

## LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO DOS BENEFÍCIOS DO USO DE PLACAS FOTVOLTAICAS APLICADAS EM RESIDÊNCIAS

Daiane Costa Guimarães<sup>1</sup> Tiago Soares da Silva<sup>2</sup> Suzana Leitão Russo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciência da Propriedade Intelectual- PPGPI  
Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil  
dayaned10@hotmail.com

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciência da Propriedade Intelectual- PPGPI  
Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil  
tiago@ifpi.edu.br

<sup>3</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciência da Propriedade Intelectual- PPGPI  
Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil  
suzana.ufs@hotmail.com

### Resumo

*A crescente demanda de energia, o aumento do custo dos combustíveis fósseis e a preocupação com o meio ambiente provocaram um avanço no setor de geração de energia a partir de recursos renováveis. O Brasil possui um grande potencial de desenvolvimento devido sua localização espacial, onde a maior parte do país constitui-se próximo à linha do equador, o qual possui maior incidência de radiação solar. Diversos benefícios são apresentados neste artigo que são associados à utilização da energia solar fotovoltaica em residências. Tal energia tem como principais objetivos a opção de uma solução viável do ponto de vista econômico, bem como do ponto de vista social, com impacto bastante positivo para que as pessoas tenham consciência da necessidade de optar cada vez mais pelas energias renováveis. Este estudo utilizou dados extraídos da base Scopus, tendo por objetivo realizar levantamento bibliográfico nas produções científicas relativas aos benefícios do uso das placas fotovoltaicas utilizadas em residências. Foram utilizados 305 trabalhos nesta pesquisa. O país com a maior produção científica são os Estados Unidos, sendo o inglês a língua mais utilizada nos trabalhos encontrados. Recomenda-se que em trabalhos futuros seja realizada uma pesquisa mais aprofundada, analisando-se os achados de forma mais detalhada.*

**Palavras-Chave:** energia; renovável; placa; fotovoltaica; residencial

### 1 Introdução

Historicamente a relação do homem com a natureza é marcada por degradações, provocada tanto pela utilização desenfreada e despreocupada dos recursos naturais, quanto de práticas criminosas de poluição, que causam grandes desastres ambientais (BRANDALISE et al., 2017). Segundo Mazzuoli e Teixeira (2013) é direito da humanidade ter a garantia de um ambiente sadio. Neste sentido, o homem é desafiado a promover o desenvolvimento econômico, e ainda assim, assegurar a preservação do meio ambiente (AYE e EDOJA, 2017).

Considerando que o setor energético é responsável por 68% das emissões globais de gases de efeito estufa (International Energy Agency, 2017) e a matriz energética global é altamente

dependente dos combustíveis fósseis, buscar uma alternativa de energia sustentável não se torna apenas uma opção, mas uma responsabilidade ética (LARDIZABAL et al., 2014).

Nesse sentido, na busca por energia elétrica a partir de fontes renováveis e com baixo impacto ambiental, muitos países têm estabelecido políticas diversas de incentivo ao desenvolvimento de energia solar fotovoltaica. Essas políticas têm influência direta na maneira como a geração solar se instala na rede e, conseqüentemente, nos impactos advindos da integração desse modo de produção de eletricidade (VIEIRA, 2016).

Com o aumento de fontes renováveis de energia nas redes de transmissão e de distribuição de energia, e especialmente através da geração distribuída com sistemas solares fotovoltaicos, as flutuações inerentes a estes geradores, que antes eram absorvidas pelas redes de distribuição, atualmente passam a ser mais críticas (NASCIMENTO, 2019).

O Brasil é destaque internacional na geração de energia renovável e ocupa atualmente a 3ª posição no ranking, com evidência para a energia hidroelétrica que representa 9% da geração mundial (International Energy Agency, 2017). O Brasil tem um grande potencial para geração de energia solar fotovoltaica. Neste sentido, Pereira (2017) afirma que os piores indicadores de irradiação solar de algumas regiões do país, supera inclusive, o local mais ensolarado da Alemanha.

Diante do contexto, umas das mais recentes e promissoras aplicações da tecnologia fotovoltaica é a integração de painéis solares em conjunto com a construção civil, de forma descentralizada e ligada à rede elétrica de energia. Essa é a característica fundamental dos sistemas fotovoltaicos instalados no meio urbano, com especial destaque para a utilização em edificações residenciais (SPRICIGO e TESTON, 2009). A utilização das placas fotovoltaicas em residências beneficiará um grande número de pessoas, uma vez que diminuirá o valor a conta de energia e preservará o meio ambiente.

O presente estudo tem como objetivo realizar levantamento bibliográfico das produções científicas relativas aos benefícios do uso das placas fotovoltaicas utilizadas em residências. Para tanto, realizou-se o levantamento bibliográfico com dados coletados na *Scopus* durante o mês de julho de 2021 sobre geração de energia elétrica por meio da energia solar.

## **2. Referencial Teórico**

Esta seção visa abordar sobre a energia solar, suas vantagens e desvantagens e a energia solar fotovoltaica, a importância desses painéis fotovoltaicos nas edificações residenciais.

### **2.1 Energia Solar**

Por meio do efeito fotovoltaico, a energia contida na luz do sol pode ser convertida diretamente em energia elétrica. Este método de conversão energética apresenta como grandes vantagens sua extrema simplicidade, a inexistência de qualquer peça mecânica móvel, sua característica modular (desde mW até MW), os curtos prazos de instalação, o elevado grau de confiabilidade dos sistemas e sua baixa manutenção. Além disso, sistemas solares fotovoltaicos representam uma fonte silenciosa, não poluente e renovável de energia elétrica bastante adequada à integração no meio urbano, reduzindo quase completamente as perdas por transmissão e distribuição da energia devido à proximidade entre geração e consumo (RÜTHER, 2004).

De acordo com Nascimento (2017), o Brasil, por sua localização e extensão territorial, possui grandes reservas de quartzo de qualidade, que podem gerar vantagem competitiva para produção de silício com alto grau de pureza, células e módulos solares, produtos esses de alto valor agregado.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em seu relatório sobre energia solar, afirma que suas maiores aplicações atuais são para o aquecimento de água e geração fotovoltaica de

energia elétrica, sendo o segundo mais encontrado nas Regiões Norte e Nordeste, em comunidades que não têm acesso à rede de energia elétrica (ANEEL, 2020).

A utilização da fonte solar para gerar energia elétrica proporciona diversos benefícios, citados por ABSOLAR (2019), tanto do ponto de vista econômicos, sociais, ambientais, elétricos e estratégicos às pessoas, empresas, governos e à sociedade.

Do ponto de vista elétrico, contribui para diversificação da matriz, aumento da segurança no fornecimento, redução de perdas e alívio de transformadores e alimentadores. Sob o aspecto ambiental, há a redução da emissão de gases do efeito estufa, da emissão de materiais particulados e do uso de água para geração de energia elétrica. Com relação a benefícios socioeconômicos, a geração de energia solar fotovoltaica contribui com a geração de empregos locais, o aumento da arrecadação e o aumento de investimentos (NASCIMENTO, 2017).

Para, além disso, é importante destacar as vantagens e desvantagens da energia solar fotovoltaica, como se pode ver a seguir (Tabela 1).

Tabela 1 - Vantagens e desvantagens de se utilizar energia solar

<b>Vantagens da Energia Solar</b>	<b>Desvantagens da Energia Solar</b>
A energia solar não polui, é renovável, limpa e sustentável	Alto custo de aquisição
Energia alternativa ao petróleo	Não gera energia à noite
A energia solar é silenciosa	Falta de Incentivos no Brasil
É uma fonte de energia gratuita	Baixa capacidade de armazenamento
Necessidade mínima de manutenção	
Fácil de instalar	
Vida útil de mais de 30 anos, pagando-se em até 10 anos	
Geração de empregos	
Equipamentos fotovoltaicos podem ser reciclados	
Ocupa pouco espaço e valoriza o imóvel	

Fonte: Autoria Própria, baseado no PORTALSOLAR (2021)

A energia solar possui um papel importantíssimo na diminuição dos impactos ambientais em todo o mundo. Além da preservação do meio ambiente, traz diversos benefícios, tanto para residências quanto para estabelecimentos comerciais, indústrias, propriedades rurais e serviços públicos (PORTALSOLAR, 2020).

## 2.2 Energia Fotovoltaica

A energia solar fotovoltaica é obtida através da conversão da radiação solar em eletricidade por intermédio de materiais semicondutores. Em um fenômeno conhecido como Efeito Fotovoltaico (SILVA e COSTA, 2017). O efeito fotovoltaico, descoberto em 1839 por Edmond Becquerel, os fótons contidos na luz solar são convertidos em energia elétrica por meio do uso de células solares, o processo mais comum de geração de energia elétrica a partir da energia solar.

De acordo com Dantas e Pompermayer (2018) a energia fotovoltaica consiste na geração de energia elétrica por meio de materiais semicondutores que apresentam o efeito fotovoltaico, esse fenômeno químico e físico pode ser definido como a formação de tensão elétrica ou corrente em um material que é exposto à luz.

Rocha et. al (2013) diz que a sociedade demanda cada vez mais por energia “limpa”, e é relevante criar alternativas que amenizem os impactos ao meio ambiente e que ao mesmo tempo promovam o bem-estar da sociedade. A energia solar fotovoltaica é uma alternativa energética sustentável e promissora, e o Brasil possui características climáticas favoráveis para a exploração desta matriz (Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2017).

Some-se a isto, Eiffert e Kiss (2000) relatam que a integração dos painéis fotovoltaicos com a edificação residencial apresenta vantagens de custos que torna este conceito atrativo tanto para regiões urbanizadas tanto para regiões menos densamente populosas, sendo assim, o sistema de energia fotovoltaico, também chamado de sistema de energia solar é um sistema capaz de gerar energia elétrica através da radiação solar.

Esse sistema permite que os consumidores domésticos gerem sua própria energia elétrica a partir da energia solar, inclusive podem fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade. Segundo a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) (RESOLUÇÃO NORMATIVA 482, 2016), a geração distribuída em micro e minicentraís são inovações para o setor energético do país, aliando economia financeira, consciência socioambiental e sustentabilidade. Abaixo ilustra a configuração básica de um sistema Fotovoltaico Residencial Rella (2017):

- Módulos Solares fotovoltaicos – energia produzida em corrente contínua (C.C);
- Inversor grid – tie - energia produzida em corrente alternada (C.A.);
- Quadro Elétrico – energia consumida;
- Medidor Bidirecional – energia injetada na rede;
- Rede da Concessionária de energia – energia fornecida pela concessionária.

### 3 Metodologia

Esta é uma pesquisa exploratória e descritiva de natureza quantitativa e consiste em um levantamento bibliográfico embasado em artigos científicos coletados a partir do Portal de Periódicos da Capes obtidos em julho de 2021, tendo uma abordagem quantitativa.

Este trabalho teve seu início na busca de artigos na base *Scopus* com o uso dos termos de busca presentes na Tabela 2 em que 374 trabalhos foram constatados nas buscas realizadas.

Tabela 2 – Pesquisa na base *Scopus*

Base <i>Scopus</i>	Artigos
<i>benefits and photovoltaic and residence</i>	12
<i>benefits and photovoltaic and home</i>	186
<i>benefits and photovoltaic and house</i>	176
Total	374

Fonte: Autoria própria (2021)

Foram eliminados os artigos do ano de 2021, que totalizaram 40 trabalhos e os duplicados, que somam 29, restando 305 produções, que foi o objeto de estudo desta pesquisa. Os dados foram analisados com a ajuda de planilha eletrônica. Portanto, são considerados nesta pesquisa somente artigos no período de 1977 a 2020.

A etapa seguinte, com base nos resultados obtidos, consistiu na análise descritiva e exploratória, analisando a produção científica e os principais trabalhos encontrados nos achados, sendo apresentados a distribuição dos trabalhos por país e por afiliações, como também os autores que mais apresentaram produção e a relação existente entre autores e trabalhos produzidos.

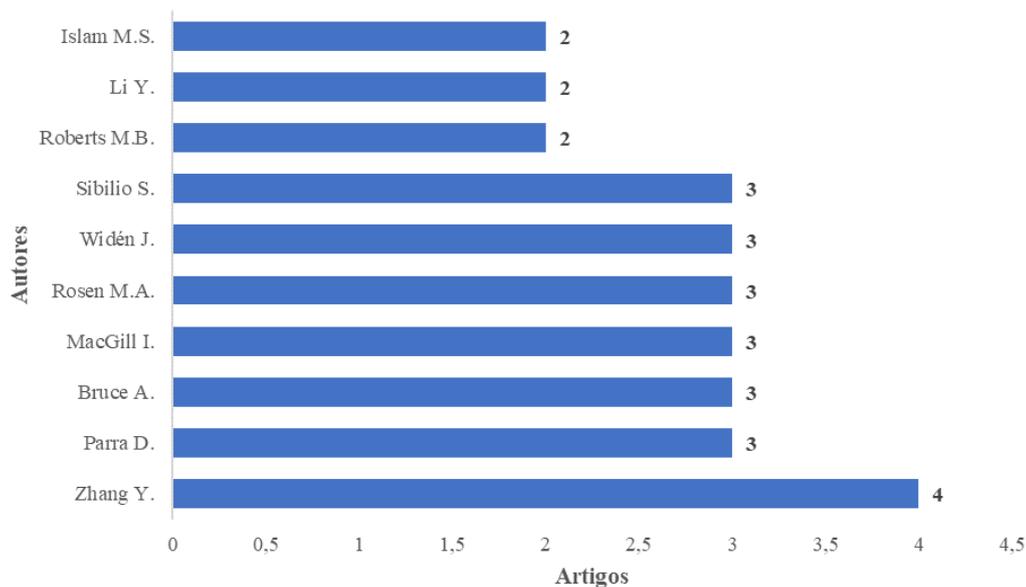
Concluída a análise dos resultados e, finalmente, para as considerações finais.

### 4 Análise dos resultados

A fim de investigar o cenário relacionado a energia solar da geração de energia fotovoltaica aplicada em residência realizou-se um levantamento bibliográfico, compreendendo o período de 1977 a 2020.

De acordo com os dados coletados, os autores que mais são os que se apresentam na Figura 1.

Figura 1 – Autores Mais Produtivos

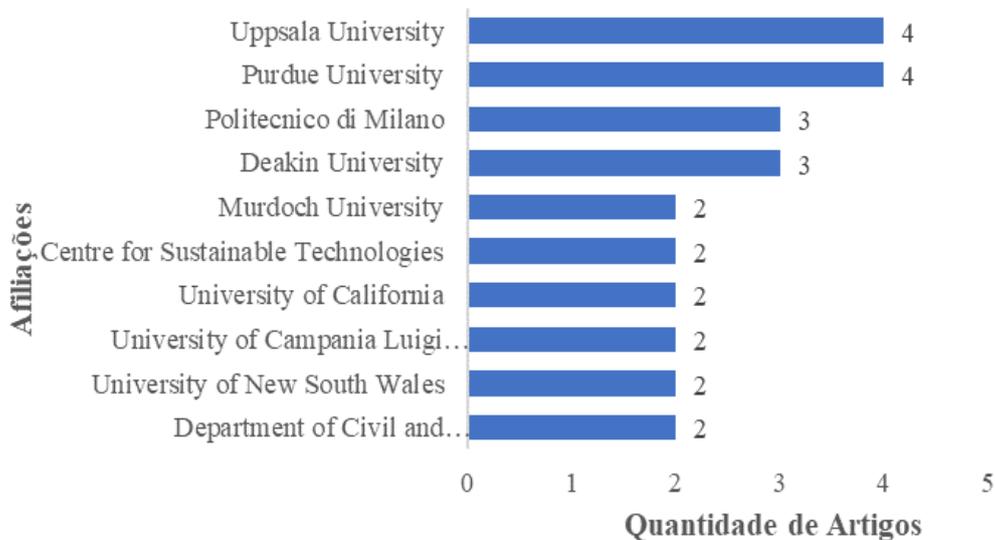


Fonte: Autoria própria (2021)

Como se percebe, Zhang Y foi o autor mais produtivo, com quatro publicações encontradas, que atua no laboratório de proteção de materiais e materiais avançados em energia elétrica, no Centro de Pesquisa de Engenharia de Conversão de Energia Elétrica de Xangai, Universidade de Energia Elétrica de Xangai, na China.

A Figura 2 apresenta as Instituições em que os autores estão afiliados.

Figura 2 – Afiliações



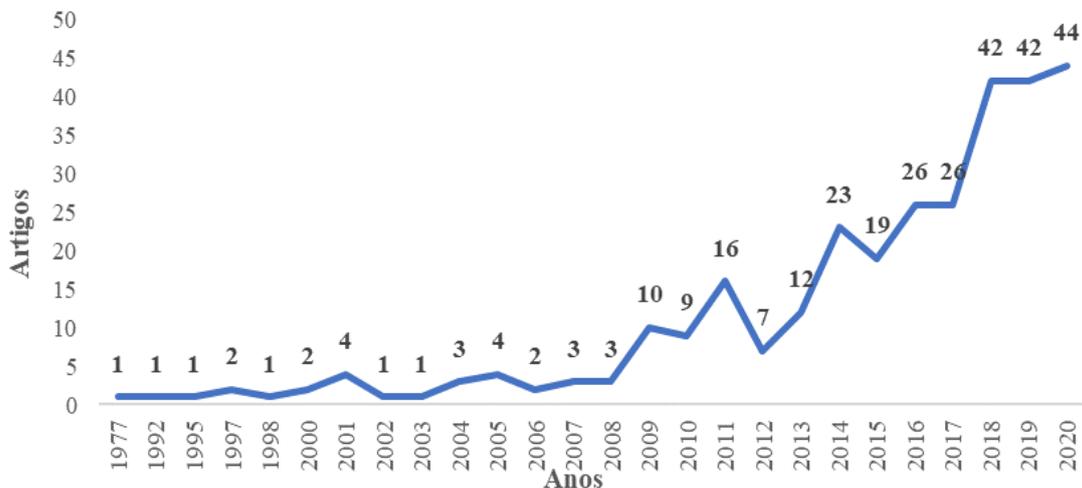
Fonte: Autoria própria (2021)

Consoante a Figura 2, Purdue University e Uppsala University foram as universidades que tiveram mais trabalhos encontrados, ambas com 4 trabalhos publicados. A Purdue University é uma universidade localizada no Estados Unidos, sendo uma das cinco principais universidades públicas dos Estados Unidos com a quarta maior matrícula de estudantes internacionais. Fundada em 1477, a

Uppsala University é a primeira universidade da Suécia, tendo 8 ex-alunos da universidade que foram premiados pelo Nobel.

A evolução temporal dos trabalhos encontrados na pesquisa é apresentada observada na Figura 3.

Figura 3 – Evolução Temporal



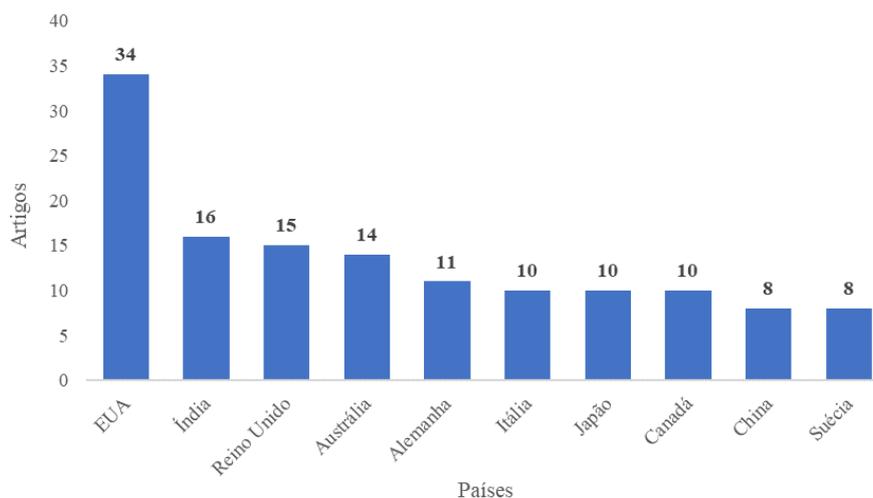
Fonte: Autoria própria (2021)

Os primeiros registros encontrados datam de 1977, sendo que somente 15 depois o segundo trabalho foi desenvolvido, no ano de 1992. É notória a constância de produção científica até o ano de 2008, quando se observa um aumento em artigos. Ainda, nos últimos três anos tem-se um crescimento vertiginoso, sendo este lapso temporal e de maior produtividade científica.

A série histórica é inaugurada em 1977 com a pesquisa intitulada Assessment of Mechanical Energy Storage for Solar Systems. De autoria de Dodd Jr. H.M., Stewart R.E.D., Varnado S.G, Aronson E.A. e Chang G.C., o estudo avalia os méritos relativos de vários sistemas de armazenamento de energia mecânica quando usados em conjunto com fontes solar e eólica.

Quanto aos países com a maior produção científica, a Figura 4 apresentação as 10 nações com a maior produção científica.

Figura 4 – Países



Fonte: Autoria própria (2021)



que nos últimos três anos, ou seja, de 2018 a 2020, houve uma significativa evolução da quantidade de pesquisas desenvolvidas, totalizando mais de 1/3 dos achados nas buscas realizadas.

O inglês foi a língua mais presente nos trabalhos encontrados, representando cerca de 97% dos artigos. Os Estados Unidos tiveram a maior quantidade de trabalhos publicados, com mais do dobro do segundo colocado, a Índia.

As Instituições com a maior quantidade de pesquisas foram uma americana e uma sueca, ambas com 4 trabalhos publicados.

Apesar de o Brasil ter um grande potencial para produção de energia fotovoltaica, a produção científica nacional é ainda muito tímida. Apenas um trabalho brasileiro foi encontrado na presente pesquisa.

Portanto, a utilização de energias renováveis, mais especificamente a energia solar fotovoltaica, com o intuito de produzir energia elétrica nas residências, é uma forma limpa e que não agride o meio ambiente, devendo desta forma, ser muito incentivada e encorajada, a fim de avançar de modo sustentável em um futuro próximo.

Para estudos futuros, recomenda-se que um estudo mais aprofundado, bem como pesquisas para compreensão de tecnologias, especialmente patentes que possam apresentar conhecimentos úteis para placas fotovoltaicas utilizadas em residências.

## 5 Agradecimentos

Agradecimento ao CNPq, à FAPITEC e ao IFPI pelo apoio à pesquisa.

## Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Energia Solar**. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-energia\\_solar\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-energia_solar(3).pdf) . Acesso em: 14 de julho de 2018.

AYE, G. C., EDOJA. P. E. **Effect of economic growth on CO2 emission in developing countries: Evidence from a dynamic panel threshold model**. Cogent Economics & Finance 5 (1):1379239. doi:10.1080/23322039.2017.1379239. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/23322039.2017.1379239?needAccess=true>. Acesso no dia 20 de julho de 2021.

ABSOLAR – Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. **Geração distribuída solar fotovoltaica: o novo sempre vem** – ENASE. Rio de Janeiro, 2019.

BARROS, A. G. **Análise da viabilidade econômica de instalações de placas fotovoltaicas**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – Universidade Candido Mendes – Campos dos Goytacazes, RJ, 2018.

BERETON ET AL. Lessons from Applying the Systematic Literature Review Process within the Software Engineering Domain. **The Journal of System and Software**, v. 80, p.571-583, 2007.

BIOLCHINI, J.C.A., et al. Scientific research ontology to support systematic review in software engineering. **Advanced Engineering Informatics**, v.21, n.2, p.133-151, 2007.

BRANDALISE, L. T.; BERTOLINI, G, R, F.; HOSS, O.; Rojo, C. A. (2017) **Educação e gestão ambiental: sustentabilidade em ambientes competitivos**. Cascavel, Paraná: Ed. DRHS, 2. ed.

COOK, Deborah J.; MULROW, Cynthia D.; HAYNES, R. Brian. **Systematic reviews: synthesis of best evidence for clinical decisions**. Annals of internal medicine, v. 126, n. 5, p. 376-380, 1997.

DANTAS, S. G.; POMPERMAYER, F. M. **Viabilidade econômica de Sistemas Fotovoltaicos no Brasil e possíveis efeitos no setor elétrico**. Programa de pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) na Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação e Infraestrutura (Diset) do Ipea e planejamento e pesquisa na Diset/Ipea, 2018.

DODD JR, H. M. et al. An assessment of mechanical energy storage for solar systems. In: **12th Intersociety Energy Conversio Engineering Conference**. 1977. p. 1174-1180.

EIFFERT, P.; KISS, J. G. **Building-Integrated Photovoltaic Designs for Commercial and Institutional Structures: A sourcebook for Architects**. US Department of Energy's (DOE's). NREL, Fevereiro, 2000. Disponível: <http://www.kisscathcart.com/pdf/Building-Integrated-Photovoltaic-Designs-for-Commercial-and-Institutional-Structures.pdf>. Acessado em: 15 de julho de 2020.

FERENHOF, H. A. FERNANDES, R. F. **Desmistificando a Revisão de Literatura como Base para Redação Científica: Método SSF**. **Revista ACB: Biblioteconomia em Santa Catarina**, Florianópolis, SC: v. 21, n. 3, p. 550-563, ago./nov., 2016.

IEA - **INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (2017)**. Statistic 2017. Disponível em: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsFromFuelCombustion2017Overview.pdf>. Acesso no dia 20 de julho de 2021.

LARDIZABAL, C. C. et al. **Desenvolvimento de energias renováveis: comparativo dos cenários e das perspectivas de políticas para alguns países da América Latina**. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, [S.I.], v.30, julho de 2014. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/34221>. Acesso no dia 20 de julho 2021.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo, SP: Atlas 2003.

MAZZUOLI, V. O. & TEIXEIRA, G. F. M. (2013). **O direito internacional do meio ambiente e o greening da Convenção Americana sobre direitos humanos**. *Anuário mexicano de Derecho Internacional*, 13, 145-203.

NASCIMENTO, R. L. **Energia solar no Brasil: Situação e Perspectivas**. Consultor Legislativo da Área XII Recursos Minerais, Hídricos e Energéticos, 2017.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. J. L.; RUTHER, R.; ABREU, S. L. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. São José dos Campos -Brasil 2ª Edição-2017. PERIÓDICOS CAPES, Disponível em: [https://www.periodicos.capes.gov.br/?option=com\\_pcollection&mn=70&smn=79&cid=63](https://www.periodicos.capes.gov.br/?option=com_pcollection&mn=70&smn=79&cid=63) . Acesso no dia 04 de julho de 2021.

PINHO, J.; GALDINO, M. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. CEPEL/CRESESB. Rio de Janeiro, 2014.

PORTALSOLAR, Disponível em: [https://www.portalsolar.com.br/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar.html?gclid=Cj0KCQjwu8r4BRCzARIsAA21i\\_D5SSMgVCKuApnYz4gV4zwAZX7j7BEnEOSj9a80DDGoIZc7HEtRkIIaAot4EALw\\_wcB](https://www.portalsolar.com.br/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar.html?gclid=Cj0KCQjwu8r4BRCzARIsAA21i_D5SSMgVCKuApnYz4gV4zwAZX7j7BEnEOSj9a80DDGoIZc7HEtRkIIaAot4EALw_wcB) . Acesso no dia 18 de julho de 2020.

RELLA, R. Energia solar fotovoltaica no Brasil. **Revista de Iniciação Científica**, Criciúma, v. 15, n. 1, 2017 | ISSN 1678-7706.

ROCHA, W. F., Junior, Shikida, P. F. A., Souza, S. N. M. de, & Zanella, M. G. (2013). **O ambiente institucional e políticas públicas para o biogás proveniente da suinocultura**. *Revista Tecnologia e Sociedade*, 1, 72-82.

RÜTHER, R. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil**: Editora UFSC/LABSOLAR. Florianópolis, 2004.

SIQUEIRA, R. B. P. **Emissões de Poluentes em Centrais Hidrelétricas: Aspectos Técnicos, Econômicos e Ecológicos**. 2015. 141 f. Tese (Doutorado) - Curso de Transmissão e Conversão de Energia, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

SILVA, Diego Gonçalves; COSTA, Mirair Antonio; **Energia elétrica por irradiação solar: aplicabilidades**. TCC, Curso de Engenharia Civil, Faculdade Evangélica de Goianésia – FACEG, Goianésia, GO, 59p. 2017.

SPRICIGO, R.; TESTON, L. **Casa sustentável garante eficiência energética**. 2009.

SILVA, A.; PERICO, D.; CARNEIRO, L. H. C.; BROSATO, C. **Energia fotovoltaica no Brasil: uma revisão de literatura**. *PI Pesquisa e Inovação*, Guarapuava, v. 1, n. 1, p. 100-115, jan./jun. 2019.

SOUZA, A. S.; OLIVEIRA, G. S.; ALVES, L. H. **A pesquisa bibliográfica: princípios e fundamentos**. *Cadernos da FUNCAMP*, v.20, n.43, p.64-83/2021.

VIEIRA, D. **Método para determinação do tipo de incentivo regulatório à geração distribuída solar fotovoltaica que potencializa seus benefícios técnicos na rede**. Tese de Doutorado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Elétrica, 2016.