



TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: REVISÃO SISTEMÁTICA DO PANORAMA NACIONAL E INTERNACIONAL

Julia Relene de Freitas Rodrigues

Ilton Araújo Soares

Rodrigo Guimarães de Carvalho

Marcia Regina Farias da Silva

Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi analisar as principais vantagens e desvantagens da energia solar fotovoltaica no Brasil e nos cinco países que mais a produzem. Para isso, foi realizada uma revisão sistemática em trabalhos científicos, considerando apenas a área de ciências ambientais, publicados em bases de dados com acesso gratuito no período de 2016 a 2021, com Qualis Capes (avaliação - 2013 a 2016) entre os estratos A1 e B2, escritos em português e inglês. Foram selecionados 3.026 trabalhos, dos quais 62 atenderam aos critérios da pesquisa. Foram identificadas 26 vantagens, sendo as mais citadas: ausência/baixa emissão de gases do efeito estufa; possibilidade de utilização em áreas remotas, locais alternativos e em diferentes atividades econômicas; alto custo-benefício considerando a vida útil; diversificação da matriz elétrica e o fato de ser fonte de energia limpa, abundante e confiável. Foram identificadas 18 desvantagens, sendo as mais citadas: alto custo inicial; necessidade de aumentar regulamentações adequadas para os obstáculos não econômicos que podem prejudicar a eficácia das políticas e esquemas de apoio; falta de modelos de negócios para financiamento no setor privado; dependência das condições climáticas/funcionamento por período limitado. Os dados da pesquisa mostraram que o número de citações e a quantidade de vantagens são bem superiores aos das desvantagens, o que sugere o alto potencial do uso da energia solar fotovoltaica e de seus benefícios socioambientais e econômicos.

Palavras-chave:

Energia renovável, Energia solar, Sustentabilidade energética, Mudanças climáticas.

ENERGY TRANSITION AND SOLAR PHOTOVOLTAIC ENERGY GENERATION: SYSTEMATIC REVIEW OF THE BRAZILIAN AND INTERNATIONAL LANDSCAPE

ABSTRACT

The purpose of this work was to analyze the main advantages and disadvantages of solar photovoltaic energy in Brazil and in the five countries that most produce it. For that, we conducted a systematic review in scientific papers, considering only the environmental sciences field, published in free-access databases in the period from 2016 to 2021, with Qualis Capes (evaluation - 2013 to 2016) between the A1 and B2 strata, written in Portuguese and English. We selected 3,026 papers, of which 62 met the research criteria. We identified 26 advantages, and the most cited were: absence/low emission of greenhouse gases; possibility of use in remote areas, alternative locations, and for different economic activities; high cost-effectiveness considering the life cycle; diversification of the electric matrix, and the fact that it is a clean, abundant, and reliable energy resource. We identified 18 disadvantages, and the most cited were: high initial cost; need to increase appropriate regulations for non-economic barriers that may hinder the effectiveness of policies and support schemes; lack of business models for private sector financing; dependence on climate conditions/operation for a limited period. The survey data showed that the number of citations and the amount of advantages are much higher than the disadvantages, which suggests the high potential of using solar photovoltaic energy and its socio-environmental and economic benefits.

Keywords: Renewable energy, Solar energy, Energy sustainability, Climate change.

INTRODUÇÃO

As fontes renováveis de energia são associadas a um menor potencial de causar degradação ambiental e são infinitas, considerando o tempo humano. Botkin e Keller (2011) apontam que fontes alternativas e renováveis, como solar e eólica, não causarão alterações climáticas nem aumentarão os níveis dos oceanos. Por não utilizar combustíveis fósseis, não contribuem para o aumento da quantidade de CO₂ na atmosfera e, conseqüentemente, contribuem para o alcance das metas de aquecimento global no limite de até 2oC. Yoro e Daramola (2020) relatam que desde 1950, os níveis de CO₂ na atmosfera aumentaram mais de 400% levando a um aumento na temperatura da Terra e, então, a mudanças incessantes nos padrões climáticos globais ou regionais da Terra.

A mudança climática pode estar relacionada ao declínio na produção agrícola global devido à baixa pluviosidade, flutuação nas estações e aumento das temperaturas. Como consequência, muitas partes do mundo estão sofrendo com eventos como secas e tornando-se impróprios para a agricultura comercial devido a essas mudanças. O atual nível de poluição antropogênica e a emissão indiscriminada de gases de efeito estufa na atmosfera podem exacerbar o aquecimento global, a acidificação dos oceanos, a desertificação e as mudanças climáticas. No entanto, a diminuição da segurança alimentar, o aumento do nível do mar, problemas de saúde e danos econômicos crescentes são apenas algumas das implicações imediatas das mudanças climáticas, conforme Yoro e Daramola (2020).

Botkin e Keller (2011) mencionam que o crescimento da utilização das energias renováveis, particularmente as energias solar e eólica, vem se tornando cada vez mais evidentes, sendo possível notar em breve uma “competitividade” entre essas fontes e os combustíveis fósseis. A Internacional Energy Agency (IEA, 2022) informa que a geração solar fotovoltaica aumentou em um recorde de 179TWh (aumento de 22%) em 2021, sendo a fonte que demonstrou o segundo maior crescimento absoluto de geração de todas as tecnologias renováveis em 2021, ficando atrás da energia eólica. Além disso, a IEA (2022) destaca que a energia solar fotovoltaica está se tornando a opção de menor custo para nova geração de eletricidade na maior parte do mundo, o que deve impulsionar o investimento nos próximos anos. Todavia, para atingir isso, é necessário um crescimento médio anual da geração de 25% no período 2022-2030 para seguir o Cenário de Emissões Líquidas Zero até 2050. Em números reais, isso corresponde a um aumento de mais de três vezes na implantação de capacidade anual até 2030, necessitando assim, de uma maior participação política e mais esforço de partes interessadas públicas e privadas, especialmente nas áreas de integração de rede e mitigação de desafios de política, regulamentação e financiamento (IEA, 2022).

A relevância das fontes alternativas e renováveis de produção de energia engloba diversas vertentes e está diretamente relacionada aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), propostos pela Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), de forma particular ao ODS 7, 11 e 13. O ODS 7 trata do setor energético, retratado por ONU (2018) para “Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos”. Entre suas metas, a 7.2 aponta que até 2030, deve-se manter elevada a participação de energias renováveis na matriz energética, tanto em cenário internacional quanto nacional. O ODS 11 trata das cidades e comunidades sustentáveis, sendo considerado pela ONU (2018) como aquele que busca tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. Um dos requisitos básicos de suma importância para a cidadania é o acesso à energia elétrica. No que se refere ao ODS 13, este aponta para a importância de ação contra a mudança global do clima e busca incluir medidas relativas às mudanças climáticas nas políticas, estratégias e planos nacionais, melhorar a educação, a conscientização e a capacidade humana e institucional sobre as mudanças climáticas, a redução de seus efeitos e o alerta precoce (ONU, 2018).

O entrecruzamento entre os objetivos 7, 11 e 13 se dá pela importância da produção de energia limpa e com capacidade para atender cidades e assentamentos humanos de forma sustentável, visando a redução de gases de efeito estufa (GEE), os quais vão além da queima dos combustíveis fósseis (YORO, DARAMOLA, 2020). De acordo com Nascimento (2015) sem o acesso e a utilização da energia elétrica, o indivíduo torna-se marginalizado no que se entende por desenvolvimento.

Por isso, levar eletricidade, com base em uma matriz energética renovável, para os milhões de indivíduos que não têm acesso a esse recurso é um dos maiores desafios globais do século XXI. Neste contexto, O objetivo deste trabalho foi analisar as

principais vantagens e desvantagens da energia solar fotovoltaica no Brasil e nos cinco países que mais produzem este tipo de energia. Para isso, foi realizada uma revisão sistemática em trabalhos científicos considerando apenas a área de ciências ambientais, publicados em bases de dados com acesso gratuito, entre o período de 2016 a 2021, com qualiscapes (avaliação - 2013 a 2016) entre os estratos A1 e B2, escritos em português e inglês.

METODOLOGIA

A revisão sistemática realizada neste estudo seguiu os preceitos e padrões estabelecidos para esse tipo de metodologia. Sampaio e Mancini (2007) estabelecem que esta pode ser caracterizada por sua forma metódica, explícita e passível de reprodução. Para isso, necessita-se de uma pergunta principal, que neste estudo foi definida como: qual é o cenário da energia solar fotovoltaica no Brasil e nos cinco países que mais produzem este tipo energia limpa, considerando suas principais vantagens e desvantagens?

Para isso, foram estabelecidos filtros como critérios de inclusão e exclusão de artigos científicos para tornar possível a realização da análise sistemática. Para a seleção das fontes, foram elencados os seguintes critérios: (i) artigos científicos na área de ciências ambientais; (ii) artigos científicos publicados em periódicos abertos (gratuitos); (iii) artigos científicos publicados no período de 2016 a 2021; (iv) artigos científicos com qualis entre os estratos A1 e B2, considerando a avaliação quadrienal de 2013 a 2016; (v) artigos científicos escritos em português e inglês; e, (vi) pesquisas realizadas apenas no Brasil e nos cinco países que mais produzem energia solar fotovoltaica: China, Estados Unidos, Japão, Alemanha e Índia.

Como método de busca foi realizada o uso de palavras-chaves previamente definidas, as quais foram buscadas no idioma português e inglês. As palavras-chaves foram: “energia solar fotovoltaica”, “vantagens da energia solar fotovoltaica”, “desvantagens da energia solar fotovoltaica”. E em inglês foram pesquisados por: “photovoltaic solar energy”, “advantages of photovoltaic solar energy” e “disadvantages of photovoltaic solar energy”.

Foram utilizadas três bases de pesquisas de livre acesso, quais sejam: Google Scholar, Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e o SciELO Brazil. Para isso, foram utilizados como critérios de inclusão: (a) Trabalhos publicados e disponíveis integralmente nas bases de dados previamente definidas; (b) trabalhos publicados entre os anos de 2016 à 2021; (c) trabalhos publicados em periódicos com qualis entre A1 e B2; (d) possuir as palavras-chave em português ou inglês, pré-definidas no título, resumo do trabalho ou na própria sessão de palavras-chave, e (e) periódicos, teses, dissertações, capítulos e/ou livros na íntegra.

Já para filtrar as informações, foram listados como critérios de exclusão: (f) trabalhos em periódicos fechados e pagos; (g) trabalhos que não estejam entre os critérios de inclusão; (h) trabalhos referentes à instrumentos, equipamentos e

aparatos técnicos ou outras áreas de concentração; (i) trabalhos que estejam nas classes de anais de eventos, resumos, resumos expandidos, relatórios de pesquisa e resenhas; e, (j) não ser referente a pelo menos um dos países listados.

Apesar de terem sido estabelecidos os países China, Japão, Estados Unidos, Alemanha, Índia e Brasil como requisitos de adequação aos critérios de inclusão, em alguns dos trabalhos encontrados não foi identificada a origem do país de publicação, mas pelo contexto, foram compreendidos como adequados, uma vez que citavam pelo menos um dos cinco países utilizados como critério de inclusão. Por isso, na tabulação dos dados, esses estão descritos por “não identificado”.

Como processo de seleção dos estudos primários, foi realizada uma pré-seleção nos trabalhos dentro das bases de dados utilizando as palavras-chaves encontradas nos títulos, palavras-chave e ou nos resumos dos trabalhos. Após isso, foram aplicados os critérios de inclusão e exclusão. Como estratégia de extração de informação foi utilizada uma ficha, como ilustrada no Quadro 1:

Quadro 1 – Modelo exemplificativo da ficha utilizada na primeira fase da revisão sistemática.

Número	Artigo	Tradução do título	País referente a publicação	Ano	Crítérios de inclusão	Crítérios de exclusão	Status
1	Example	Exemplo	Brasil	2017	(a); (b); (c); (d); (e)	Não possui	Adequado
2	Example	Exemplo	Cuba	2012	(a); (c); (d)	(j); (g)	Inadequado

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

No *Google Scholar* foi necessário fazer alterações nos filtros, sendo realizada na busca avançada os filtros de palavras exatas, somente no título do artigo, entre os anos de 2016 a 2021. Optou-se por inserir esse filtro, pois quando se buscava de maneira geral, apareceram 263.000 resultados, o que inviabilizava a realização de uma análise em todos os trabalhos. Também se fez necessário a utilização de booleanos/conectores de pesquisa *and* e *or*. Após a inserção desses filtros, foram encontrados 53 trabalhos utilizando as palavras-chave em português e 92 trabalhos utilizando as palavras-chave em inglês.

Na plataforma SciELO Brazil foram realizadas pesquisas separadamente. Primeiro, foram utilizadas palavras-chave em português, considerando o recorte temporal de 2016 a 2021, utilizando o termo vantagens da energia solar fotovoltaica. Ao realizar essa busca, somente um resultado foi encontrado e este foi inadequado com base nos critérios de exclusão. Quando pesquisado por desvantagem da energia solar fotovoltaica, nenhum trabalho foi mostrado. E ao buscar por expansão da energia solar fotovoltaica, somente um resultado foi encontrado e este foi considerado adequado.

Foi pesquisado por “energia solar fotovoltaica”, onde a plataforma possibilita optar pelos locais onde o trabalho foi publicado, como também acordado na metodologia. Dentre os países listados, apenas o Brasil possuía publicações. E por fim, foi optado por filtrar o tipo de literatura, onde entre as opções disponíveis, foi optado apenas pelos artigos. Ao fim de todos esses requisitos ficaram 65 resultados. Com base nos critérios elencados, 17 desses foram caracterizados como adequados. Os termos também foram pesquisados em inglês, onde após a inserção dos critérios, na busca por *Photovoltaic solar energy* foram encontrados 196 resultados, por *Advantages of photovoltaic solar energy* 3 trabalhos e pelas *Disadvantages of photovoltaic solar energy* não foram encontrados resultados. Assim, dos 199 trabalhos, 35 foram enquadrados como adequados com base nos critérios.

Nos periódicos CAPES, as pesquisas realizadas em português, sem nenhum filtro, traziam 1.409 resultados sem filtros. Quando inseridos os filtros, ficaram 401 artigos no total, onde 42 trabalhos foram caracterizados como adequados. E quando pesquisados pelos termos em inglês, apareceram 189.206 ensaios; ao serem utilizados os filtros, foram obtidos 403 resultados, onde desses 149 foram categorizados como adequados. Numa tentativa de sintetizar esses dados, foi gerado o Quadro 2 para melhor visualizar as informações supracitadas.

Quadro 2 – Descrição dos dados quali-quantitativos da revisão sistemática.

Google Scholar		
Modo de busca	Total de trabalhos obtidos	Total de trabalhos adequados aos critérios após a utilização de booleanos
Palavras-chave em português		53
Vantagem da energia solar fotovoltaica	1	
Desvantagem da energia solar fotovoltaica	1	
Energia solar fotovoltaica	37.800 (sem filtros) / 405 (após aplicação dos filtros)	92
Palavras-chave em inglês		
<i>Photovoltaic solar energy</i>	17.800 (sem filtros) / 1.200 (após aplicação dos filtros)	
<i>Advantage of photovoltaic solar energy</i>	0	
<i>Disadvantage of photovoltaic solar energy</i>	0	

Filtros utilizados: dado o alto número de trabalhos, tanto em português quanto inglês, se tornou necessário a junção das palavras-chave realizando o uso de booleanos “AND” e “OR” para filtrar ainda mais os números de trabalhos a serem trabalhados + inserção de palavras correspondentes aos países selecionados “United States”, “Japan”, “China”, “India”, “Germany” e “Brazil”.		
SciELO Brazil		
Modo de busca	Total de trabalhos obtidos	Total de trabalhos adequados aos critérios
Palavras-chave em português		17
Vantagem da energia solar fotovoltaica	1	
Desvantagem da energia solar fotovoltaica	0	
Energia solar fotovoltaica	65 (após aplicação dos filtros)	
Filtros utilizados: seleção do país (Brasil) + tipo de literatura (artigo) + período entre os anos de 2016 a 2021		
Palavras-chave em inglês		35
<i>Photovoltaic solar energy</i>	196 (após aplicação dos filtros)	
<i>Advantages of photovoltaic solar energy</i>	3	
<i>Disadvantages of photovoltaic solar energy</i>	0	
Filtros utilizados: seleção do país (Brasil) + tipo de literatura (artigo) + período entre os anos de 2016 a 2021		
Periódicos CAPES		
Modo de busca	Total de trabalhos obtidos	Total de trabalhos adequados aos critérios
Palavras-chave em português		42
Vantagem da energia solar fotovoltaica	57	
Desvantagem da energia solar fotovoltaica	10	
Energia solar fotovoltaica	1.342 (sem filtros) / 397 (após aplicação dos filtros)	
Filtros utilizados: disponibilidade (acesso aberto) + tipo de literatura (artigo) + período entre os anos de 2016 a 2021 + idioma (inglês e português)		
Palavras-chave em inglês		149

<i>Photovoltaic solar energy</i>	144.850 (sem filtros) / 146 (após aplicação dos filtros)	
<i>Advantages of photovoltaic solar energy</i>	36.744 (sem filtros) / 197 (após aplicação dos filtros)	
<i>Disadvantages of photovoltaic solar energy</i>	7.612 (sem filtros) / 60 (após aplicação dos filtros)	
Com filtros: seleção do país (Brasil) + tipo de literatura (artigo) + período entre os anos de 2016 a 2021 + inserção de palavras correspondentes aos países selecionados “United States”, “Japan”, “China”, “India”, “Germany” e “Brazil”.		

Fonte: adaptado e organizado pela autora (2022).

Na segunda fase, foram listados todos os trabalhos classificados como adequados nas 3 plataformas, cuja junção deu um total de 388. Foi realizada a exclusão de artigos que apareciam mais de uma vez, onde ficaram 138 trabalhos. A terceira etapa foi a leitura desses trabalhos detalhadamente para analisar se encaixavam ou não nos requisitos pré-definidos. Desses, 62 encaixavam-se aos critérios estabelecidos. Na sequência, os dados foram sintetizados e tabelados em dois quadros, um referente às vantagens e o outro sobre as desvantagens que estão nos resultados deste trabalho.

Ademais, essa pesquisa também está diretamente relacionada e encaixa-se na modalidade de pesquisa bibliométrica, em que, de acordo com Soares, Picolli e Casagrande (2018) é caracterizada por basear-se na contagem, seja essa do número de autores, artigos, revistas, citações e outros, sobre determinado assunto. Assim como a revisão sistemática, esse tipo de pesquisa também precisa ser realizado em bases conceituadas, com utilização de filtros/critérios de inclusão e exclusão, como o qualis das revistas a serem pesquisadas e anos dos trabalhos, entre outros.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Vantagens da utilização da Energia Solar Fotovoltaica

A produção de energia a partir de fontes limpas e renováveis traz uma série de vantagens ambientais e socioeconômicas. Entretanto, a literatura também evidencia a existência de um conjunto de desvantagens. O Quadro 3 sintetiza as vantagens identificadas neste estudo.

Os dados da pesquisa apontaram a identificação de 26 vantagens da energia solar fotovoltaica. Entre os 70 trabalhos classificados após passar pelas fases iniciais, 56 demonstraram estar adequados aos pré-requisitos metodológicos adotados e citaram diretamente as vantagens deste tipo de produção de energia limpa. A vantagem mais citada foi a “ausência/baixa emissão de gases do efeito estufa”, apontada em 21 trabalhos. Essa argumentação justifica-se pela crescente busca por

fontes energéticas alternativas para amenizar e ou substituir a utilização dos combustíveis de origem fósseis, principais emissores desses gases nocivos ao meio ambiente e promotores das mudanças climáticas.

Quadro 3 – Levantamento sistemático das vantagens da energia solar fotovoltaica.

VANTAGENS DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	
1.	Ausência/baixa emissão de gases do efeito estufa
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 21	
Citada por: Carvalho (2017), Carvalho et al (2017), Soares (2017), Miranda Mousinho et al (2017), Pérez-Sánchez et al (2017), Cao, Rajarshi, Tong (2018), Constantino et al (2018), Pereira et al (2018), Ahmed (2019), Francisco et al (2019), Jebli, Youssef, Apergis (2019), Karim et al (2019), Li, Chiu, Lin (2019), Lira et al (2019), Peplow et al (2019), Bursztyn (2020), Garrido, Sequeira, Santos (2020), Barroso et al (2021), Chaves (2021), Vo et al (2021), Wang et al (2021).	
2.	Possibilidade de utilização em áreas remotas, locais alternativos e em diferentes atividades econômicas
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 20	
Citada por: Garcia-Olivares (2016), Barragán-Escandón, Terrados-Cepeda, Zalamea-León (2017), Carvalho (2017), Miranda Mousinho et al (2017), Nunes-Villela et al (2017), Urbanetz et al (2018), Ahmed (2019), Baretta et al (2019), Fikru et al (2019), Francisco et al (2019), Karim et al (2019), Silva et al (2019), Viana et al (2019), Imai et al (2020), Castro (2021), Chaves (2021), Franco, Ravagnani Franco (2021), Shaikh et al (2021), Tabassum et al (2021), Vo et al (2021),	
3.	Alto custo-benefício, considerando a vida útil
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 15	
Citada por: Carvalho (2017), Heinzen, Mazute (2017), Nishimoto, Varejão (2018), Lafavers (2018), Pereira et al (2018), Melo, Waenga, Pinto (2018), Garcia, Nogueira, Betini (2018), Mariano, Urbanetz (2018), Li, Chiu, Lin (2019), Silva et al (2019), Bursztyn (2020), Garrido, Sequeira, Santos (2020), Chaves (2021), Franco, Ravagnani, Franco (2021), Kihlström, Elbe (2021).	
4.	Diversificação da matriz elétrica
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 14	
Citada por: Carvalho (2017), Dalmazzo-Bermejo, Valenzuela-Klagges, Espinoza-Brito (2017), Miranda Mousinho et al (2017), Alves, Yang, Tiepolo (2018), Constantino et al (2018), Fikru et al (2019), Lira et al (2019), Bursztyn (2020), Garrido, Sequeira, Santos (2020), Imai et al (2020), Barroso et al (2021), Cardoso et al (2021), Chaves (2021), Joshi et al (2021), Wang et al (2021)	
5.	Fonte de energia limpa, abundante e confiável
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 14	
Citada por: Gul, Kotak, Muneer (2016), Mouriño, Assireu, Pimenta (2016), Didoné, Wagner, Pereira (2017), Heinzen, Mazute (2017), Pérez-Sánchez et al (2017), Pinto, Martins, Pereira (2017), Cao, Rajarshi, Tong (2018), Garcia, Nogueira, Betini (2018),	

Bursztyn (2020), Barroso et al (2021), Franco, Ravagnani, Franco (2021), Kihlström, Elbe (2021), Min, Haile (2021), Shaikh et al (2021).	
6.	Segurança energética
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 9	
Citada por: Dalmazzo-Bermejo, Valenzuela-Klagges, Espinoza-Brito (2017), Miranda Mousinho et al (2017), Alves, Yang, Tiepolo (2018), Constantino et al (2018), Ahmed (2019), Fikru et al (2019), Cardoso et al (2021), Castro (2021), Franco, Ravagnani, Franco (2021).	
7.	Geração de emprego e renda
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 9	
Citada por: Gul, Kotak, Muneer (2016), Carvalho (2017), Nunes-Villela et al (2017), Constantino et al (2018), Pereira et al (2018), Ahmed (2019), Francisco et al (2019), Lira et al (2019), Silva et al (2019).	
8.	Capacidade de substituição de fontes não renováveis e agressivas ao meio ambiente
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 9	
Citada por: Carvalho (2017), Almeida et al (2017), Barragán-Escandón, Terrados-Cepeda, Zalamea-León (2017), Urbanetz et al (2018), Cao, Rajarshi, Tong (2018), Ahmed (2019), Karim et al (2019), Bursztyn (2020), Chaves (2021).	
9.	Contribuição no enfrentamento as mudanças climáticas
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 8	
Citada por: Jebli, Youssef, Apergis (2019), Duan et al (2019), Ahmed (2019), Imai et al (2020), Chaves (2021), Franco, Ravagnani, Franco (2021), Min, Haile (2021), Vo et al (2021).	
10.	Baixo impacto ambiental na área de instalação e geração
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 7	
Citada por: Almeida et al (2017), Carvalho (2017), Cao, Rajarshi, Tong (2018), Viana et al (2019), Garrido, Sequeira, Santos (2020), Barroso et al (2021), Joshi et al (2021).	
11.	Pode ser produzida em grandes centros urbanos
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 7	
Citada por: Barragán-Escandón, Terrados-Cepeda, Zalamea-León (2017), Nunes-Villela et al (2017), Mariano, Urbanetz (2018), Tonin, Urbanetz (2018), Urbanetz et al (2018), Pepplow et al (2019), Imai et al (2020).	
12.	Descentralização das fontes fósseis
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 6	
Citada por: Gul, Kotak, Muneer (2016), Soares (2017), Krasnhak et al (2018), Cardoso et al (2021), Vo et al (2021), Franco, Ravagnani, Franco (2021).	
13.	Retorno de investimento, acarretando uma alternativa viável economicamente
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 6	
Citada por: Teixeira, Coriolano, Rocha (2016), Pereira (2018), Li, Chiu, Lin (2019), Silva et al (2019), Lara, Unsihuay-Vila, Silva (2021), Vo et al (2021).	
14.	Baixa manutenção
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 6	

Citada por: Carvalho (2017), Nunes-Villela et al (2017), Carvalho et al (2018), Melo, Waenga, Pinto (2018), Francisco et al (2019), Franco, Ravagnani, Franco (2021).	
15.	Contribui na melhoria da imagem das empresas por agregar valor social e ambiental
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 6	
Citada por: Heinzen, Mazute (2017), Lafavers (2018), Ahmed (2019), Jebli, Youssef, Apergis (2019), Pepplow et al (2019), Vo et al (2021).	
16.	Funciona efetivamente em complemento a outras fontes renováveis
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 5	
Citada por: Miranda Mousinho et al (2017), Rosa et al (2017), Alves, Yang, Tiepolo (2018), Lira et al (2019), Santos et al (2019)	
17.	Fácil instalação
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 4	
Citada por: Carvalho (2018), Melo, Waenga, Pinto (2018), Francisco et al (2019), Franco, Ravagnani, Franco (2021).	
18.	Autossuficiência elétrica aos usuários
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 4	
Citada por: Carvalho (2017), Francisco et al (2019), Lira et al (2019), Kihlström, Elbe (2021).	
19.	Complemento do sistema hidrelétrico
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 2	
Citada por: Mouriño, Assireu, Pimenta (2016), Pinto, Martins, Pereira (2017).	
20.	Mínima poluição sonora
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 2	
Citada por: Carvalho (2017), Kihlström, Elbe (2021).	
21.	Possibilidade de atrair investimento estrangeiro direto/contribuição ao PIB nacional
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 2	
Citada por: Jebli, Youssef, Apergis (2019), Li, Chiu, Lin (2019).	
22.	Contribuição para o crescimento socioeconômico
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 1	
Citada por: Dalmazzo-Bermejo, Valenzuela-Klagges, Espinoza-Brito (2017).	
23.	Tecnicamente acessível a todos
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 1	
Citada por: Nunes-Villela et al (2017).	
24.	Evita desperdício na transmissão e distribuição
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 1	
Citada por: Nunes-Villela et al (2017).	
25.	Valorização do imóvel
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 1	
Citada por: Nishimoto, Varejão (2018).	
26.	Mais facilmente implantável
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 1	
Citada por: Joshi et al (2021).	

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

A segunda vantagem mais citada foi a “possibilidade de utilização da energia solar fotovoltaica em áreas remotas, locais alternativos e diferentes atividades econômicas”, identificada em 20 trabalhos. Essa vantagem vem sendo discutida numa busca para amenizar os impactos negativos oriundos da energia solar fotovoltaica, retratada pelo desmatamento em áreas úteis potenciais para outras atividades econômicas. Todavia, essa vantagem é citada principalmente no intuito de fortalecer o uso em áreas remotas, como zonas rurais, mais distantes das linhas de transmissão. Ressalta-se que a zona rural corresponde ao principal espaço desassistido de eletricidade pelo mundo, como dito pela WWF (2020).

O “alto custo benefício, considerando a vida útil do equipamento”, foi a terceira vantagem mais citada (15 vezes). Esse motivo está relacionado à redução dos custos para produção deste tipo de energia, aliados aos programas, projetos e estímulos para aquisição da tecnologia, nas mais variadas formas de consumo, desde comerciais, industriais a residenciais. As vantagens “diversificação da matriz elétrica”, juntamente ao fato de ser uma “fonte de energia limpa, abundante e confiável” possuem 14 citações cada. Nunes-Villela et al (2017) citam o fato da energia solar fotovoltaica ser tecnicamente acessível a todos e ser uma energia abundante o suficiente para fornecer cerca de seis vezes mais energia do que a quantidade consumida mundialmente hoje.

As vantagens “segurança energética”, “geração de emprego e renda” e a “capacidade de substituição de fontes não renováveis e agressivas ao meio ambiente” foram citadas 9 vezes cada uma. Segurança energética se faz presente por compreender a premente necessidade das mais variadas fontes para garantir a continuidade do processo. Além disso, no tocante a geração de emprego e renda, Silva et al (2019) discutem que a economia na conta energética provinda da energia solar fotovoltaica possibilita além da redução no preço final do produto, um aumento na competitividade dos produtos. Dessa forma, aumentar-se-á a renda para o setor industrial pelos investimentos na produção, ocasionando mais empregos e desenvolvimento social. Não menos importante, os autores também discutem que se pode citar como outros benefícios créditos de carbono, certificação de sustentabilidade, impacto cultural e social para todos os envolvidos.

Bursztyn (2020) também traz a discussão de que com a demanda por equipamentos de geração fotovoltaica, novos negócios tendem a surgir (fabricação, implantação e manutenção), gerando empregos e renda. Como exemplo, pode-se citar os vultosos investimentos na implantação de usinas solares fotovoltaicas no estado do Rio Grande do Norte, na ordem de 2 bilhões de reais, somente no ano de 2020 (TRIBUNA DO NORTE, 2021).

Segundo IRENA (2020), a energia solar é uma das fontes renováveis que mais está gerando empregos no planeta, o que pode se tornar uma oportunidade para o Brasil, diante da atual crise econômica que o país vem passando. Com a fonte solar, Saadia, Sauaia e Koloszuk (2020) comentam que o Brasil tem a seu favor uma

ferramenta estratégica em prol da retomada da economia e da geração de empregos locais.

A vantagem “contribuição no enfrentamento as mudanças climáticas” foi citada em oito trabalhos. Esta vantagem está diretamente relacionada à “Ausência/baixa emissão de gases do efeito estufa”, a mais citada nos trabalhos identificados. O “baixo impacto ambiental na área de instalação e geração da energia,” além da “possibilidade de ser produzida em grandes centros urbanos” foram citadas sete vezes. Nunes-villela et al (2017) destacam que a energia solar fotovoltaica é a única que pode ser produzida em grandes centros.

Foram citados seis vezes a “descentralização das fontes fósseis”, o “retorno de investimento financeiro, acarretando uma alternativa viável economicamente”, “a baixa necessidade de manutenção”, e o fato de “contribuir na melhora da imagem das empresas por agregar valor social e ambiental”. O “funcionamento efetivo em complemento a outras fontes renováveis” também foi considerado vantagem e citada cinco vezes. A “fácil instalação” e a promoção da “autossuficiência de energia elétrica aos usuários” foram citadas 4 vezes. A “complementaridade ao sistema hidrelétrico”, o fato de “ocasionar uma mínima poluição sonora” e a “possibilidade de atrair investimentos estrangeiros diretamente e assim, contribuindo ao PIB nacional” foram citadas duas vezes cada uma. Sobre isso, Mouriño, Assireu e Pimenta (2016) discutem a utilização da energia solar como complemento do sistema hidrelétrico, principalmente em anos de forte estiagem e seca, uma vez que o sistema híbrido tem a possibilidade de melhorar o enfrentamento a variabilidade climática interanual, garantindo maior segurança na disponibilidade hídrica e na distribuição de energia elétrica.

As vantagens menos citadas, mas não menos relevantes, em apenas 1 trabalho cada, foram a “contribuição para o crescimento socioeconômico”, o “fato de ser uma energia tecnicamente acessível a todos”, a “amenização de desperdício na transmissão e distribuição nas linhas energéticas” e a “valorização do imóvel”. Além desses trabalhos, outros autores discutem sobre as vantagens quanto às projeções futuras, onde Joshi et al (2021) discute que a tecnologia solar fotovoltaica é a mais implantável, com maior taxa de crescimento ano a ano, projetada para suprir 25-49% das necessidades globais de eletricidade até 2050, ao mesmo tempo que tem potencial para fornecer emprego para até 15 milhões de pessoas entre 2018-2050.

As perspectivas demonstram que a geração de energia solar resultará em uma redução das emissões em uma faixa de 50 a 180 gigatoneladas de dióxido de carbono, entre 2017 a 2060 (WANG et al, 2021). Desta forma, políticas bem coordenadas e reformas institucionais são recomendadas para tornar mais viável a comercialização de produtos fotovoltaicos, e assim proporcionar os benefícios ambientais globais relacionais, como reforçam os autores.

Desvantagens da utilização da energia solar fotovoltaica

Todavia, também existem desvantagens associadas à utilização de energia solar fotovoltaica. O Quadro 4 aponta 18 desvantagens deste tipo de energia limpa.

Quadro 4 – Levantamento sistemático das desvantagens da energia solar fotovoltaica.

DESVANTAGENS DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	
1.	Alto custo inicial
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 6	
Citada por: Gul, Kotak, Muneer (2016), Carvalho (2017), Garcia, Nogueira, Betini (2018), Carvalho, Magalhães, Domingues (2019), Francisco et al (2019), Jäger-Waldau (2020).	
2.	Necessidade de aumentar regulamentações adequadas para os obstáculos não econômicos que podem prejudicar a eficácia das políticas e esquemas de apoio
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 5	
Citada por: Gul, Kotak, Muneer (2016), Karim et al (2019), Jäger-Waldau (2020), Cardoso et al (2021), Min, Haile (2021).	
3.	Falta de modelos de negócios para financiamento no setor privado
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 4	
Citada por: Ahmed (2019), Karim et al (2019), Cardoso et al (2021), Min, Haile (2021).	
4.	Dependência das condições climáticas / funcionamento por período limitado
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 3	
Citada por: Rosa et al (2017), Francisco et al (2019), Min, Haile (2021).	
5.	Sensível às taxas financeiras vigentes e aplicáveis no país.
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 2	
Citada por: Almeida et al (2017), Cardoso et al (2021).	
6.	Falta de profissionais qualificados, principalmente na formação graduados universitários profissionais e técnicos
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 2	
Citada por: Dalmazzo-Bermejo, Valenzuela-Klagges, Espinoza (2017), Moraes, Takeda (2018).	
7.	Inacessível a maior parte da população
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 1	
Citada por: Carvalho, Magalhães, Domingues (2019)	
8.	Inacessibilidade de informações para a população
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 1	
Citada por: Darvishi (2021)	
9.	Ainda é pouco difundida no mercado
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 1	
Citada por: Garcia, Nogueira, Betini (2018)	

10.	Para ser melhor aproveitada, necessita estar em junção com outras fontes de energia
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 1	
Citada por: Barragán-Escandón, Terrados-Cepeda, Zalamea-León (2017)	
11.	Produção pouco estável
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 1	
Citada por: García-Olivares (2017)	
12.	Pouca capacidade de produção quando comparado com outras fontes renováveis
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 1	
Citada por: Li, Geng, Li (2016)	
13.	Necessidade de equipamentos que armazenem sua energia para tornar possível sua utilização em períodos não propícios
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 1	
Citada por: Carvalho (2017)	
14.	Fragilidade na área urbana pelas construções terem potencial de sombrear as áreas e impactar na eficiência dos módulos instalados
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 1	
Citada por: Didoné, Wagner, Pereira (2017)	
15.	Sua contribuição para a diminuição dos gases do efeito estufa não é uma garantia absoluta
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 1	
Citada por: Constantino et al (2018)	
16.	Desmatamento de áreas que poderiam ser utilizadas em outras atividades
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 1	
Citada por: Carvalho (2017)	
17.	Ciclo de vida incerto dos painéis solares
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 1	
Citada por: Ahmed (2019)	
18.	A tecnologia depende da interferência do governo, das regulamentações formais estipuladas e dos incentivos financeiros para que ela possa superar essas barreiras e ser competitiva nos mercados
Quantidade de citações nos trabalhos analisados: 1	
Citada por: Kihlström, Elbe (2021)	

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Com base no Quadro 4, apesar de serem observados 18 itens referentes às desvantagens da energia solar fotovoltaica, ressalta-se a diminuição de autores citando-as, principalmente quando comparados às vantagens. São observados dezoito itens que correspondem as principais desvantagens e que são descritas pelo alto custo inicial, citada por 6 autores, o que ainda torna essa tecnologia inacessível a maior parte da população, principalmente a população que muito se beneficiaria com ela, as situadas em áreas remotas. Esse alto custo, conforme Gul, Kotak e Munner (2016) podem inclusive variar significativamente entre os países,

uma vez que existem diversos fatores que influenciam o custo de instalação, aquisição de tecnologia, entre outros.

Uma outra desvantagem citada por 5 autores volta-se à necessidade de aumentar as regulamentações adequadas, principalmente para os obstáculos não econômicos que podem prejudicar a eficácia das políticas e esquemas de apoio a essa fonte energética. Esse fator está diretamente relacionado à falta de modelos de negócios para financiamento no setor privado, citado por 4 autores. Em complemento, é visto em 2 trabalhos a desvantagem voltada a sensibilidade quanto às taxas vigentes e aplicáveis no país, principalmente no tocante a financiamentos. Sobre isso, Gul, Kotak e Munner (2016) discutem que caso houvesse padrões, códigos e certificações internacionais contribuiria diretamente não somente na segurança e qualidade, como também nas barreiras administrativas.

No mais, é citado em 3 trabalhos a dependência das condições climáticas, bem como ao funcionamento ocorrer em períodos limitados (não gera energia solar fotovoltaica no período noturno ou quando está com uma baixa ocorrência de irradiação solar, por exemplo). Também em 3 trabalhos é visto uma outra preocupação no setor, referente a falta de profissionais qualificados, principalmente na formação de graduados universitários profissionais e técnicos, em muitos países, por compreender que esta é uma tecnologia nova e ainda com alto custo financeiro, o que a torna inacessível inclusive quanto aos profissionais ingressos na área.

Sobre isso, Moraes e Takeda (2018) discutem a necessidade de uma boa formação e mão de obra qualificada e capacidade para que sejam capazes de garantir a viabilidade técnica e econômica dos painéis, para que assim fique garantido a segurança, a equidade dos usuários e a realização dos benefícios. Negligenciar essa vertente para comercializar cada vez mais painéis pode contribuir diretamente para que a tecnologia fotovoltaica seja desacreditada tanto quanto aos investidos, como os próprios usuários (MORAES, TAKEDA, 2018).

Outras desvantagens citadas em 1 trabalho cada, voltam-se a inacessibilidade por parte da maior parte da população, inclusive este fator estando diretamente relacionado a inacessibilidade de informações para a população, além de ser pouco difundida no mercado em si. Essa desvantagem está inclusive em contradição a uma das vantagens citada por Nunes-Villela et al (2017), pois os autores discutem que essa fonte de energia é tecnicamente acessível à maior parte da população.

Ao citar isso, os autores voltam-se à possibilidade de geração de energia nos mais variados locais, pela irradiação solar ocorrer na maior parte do globo terrestre de maneira constante, apesar de uniforme. Enquanto Carvalho, Magalhães e Domingues (2019) já citam a inacessibilidade a maior parte da população por visarem o fator econômico, uma vez que, apesar do crescimento de incentivos fiscais, programas de financiamento e amenização dos preços para aquisição dessa

tecnologia, ela ainda é bastante onerosa, principalmente visando a média de ganhos da sociedade atual.

Também é notório nos trabalhos desvantagens quanto a pouca estabilidade de produção, a premente necessidade de estar em junção com outras fontes de energia para ser melhor aproveitada, inclusive sendo citado também a pouca capacidade de produção quando comparado com outras fontes renováveis, como a eólica por exemplo. Inclusive, em um trabalho é citado a necessidade de equipamentos que armazenem sua energia para tornar possível sua utilização em períodos não propícios.

Uma outra desvantagem verificada volta-se ao fato de que o ciclo de vida dos painéis solares é incerto, apoiando muito essa tecnologia especulações e projeções que podem não corresponder à realidade. Além disso, essa tecnologia é dependente direta da interferência governamental dos países, bem como de suas regulamentações formais estipuladas e dos incentivos financeiros para superar as barreiras e ser competitiva no mercado.

Constantino et al (2018) também discutem um fator interessante voltado a contribuição da energia solar fotovoltaica não ser uma garantia no enfrentamento e ou diminuição dos gases de efeito estufa, por tratar-se apenas de especulações desejadas. E outras desvantagens citadas voltam-se a fragilidade encontrada na área urbana pelas construções terem potencial de sombrear as áreas e impactar na eficiência dos módulos instalados.

Também se deve comentar sobre a necessidade de desmatar consideráveis áreas de vegetação natural para instalação dos parques solares, apesar de já estar havendo implantação de projetos que possibilitam a utilização simultânea de áreas produtoras com painéis solares, também conhecido como Agrovoltáico (e.g. AMADUCCI, YIN, COLAUZZI, 2018; SOUSA, 2019; CLANDESTINO MUÑOZ, 2020; SVANERA; GHIDESI; KNOCHE, 2021). Por isso, através de pesquisas e tecnologias, esses impactos tendem a ser amenizados com a possibilidade de tornar essa energia ainda mais viável.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se no estudo uma maior quantidade de trabalhos que destacam as vantagens da energia solar fotovoltaica. Com base nas vantagens elencadas, pode-se constatar que, apesar de serem publicadas em anos e locais variados, são úteis e necessárias em todos esses locais, estando essas correlacionadas nas mais variadas formas. Os resultados sentidos com a expansão da energia fotovoltaica, em escala mundial e nacional, direcionam-se para os setores econômico e social, com o aumento de empregos diretos e indiretos; aumento nas demandas e oferta de cursos voltados a atividade, como técnico em elétrica, mecânica e outros

diretamente ligados à área, como manutenção e instalação de sistemas fotovoltaicos; e por fim, contribuindo com o meio ambiente de diferentes formas.

Portanto, além de fortalecer a atividade econômica do país, a energia solar contribui na movimentação dos setores produtivos brasileiros, do agronegócio ao comércio, dos serviços à indústria. Para o poder público, contribui na recomposição dos cofres públicos, via arrecadação sobre as atividades do setor. Em relação a sociedade de maneira geral, os ganhos vão além de economia nas contas, pois há valorização de imóveis e a tentativa de amenizar os impactos adversos para com o meio ambiente, buscando auxiliar na premissa do desenvolvimento sustentável da garantia de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das gerações futuras.

REFERÊNCIAS

AHMED, Adel et al. Government policy and financing options for solar energy: World prospects. **International Journal of Energy Economics and Policy**, [S.l.], v.9, n.6, p.11-145, 2019. Disponível em: <http://zbw.eu/econis-archiv/bitstream/11159/5151/1/174795778X.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2021.

ALVES, Arileide Cristina; YANG, Renata Lautert; TIEPOLO, Gerson Máximo. Projection of the Demand of Electricity in the State of Paraná for 2050 and Proposal of Complementarity of the Electrical Matrix through the Solar Photovoltaic Source. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, [S.l.], v. 61, p.1-10, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/babt/a/XrzsGvyKm4nPkZnSnzmmnNH/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 13 abr. 2021.

AMADUCCI, Stefano; YIN, Xinyou; COLAUZZI, Michele. Agrivoltaic systems to optimise land use for electric energy production. **Applied energy**, [S.l.], v. 220, p. 545-561, 2018.

BARETA, Maria Luiza E. et al. Integration of Renewable Energy Sources to Operate in Microgrids in Rural Zones in Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, [S.l.], v. 62, p.1-5, 2019. Disponível: <https://www.scielo.br/j/babt/a/fscfGb7gxqDqCwT7Fb6GTJw/?format=pdf&lang=en>. 14 abr. 2021.

BARRAGÁN-ESCADÓN, Antonio; TERRADOS-CEPEDA, Julio; ZALAMEA-LEÓN, Esteban. The role of renewable energy in the promotion of circular urban metabolism. **Sustainability**, [S.l.], v. 9, n. 2341, p.1-29, 2017. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/12/2341/htm>. Acesso em: 19 abr. 2021.

BARROSO, Amanda Maria Rodrigues et al. Piauí Solar: State development impulsioned by photovoltaic solar energy. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 41723-41730, abr. 2021.

BOTKIN, Daniel B.; KELLER, Edward A. **Ciência ambiental: Terra, um planeta vivo**. 7 ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2011.

BURSZTYN, Marcel. Energia solar e desenvolvimento sustentável no Semiárido: o desafio da integração de políticas públicas. **Estudos Avançados**, [S.l.], v. 34, n. 98, p. 167-186, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/HRtVCv9DddGGWWD3ZGmHvfK/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 abr. 2021.

CAO, Xuping; RAJARSHI, Aroskar; TONG, Juxi. Technology evolution of China's export of renewable energy products. **International journal of environmental research and public health**, [S.l.], v. 15, n. 8, p. 1782, 2018.

CARDOSO, Diego Silva et al. Distributed generation of photovoltaic solar energy: impacts of aneel's new regulation proposal on investment attractiveness. **Revista de Administração da UFSM**, Santa Maria, v. 14, n.2, p. 423-442, abr./jun. 2021.

CARVALHO, Gustavo Macêdo de. **Benefícios e limitações dos cenários baseados em fuzzy cognitive maps: O caso da energia fotovoltaica brasileira**. Tese (Doutorado em Administração de empresas) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

CARVALHO, Micaele Martins de; MAGALHÃES, Aline Souza; DOMINGUES, Edson Paulo. Impactos econômicos da ampliação do uso de energia solar residencial em Minas Gerais. **Nova Economia**, [S.l.], v. 29, n. 2, p. 459-485, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/neco/a/rYXdfgJnQdFfYKMcyYzKp9G/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 abr. 2021.

CARVALHO, Monica et al. Potential of photovoltaic solar energy to reduce the carbon footprint of the Brazilian electricity matrix. LALCA: **Revista Latino-Americana em Avaliação do Ciclo de Vida**, Brasília, v. 1, n. 1, p. 64-85, jul./dez., 2017. Disponível em: <https://lalca.acv.ibict.br/lalca/article/view/3779/pdf>. Acesso em: 20 abr. 2021.

CARVALHO, Rodrigo Delalibera et al. Otimização do dimensionamento em sistemas de bombeamento fotovoltaico: validação de modelo em sistema piloto na comunidade rural de Rio Belo, Orleans (SC). **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S.l.], v. 23, n. 6, p. 1153-1162, nov./dez., 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/MvNXgxh3CHcnVh354jvy8hw/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 21 abr. 2021.

CHAVES, Alaor S. Tecnologias de eletricidade limpa podem resolver a crise climática. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [S.l.], v. 43, p. e20210361-e20210361-7, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/Y3RbddG4dCFLjzRsgTqB6vy/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 02 jan. 2022.

CONSTANTINO, Gabriel et al. Adoption of photovoltaic systems along a sure path: A life-cycle assessment (LCA) study applied to the analysis of GHG emission impacts. **Energies**, [S.l.], v. 11, n. 2806, p. 1-28, 2018.

DALMAZZO-BERMEJO, Enzo; VALENZUELA-KLAGGES, Bárbara; ESPINOZA-BRITO, Luis. Producción de energía renovable no tradicional en América Latina: economía y políticas públicas. **Apuntes**, [S.l.], v. 44, n. 81, p. 67-87, 2017.

DARVISHI, Hadi; VAREDI, Shayesteh. Assessment of the contemporaneous impacts of gross domestic product and renewable energy consumption, applying the dynamic panel data. **International Journal of Energy Economics and Policy**, [S.l.], v.8, n.1, p.159-166, 2018. Disponível em: <http://zbw.eu/econis-archiv/bitstream/11159/1928/1/1023180103.pdf>. Acesso em: 20 de abr. 2021.

DIDONÉ, Evelise Leite; WAGNER, Andreas; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. Avaliação da influência do contexto urbano na radiação solar para geração de energia. **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, [S.l.], v. 9, supl.1, p. 408-424, 2017.

DUAN, Hongbo et al. Robust climate change research: a review on multi-model analysis. **Environmental Research Letters**, [S.l.], v. 14, p. 1-23, 2019. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aaf8f9/pdf>. Acesso em: 30 abr. 2021.

DUARTE, Meire Eugênia. **Evolução Econômica do município de Mossoró/RN**. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Economia) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

DUTRA, Ailton do Egito. Impactos Socioeconômicos da Energia Solar Fotovoltaica no Estado da Paraíba. In: Congresso Brasileiro de Energia Solar, VIII, 2020, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: [S.n.], 2020. p.[8].

FIKRU, Mahelet G. et al. Notes on the Economics of Residential Hybrid Energy System. **Energies**, [S.l.], v. 12, n. 2639, p.1-18, 2019.

FRANCISCO, Ana Carolina Camargo et al. Influência de parâmetros meteorológicos na geração de energia em painéis fotovoltaicos: um caso de estudo do Smart Campus Facens, SP, Brasil. **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, [S.l.], v. 11, p.1-15, 2019. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/urbe/a/f5NZ33Mv5FNCFVpjjv6DsSn/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 15 abr. 2021.

FRANCO, Antonio Carlos; RAVAGNANI, Mauro Antonio da Silva Sá; FRANCO, Luciane Silva. Potential environmental impacts of photovoltaic solar energy on industry. **Exacta Engenharia de produção**, 2021. p. [23]. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/exacta/article/view/18998>. Acesso em: 3 abr. 2022.

GARCIA, Gabriela; NOGUEIRA, Eliel Ferreira; BETINI, Roberto Cesar. Solar Energy for Residential Use and Its Contribution to the Energy Matrix of the State of Paraná. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, [S.l.], v. 61, p.1-11, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/babt/a/GzQpLT9FXyjnPXM4h684rqd/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 2 abr. 2021.

GARCÍA-OLIVARES, Antonio. Energy for a sustainable post-carbon society. **Energies**, [S.l.], v. 8, p. 13308–13343, 2015. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/8/12/13308>. Acesso em: 10 jan. 2022.

GARRIDO, Susana; SEQUEIRA, Tiago; SANTOS, Marcelo. Renewable energy and sustainability from the supply side: A critical review and analysis. **Applied Sciences**, [S.l.], v. 10, n. 5755, p.1-29, 2020.

GUL, Mehreen; KOTAK, Yash; MUNEEER, Tariq. Review on recent trend of solar photovoltaic technology. **Energy Exploration & Exploitation**, [S.l.], v. 34, n. 4, p. 485-526, 2016.

HEINZEN, Mateus Seleme; MAZUTE, Juliano. Descobrimto dos clientes de energia solar fotovoltaica na Grande Florianópolis utilizando o método Customer Development. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 6, n. 3, p. 201-222, out.dez. 2017. Disponível em: https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/5563/3334. Acesso em: 3 abr. 2021.

IMAI, Hugo Eiji et al. Simulação computacional como ferramenta de otimização na geração de energia solar fotovoltaica. **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, [S.l.], v. 12, p.1-19, 2020.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Solar PV – Analysis**. [S.l.]: IEA, 2022. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/solar-pv>. Acesso em: 07 jan. 2023.

INTERNATIONAL RENENEWABLE ENERGY AGENCY. **World Adds Records new renewable energy capacity in 2020**. [S.l.]: IRENA, 2021. Disponível em: <https://www.irena.org/news/pressreleases/2021/Apr/World-Adds-Record-New-Renewable-Energy-Capacity-in-2020>. Acesso em: 10 abr. 2021.

JÄGER-WALDAU, Arnulf. Snapshot of photovoltaics—February 2020. **Energies**, [S.l.], v. 13, p.1-8, 2020.

JEBLI, Mehdi Ben; YOUSSEF, Slim Ben; APERGIS, Nicholas. The dynamic linkage between renewable energy, tourism, CO 2 emissions, economic growth, foreign direct investment, and trade. **Latin American Economic Review**, [S.l.], v. 28, n. 1, p. 1-19, 2019.

JOSHI, Siddharth et al. High resolution global spatiotemporal assessment of rooftop solar photovoltaics potential for renewable electricity generation. **Nature communications**, [S.l.], v. 12, n. 1, p. 1-15, 2021.

KARIM, Mohammad Ershadul et al. Renewable energy for sustainable growth and development: An evaluation of law and policy of Bangladesh. **Sustainability**, v. 11, n. 20, p. 1-30, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/20/5774>. Acesso em: 15 abr. 2022.

KIHLSTRÖM, Victoria; ELBE, Jörgen. Constructing Markets for Solar Energy - A Review of Literature about Market Barriers and Government Responses. **Sustainability**, [S.l.], v. 13, n. 3273, p.1-20, 2021.

KRASNHAK, Larissa Barbosa et al. Analysis of Production and Consumption of Electric Energy in the Green Office of UTFPR in Curitiba. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 61, p.1-9, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/babt/a/5Hghvcw3p3prSw9FfxSRHVQ/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 17 abr. 2022.

LAFEVERS, Andrew G. **Benefits And Obstacles To Installing Wind And Solar Energy Systems On University Campuses: A Texas Study**. Tese (Doutorado em Filosofia) – University of Texas at Arlington, [S.l.], 2018. Disponível em: <https://rc.library.uta.edu/uta-ir/bitstream/handle/10106/27551/LAFEVERS-DISSERTATION-2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 20 abr. 2021.

LARA, Mauro Obladen de; UNSIHUAY-VILA, Clodomiro; SILVA, Vilson Roiz Gonçalves Rebelo da. Technical and economic viability of the installation of a hybrid solar-wind generation system in a Brazilian industry. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 62, p.1-9, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/babt/a/9kP3J93WdRyydg7bvbYxQYy/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 3 abr. 2021.

LI, Jinchao; GENG, Xian; LI, Jinying. A comparison of electricity generation system sustainability among G20 countries. **Sustainability**, [S.l.], v. 8, p. 1-11, 2016. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/8/12/1276>. Acesso em: 8 abr. 2021.

LI, Ying; CHIU, Yung-ho; LIN, Tai-Yu. Research on new and traditional energy sources in OECD countries. **International journal of environmental research and public health**, v. 16, n. 7, Online, 2019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6479328/>. Acesso em: 16 abr. 2021.

LIRA, Marcos Antônio Tavares et al. Contribuição dos Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica para a Redução de CO2 no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [S.l.], v. 34, n. 3, p. 389-397, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/69q66CQbN37FRchhFy7V7vR/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 18 abr. 2022.

MARIANO, Juliana D.'Angela; URBANETZ JUNIOR, Jair. The Photovoltaic Generation and its Energy Contribution and Demand Shifting at the Center Headquarters of the Federal University of Technology-Paraná-Campus Curitiba. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, [S.l.], v. 61, p.1-11, 2018. Disponível: <https://www.scielo.br/j/babt/a/SxptGnJGgvBtHgffGxq7jfQ/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 5 abr. 2021.

MELO JUNIOR, Celso Fabrício; WAENGA, Aline F. Cordeiro; PINTO, Dayana A. Ferreira. Effects of the photovoltaic distributed generation on electricity distribution system voltage-updated review. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, [S.l.], v. 61, p.1-5, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/babt/a/Cs7Z3TrVgNnDQf8mzmGKc3gK/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 2 abr. 2021.

MIN, Hokey; HAILE, Yohannes. Examining the Role of Disruptive Innovation in Renewable Energy Businesses from a Cross National Perspective. **Energies**, [S.l.], v. 14p. 1-19, 2021.

MIRANDA-MOUSSINHO, Maria Cândida Arrais et al. Provoking Energy Cooperation in the South Countries: Renewable Energy in Brazil and India. **International Journal of Energy Economics and Policy**, [S.l.], v. 7, n. 4, p. 269-274, 2017.

MORAES, Fillipe Alexandre; TAKEDA, Othavio Toniasso. Analysis of the Insertion of Particular Photovoltaic Generation in the Low Voltage Installations, Under the Approach to Performance, Safety, Maintenance and Operation of the PVS. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, [S.l.], v. 61, p.1-8, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/babt/a/8mG3yJwkrfXCkzQZb6gRrww/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 9 abr. 2021.

MOURIÑO, Gabriela Leal de; ASSIREU, Arcilan Trevenzoli; PIMENTA, Felipe. Regularization of hydroelectric reservoir levels through hydro and solar energy complementarity. **Rbrh**, [S.l.], v. 21, p. 549-555, 2016.

NASCIMENTO, Adriana de Souza. **Energia solar fotovoltaica**: estudo e viabilidade no nordeste brasileiro. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015.

NUNES-VILLELA, Josely et al. Energia em tempo de descarbonização: uma revisão com foco em consumidores fotovoltaicos. **Brazilian Journal of Environmental Sciences (Online)**, [S.l.], n. 45, p. 130-144, 2017.

NISHIMOTO, Ellen; VARAJÃO, Guilherme Fortes Drummond Chicarino. Energia solar fotovoltaica em meios de hospedagem no Brasil: nicho de mercado ou tendência à massificação? **CULTUR: Revista de Cultura e Turismo**, [S.l.], v. 12, n. 1, p. 148-168, 2018.

NUNES-VILLELA, Josely et al. Energia em tempo de descarbonização: uma revisão com foco em consumidores fotovoltaicos. **Brazilian Journal of Environmental Sciences (Online)**, [S.l.], n. 45, p. 130-144, 2017.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Articulando os Programas de Governo com a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**: Orientações para organizações políticas e a cidadania. Brasil: ONU Brasil, 2018.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. Brasília: ONU Brasil, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 10 maio 2021.

PEPLOW, Luiz Amilton et al. Evaluation of Global Heating Reduction Potential with the Replacement of Electricity Supplied by the Local Concessionaire Via Solar Renewable Source. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, [S.l.], v. 62, p.1-11, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/babt/a/Vnp58z3tK6Yn7DQRQ3H85pQ/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 4 abr. 2021.

PEREIRA, Juliano da Silva et al. Assessment of the Potential Implementation of Solar Energy Generation in State Schools in Curitiba/PR. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, [S.l.], v. 61, p.1-9, 2018.

PÉREZ-SÁNCHEZ, Modesto et al. Energy recovery in existing water networks: Towards greater sustainability. **Water**, [S.l.], v. 9, n. 97, p. 1-20, 2017.

PINTO, Lucía Iracema Chipponelli; MARTINS, Fernando Ramos; PEREIRA, Enio Bueno. O mercado brasileiro da energia eólica, impactos sociais e ambientais. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 12, n. 6, p. 1082-1100, nov./dez. 2017. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/5b77GB9j4yPTzkS4pjxyhvH/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 5 maio 2021.

ROSA, Caroline De Oliveira Costa Souza et al. Complementarity of hydro, photovoltaic, and wind power in Rio de Janeiro State. **Sustainability**, [S.l.], v. 9, n. 7, p. 1-12, 2017.

SAADIA, Davi; SAUAIA, Rodrigo; KOLOSZUK, Ronaldo. São Paulo: ABSOLAR, 2020. **Energia solar: novas tecnologias e modelos de negócio para a recuperação econômica do Brasil**. [S.l.]: ABSOLAR, 2020. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/artigos/energia-solar-novas-tecnologias-e-modelos-de-negocio-para-a-recuperacao-economica-do-brasil/>. Acesso em: 08 abr. 2020.

SAMPAIO, Rosana Ferreira; MANCINI, Marisa Cotta. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, [S.l.], v. 11, p. 83-89, 2007.

SHAIKH, Ejaz Nazir et al. A Review on: Renewable Energy Sources and Generation of Photovoltaic Solar Technology. **International journal of scientific development and research**, [S.l.], v.6, n.4, 2021.

SILVA, Lucas Gibram Leite et al. Solar photovoltaic energy applied to ferroalloy industry. **REM-International Engineering Journal**, Ouro Preto, v. 72, n. 2, p. 251-255, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/remi/a/rq5K5r7W6Y5zWGjxfYzkzCS/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 16 abr. 2021.

SILVA, Rutelly Marques da. **Energia Solar no Brasil: dos Incentivos aos Desafios, Núcleo de Estudos e Pesquisas**. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, 2015. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td166>. Acesso em: 22 abr. 2021.

SOARES, Rauf Rodrigues. A sustentabilidade aplicada na elaboração de centros de distribuição no Brasil. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, [S.l.], v. 6, n. 3, p. 1-14, 2017.

SOUSA, Marcia. **Agrovoltaico: combinar painéis solares e cultivo agrícola otimiza produção**. [S.l.]: Ciclo Vivo, 2019. Disponível em: <https://ciclo vivo.com.br/inovacao/negocios/agrovoltaico-paineis-solares-cultivo-agricola/>. Acesso em: 13 ago. 2021.

TABASSUM, Sanzana et al. Solar Energy in the United States: Development, Challenges and Future Prospects. **Energies**, [S.l.], v. 14, p. 1 - 65, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/23/8142> . Acesso em: 12 jan. 2022.

TEIXEIRA, Albérico Canário; CORIOLANO, Ana Catarina Fernandes; ROCHA, Alexandro Vladno. Viability analysis of a grid-connected photovoltaic system in IFRN, Campus João Camara. **Holos**, Natal, v. 1, p. 285-294, 2016.

TONIN, Fabianna Stumpf; URBANETZ, Jair. Characterization of grid-connected photovoltaic systems in Curitiba, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, [S.l.], v. 61, p.1 - 8, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/babt/a/5nJXctjHF6TzY7RNQRjKtDw/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 11 abr. 2021.

TRIBUNA DO NORTE. **No RN energias limpas lideram investimentos e ampliam empregos**. Rio Grande do Norte: Tribuna do Norte, 2021. Disponível em: <http://www.tribunadonorte.com.br/noticia/no-rn-energias-limpas-lideram-investimentos-e-ampliam-empregos/503303>. Acesso em: 14 abr. 2021.

URBANETZ, Jair et al. Analysis of the operation of photovoltaic systems installed at Federal University of Technology-Paraná in Curitiba. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, [S.l.], v. 61, p.1-9, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/babt/a/QqCLW4gHGgm8kQXyWVVDKqPF/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 14 abr. 2021.

VIANA, Lucas de A. et al. Decrease in off-peak electrical energy demand by agroindustries due to photovoltaic solar generation. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.39, n.4, p.537-547, jul./ago. 2019.

VO, Thi Thu Em et al. Overview of Possibilities of Solar Floating Photovoltaic Systems in the OffShore Industry. **Energies**, [S.l.], v. 14, p. 1-30, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/21/6988>. Acesso em: 18 abr. 2021.

WANG, Mudan et al. Breaking down barriers on PV trade will facilitate global carbon mitigation. **Nature communications**, [S.l.], v. 12, n. 6820, p. 1-16, 2021. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41467-021-26547-7.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2022.

WORLD WILDLIFE FUND. **Access o Energy from Renewable Sources in Remote Regions in Brazil: 2020 Learned Editions and Recommendations**. Brasília: WWF, 2020. Disponível em: https://wwfbr.awsassets.panda.org/downloads/04mai20_avaliacao_de_impactos_en_1.pdf. Acesso em: 15 abr. 2021.

YORO, Kelvin O.; DARAMOLA, Michael O. CO2 emission sources, greenhouse gases, and the global warming effect. In: **Advances in carbon capture**. Woodhead Publishing, 2020. p. 3-28.

Contato com o autor: juliarelene@gmail.com

Recebido em: 27/04/2023

Aprovado em: 12/05/2024