., Chen, W.-H., Chong, C. T., Thomas, S., Bandh, S. A., Nguyen, X. P. (2021). Impacts of COVID-19 pandemic on the global energy system and the shift progress to renewable energy: Opportunities, challenges, and policy implications. *Energy Policy*, 154, 112322.
- Hosenuzzaman, M., Rahim, N. A., Selvaraj, J., Hasanuzzaman, M., Malek, A. B. M. A., Nahar, A. (2015). Global prospects, progress, policies, and environmental impact of solar photovoltaic power generation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 284–297.
- Hou, W., Xiao, Y., Han, G., & Lin, J.-Y. (2019). The applications of polymers in solar cells: A review. *Polymers*, 11(1), 143.
- Hu, Y., Bai, Y., Luo, B., Wang, S., Hu, H., Chen, P., Lyu, M., Shapter, J., Rowan, A., Wang, L. (2019). A portable and efficient solar-rechargeable battery with ultrafast photo-charge/discharge rate. *Advanced Energy Materials*, 9(28), 1900872.
- Hussein, A. A.-H., Batareseh, I. (2011). A review of charging algorithms for nickel and lithium battery chargers. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 60(3), 830–838.
- Jelle, B. P., Breivik, C., Røkenes, H. D. (2012). Building integrated photovoltaic products: A state-of-the-art review and future research opportunities. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 100, 69–96.
- Jiang, P., Van Fan, Y., Klemeš, J. J. (2021). Impacts of COVID-19 on energy demand and consumption: Challenges, lessons and emerging opportunities. *Applied Energy*, 285, 116441.
- Kabir, E., Kumar, P., Kumar, S., Adelodun, A. A., Kim, K.-H. (2018). Solar energy: Potential and future prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 894–900.

- Khan, J., Arsalan, M. H. (2016). Solar power technologies for sustainable electricity generation—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, 414–425.
- Kim, J. Y., Lee, J.-W., Jung, H. S., Shin, H., Park, N.-G. (2020). High-efficiency perovskite solar cells. *Chemical Reviews*, 120(15), 7867–7918.
- Kim, M., Jeong, J., Lu, H., Lee, T. K., Eickemeyer, F. T., Liu, Y., Choi, I. W., Choi, S. J., Jo, Y., Kim, H.-B. (2022). Conformal quantum dot–SnO₂ layers as electron transporters for efficient perovskite solar cells. *Science*, 375(6578), 302–306.
- Lakatos, L., Hevessy, G., Kovács, J. (2011). Advantages and disadvantages of solar energy and wind-power utilization. *World Futures*, 67(6), 395–408.
- Lee, C. W., Kim, O. Y., Lee, J. Y. (2014). Organic materials for organic electronic devices. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20(4), 1198–1208.
- Lima, L., Trindade, E., Alencar, L., Alencar, M., Silva, L. (2021). Sustainability in the construction industry: A systematic review of the literature. *Journal of Cleaner Production*, 289, 125730.
- Liu, G., Jia, J., Zhang, K., Jia, X., Yin, Q., Zhong, W., Li, L., Huang, F., Cao, Y. (2019). 15% efficiency tandem organic solar cell based on a novel highly efficient wide-bandgap nonfullerene acceptor with low energy loss. *Advanced Energy Materials*, 9(11), 1803657.
- Liu, H., Yao, P., Latif, S., Aslam, S., Iqbal, N. (2022). Impact of Green financing, FinTech, and financial inclusion on energy efficiency. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(13), 18955–18966.
- Machado, C. T., Miranda, F. S. (2015). Energia Solar Fotovoltaica: uma breve revisão. *Revista Virtual de Química*, 7(1), 126–143.
- Manthiram, A., Fu, Y., Su, Y.-S. (2013). Challenges and prospects of lithium–sulfur batteries. *Accounts of Chemical Research*, 46(5), 1125–1134.
- Marques, W., Santos, A., Alves, E., Rollim, J., Pinto, M. (2022). O sol nasce para todos: sustentabilidade mediante telhas fotovoltaicas de concreto. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, 14(1).
- Martin-Ramos, P., Ramos-Silva, M. (2018). *Lanthanide-based multifunctional materials: from OLEDs to SIMs*. Elsevier.
- Mekhilef, S., Faramarzi, S. Z., Saidur, R., Salam, Z. (2013). The application of solar technologies for sustainable development of agricultural sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 18, 583–594.
- Mishra, A., Bäuerle, P. (2012). Small molecule organic semiconductors on the move: promises for future solar energy technology. *Angewandte Chemie International Edition*, 51(9), 2020–2067.
- Muneer, T., Gago, E. J., Berrizbeitia, S. E. (2022). *The Coming of Age of Solar and Wind Power*. Springer Nature.
- Okasha, A. M., Ibrahim, H. G., Elmetwalli, A. H., Khedher, K. M., Yaseen, Z. M., Elsayed, S. (2021). Designing low-cost capacitive-based soil moisture sensor and smart monitoring unit operated by solar cells for greenhouse irrigation management. *Sensors*, 21(16), 5387.
- Rahman, M. M., Khan, I., Field, D. L., Techato, K., Alameh, K. (2022). Powering agriculture: Present status, future potential, and challenges of renewable energy applications. *Renewable Energy*, 188, 731–749.
- REN21. (2022). *Renewable Energy Policy Network for the 21st Century*. https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2022_Full_Report.pdf
- Rühle, S., Shalom, M., Zaban, A. (2010). Quantum-dot-sensitized solar cells. *ChemPhysChem*, 11(11), 2290–2304.
- Sandoval Aguilar, R., Michaelides, E. E. (2021). Microgrid for a Cluster of Grid Independent Buildings Powered by Solar and Wind Energy. *Applied Sciences*, 11(19), 9214.
- Schuss, C., Eichberger, B., Rahkonen, T. (2014). Design specifications and guidelines for efficient solar chargers of mobile phones. *2014 IEEE 11th International Multi-Conference on Systems, Signals & Devices (SSD14)*, 1–5.
- Sehrawat, P., Malik, R. K., Khatkar, S. P., Taxak, V. B. (2021). Highly efficient green-glimmering Y₃Al₅O₁₂: Er³⁺ NPs for next generation electro-optic appliances, mainly white-LEDs and solar-cells. *Chemical Physics Letters*, 773, 138592.
- Settino, J., Sant, T., Micallef, C., Farrugia, M., Staines, C. S., Licari, J., Micallef, A. (2018). Overview of solar technologies for electricity, heating and cooling production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 90, 892–909.
- Silveira, V. F., Siqueira, J. A. C., do Nascimento, L. F. J., Tokura, L. K., Alovise, A. M. T., Boas, M. A. V., ... & Debastiani, G. (2021). Comparative study of drip irrigation systems using indoor amorphous photovoltaic panels. *Research, Society and Development*, 10(11), e125101119288-e125101119288.
- Shamshirband, S., Rabczuk, T., Chau, K.-W. (2019). A survey of deep learning techniques: application in wind and solar energy resources. *IEEE Access*, 7, 164650–164666.
- Sharma, S., Jain, K. K., Sharma, A. (2015). Solar cells: in research and applications—a review. *Materials Sciences and Applications*, 6(12), 1145.
- Silva, G. F., Silva, D. P., Silva, I. P., Silva, M. S., Bery, C. C. S., França, F. R. M. (2019). *Energias alternativas: tecnologias sustentáveis para o nordeste brasileiro* (1st ed.). Associação Acadêmica de Propriedade Intelectual–API.
- Stančin, H., Mikulčić, H., Wang, X., Duić, N. (2020). A review on alternative fuels in future energy system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 128, 109927.

Teo, K. Y., Tiong, M. H., Wee, H. Y., Jasin, N., Liu, Z.-Q., Shiu, M. Y., Tang, J. Y., Tsai, J.-K., Rahamathullah, R., Khairul, W. M. (2017). The influence of the push-pull effect and a π -conjugated system in conversion efficiency of bis-chalcone compounds in a dye sensitized solar cell. *Journal of Molecular Structure*, 1143, 42–48.

Tsuei, C.-H., Sun, W.-S., Kuo, C.-C. (2010). Hybrid sunlight/LED illumination and renewable solar energy saving concepts for indoor lighting. *Optics Express*, 18(104), A640–A653.

Usman, M., Zeb, Z., Ullah, H., Suliman, M. H., Humayun, M., Ullah, L., Shah, S. N. A., Ahmed, U., Saeed, M. (2022). A review of metal-organic frameworks/graphitic carbon nitride composites for solar-driven green H₂ production, CO₂ reduction, and water purification. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 107548.

Wen, J., Zhao, D., Zhang, C. (2020). An overview of electricity powered vehicles: Lithium-ion battery energy storage density and energy conversion efficiency. *Renewable Energy*, 162, 1629–1648.

Ye, H. Q., Li, Z., Peng, Y., Wang, C. C., Li, T. Y., Zheng, Y. X., Sapelkin, A., Adamopoulos, G., Hernández, I., Wyatt, P. B. (2014). Organo-erbium systems for optical amplification at telecommunications wavelengths. *Nature Materials*, 13(4), 382–386.