



Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UAST

Bacharelado em Ciências Biológicas

Kathleen de Souza Lima

**APLICAÇÃO DA ENERGIA SOLAR DIANTE ÀS TECNOLOGIAS
SUSTENTÁVEIS E SUA VIABILIDADE ECONÔMICA**

Serra Talhada

2022

Kathleen de Souza Lima

**APLICAÇÃO DA ENERGIA SOLAR DIANTE ÀS TECNOLOGIAS
SUSTENTÁVEIS E SUA VIABILIDADE ECONÔMICA**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada do curso de Bacharelado em Ciências Biológicas como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Daniel Medeiros

Serra Talhada

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

L732

Lima, Kathleen de Souza
APLICAÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA DIANTE ÀS TECNOLOGIAS SUSTENTÁVEIS E
SUA VIABILIDADE ECONÔMICA / Kathleen de Souza Lima. - 2022.
46 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Portela Wanderley de Medeiros.
Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Bacharelado em Ciências Biológicas, Serra Talhada, 2022.

1. Energia solar. 2. meio ambiente. 3. viabilidade econômica. 4. energia elétrica. I. Medeiros, Prof. Dr.
Daniel Portela Wanderley de, orient. II. Título

CDD 574

APLICAÇÃO DA ENERGIA SOLAR DIANTE ÀS TECNOLOGIAS SUSTENTÁVEIS E SUA VIABILIDADE ECONÔMICA

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) - Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Aprovada em ____ de _____ de 2022

Banca Examinadora

Orientador: Prof. Dr. Daniel Portela Wanderley de Medeiros

Examinador 1: Prof. Dra. Maria das Graças Santos das Chagas

Examinador 2: Ma. Cinara Wanderléa Félix Bezerra

Serra Talhada

2022

DEDICO

A Deus, por ser sempre o meu guia, segurando a minha mão. Aos meus familiares pelo incentivo e apoio constante, em especial: minha Rainha, meu esposo e meu pai, que desde que partiu esteve segurando a minha mão mais do que nunca e ao Prof. Dr. Daniel Medeiros pela orientação, ensinamentos e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por todas as conquistas da minha vida, por estar sempre ao meu lado, me dando força e coragem para enfrentar todos os obstáculos.

Aos meus pais que são exemplos em minha vida, sempre me dando muito amor e incentivo em tudo que faço. Hoje estou aqui escrevendo este trabalho graças a vocês que me motivam buscar o meu melhor a cada dia.

Agradeço aos professores pelo apoio, ensinamentos e orientações para minha vida profissional. Em especial, meu orientador Daniel Medeiros, por ter me orientado durante este trabalho.

A empresa Nação Solar, por acreditar no meu potencial e confiar determinadas funções da empresa em minhas mãos através do estágio.

A todos que de um modo direto ou indireto contribuíram para minha formação e para a realização desse trabalho.

Kathleen de Souza Lima

RESUMO

O sol é a fonte de energia mais abundante e intensa ao alcance da Terra. A necessidade de gerar energia acompanhou a evolução da raça humana e teve um pico quando, na Revolução Industrial, começou-se a queimar combustíveis fósseis para gerar energia. Atualmente, investe-se muito em formas de geração de energia renováveis, ou seja, que agridem menos o meio ambiente, logo, com o avanço da tecnologia é possível utilizar o sol como fonte de energia elétrica limpa e inesgotável. Atualmente, tomando como base os infográficos da ABSOLAR, a utilização da energia solar fotovoltaica vem sendo umas das principais fontes de energia limpa que começou a se desenvolver exponencialmente desde 2012 no Brasil. Por essas razões, objetivou-se elaborar um contexto histórico sobre a aplicação da energia solar e sua viabilidade quanto ao desenvolvimento sustentável, viabilidade econômica e inovações tecnológicas, através da hipótese de que a energia solar fotovoltaica pode ser utilizada como a melhor alternativa de geração de energia elétrica diante as fontes renováveis. O trabalho se trata de uma revisão bibliográfica e está inserido na categoria de pesquisa qualitativa. Foram selecionados dados de 30 artigos e dois sites relevantes (ONS e EPE) através do uso de referenciais teóricos já publicados em livros, revistas, artigos científicos e sites, sendo estes publicados entre 2010 a 2022. Diante desse estudo, surgem as seguintes indagações: O recurso solar pode suprir toda a demanda energética da humanidade? Porque a energia solar fotovoltaica se destaca e tende a crescer tanto se ainda em 2022 ela ocupa a 4º posição? Porque no Brasil ainda não existe um parque industrial para produção dos painéis e inversores solar? Através dessas análises pode-se concluir que a energia solar fotovoltaica é uma fonte limpa e que seu processo de geração, além de não produzir resíduos, não libera calor residual, de forma que ela não modifica o equilíbrio da biosfera e não abrange nenhum tipo de poluição, contribuindo claramente para a preservação do nosso meio ambiente, contribuindo também para o desenvolvimento sustentável e econômico, onde sua aquisição se torna cada dia mais viável.

Palavras-chave: Energia solar; meio ambiente; viabilidade econômica; energia elétrica.

ABSTRACT

The sun is the most abundant and intense source of energy within Earth's reach. The need to generate energy followed the evolution of the human race and peaked when, in the Industrial Revolution, people began to burn fossil fuels to generate energy. Currently, a lot is invested in forms of renewable energy generation, that is, that harm the environment less, so with the advancement of technology it is possible to use the sun as a source of clean and inexhaustible electrical energy. Currently, based on ABSOLAR's infographics, the use of photovoltaic solar energy has been one of the main sources of clean energy that began to develop exponentially since 2012 in Brazil. For these reasons, the objective was to elaborate a historical context on the application of solar energy and its viability in terms of sustainable development, economic viability and technological innovations, through the hypothesis that photovoltaic solar energy can be used as the best alternative for generating electricity. electricity from renewable sources. The work is a literature review and is included in the category of qualitative research. Data from 30 articles and two relevant websites (ONS and EPE) were selected through the use of theoretical references already published in books, magazines, scientific articles and websites, which were published between 2010 and 2022. In view of this study, the following questions arise: Can the solar resource supply all of humanity's energy demand? Why does photovoltaic solar energy stand out and tend to grow so much if it still occupies the 4th position in 2022? Why in Brazil there is still no industrial park for the production of solar panels and inverters? Through these analyzes it can be concluded that photovoltaic solar energy is a clean source and that its generation process, in addition to not producing waste, does not release residual heat, so that it does not change the balance of the biosphere and does not cover any type of pollution, clearly contributing to the preservation of our environment, also contributing to sustainable and economic development, where its acquisition becomes more and more viable.

Keywords: Solar energy; environment; economic viability; electricity.

"A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original."

(Albert Einstein)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2.1 Energia Elétrica	17
2.2 Energia Solar	18
2.3 Conversão Fotovoltaica de Energia Solar	20
2.4 Vantagens obtidas por meio da implantação do sistema fotovoltaico para o meio ambiente	23
2.5 Tecnologia sustentável e energia solar	26
2.6 Benefícios e viabilidade econômica do uso da energia solar	27
2.7 Vantagens e desvantagens do uso da energia solar	28
3 MATERIAL E MÉTODO	31
4 RESULTADO E DISCUSSÃO	32
4.1 Percepções sobre o consumo energético mundial e as fontes renováveis que se destacam, posição da energia solar	32
4.2 Viabilidade ambiental da energia solar fotovoltaica	34
4.3 Viabilidade econômica da energia solar fotovoltaica	36
4.4 O Brasil e sua desenvoltura na geração de Energia Solar	38
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
6 REFERÊNCIAS	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação entre as vantagens e desvantagens do uso da energia solar diante do estudo realizado.	29
Tabela 2 - Matriz Energética Brasileira demonstrando o valor em MW e porcentagem referente a cada fonte de energia.	33
Tabela 3 - Taxas de emissão do ciclo de vida (g/kW(h)) de CO ₂ -eq (GEE), as taxas de emissão de combustão das melhores tecnologias disponíveis no mercado (g/kWh) de poluentes atmosféricos e as taxas de emissões de CH ₄ (g/kWh) associado às tecnologias consideradas.	35
Tabela 4 - Comparativo do valor da energia eólica e solar no mundo (Custo de geração de energia em centavos de euro por kWh).	36
Tabela 5 - Compensação da energia solar na fatura de energia de uma usina solar e sua economia média em 25 anos.	38

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Diferença entre os processos de conversão da energia do sol em Energia Solar Fotovoltaica e Térmica.19
- Figura 2** - Esquema de captação e convertimento da luz do sol em energia elétrica através do painel solar.21
- Figura 3** - Passo a passo do funcionamento do Sistema fotovoltaico desde a captação da energia do sol, conversão do mesmo em energia elétrica e distribuição.22
- Figura 4** - Etapas do funcionamento do sistema fotovoltaico.22
- Figura 5** - Exemplo de como a manutenção/ limpeza manual dos painéis pode ocorrer para que o sistema solar mantenha sua eficiência de geração.24
- Figura 6** - Ilustração explicativa mostrando que o sol é capaz de suprir toda a demanda energética do mundo anualmente e infinitamente.34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaico.
PV	Fotovoltaico
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BOS	Equilíbrio do Sistema
C-SI	Silício Cristalino
CO²	Dióxido de Carbono
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
EPE	Empresa de pesquisa energética
EUA	Estados Unidos
GW	Gigawatt
MW	Megawatt
kWh	Kilowatt hora
Km	Quilometro
°C	Graus Célsius
SFCR	Sistema Fotovoltaico Conectado a Rede
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
IRENA	Agencia Nacional de Energia Renovável
FINAME	Agencia Especial de Financiamento Industrial

1 INTRODUÇÃO

A energia tanto quanto a água são essenciais para a vida moderna e oferecem sustentação necessária para o desenvolvimento econômico. A energia, nos seus mais diversos aspectos, é imprescindível à sobrevivência e manutenção da vida humana.

Segundo Lamarca (2012), o vento só ganha energia cinética porque a distribuição da luz solar na atmosfera cria diferenças de temperatura e pressão. Combustíveis como etanol, metanol e biodiesel, e até a madeira, considerada um recurso renovável, são provenientes de plantas que utilizam a luz solar para fotossíntese e desenvolvimento.

Com a elevada busca de energia pelo ser humano, os combustíveis fósseis se tornaram sua principal fonte, especialmente o petróleo. A principal preocupação quanto a isso é o seu impacto ambiental, pois, a queima destes tem provocado vários problemas ambientais como, por exemplo, o agravamento do efeito estufa, o derretimento das geleiras, a poluição do ar e, conseqüentemente, prejuízo à vida dos organismos (ANEEL, 2016).

A necessidade de gerar energia com o mínimo de impacto ambiental e com um procedimento mais sustentável passou a ser o maior objetivo da sociedade e uma das alternativas é a geração de energia elétrica a partir da radiação solar. Tolmasquim (2016), relata que essa ideia não é recente. No início do processo de civilização, a assimilação da energia solar pela humanidade se deu através da agricultura e da pecuária, as quais por meio do aproveitamento controlado da fotossíntese e da cadeia alimentar utilizam a energia direta do sol. Além disso, há diversas outras maneiras de aproveitamento da energia solar, sendo a iluminação e o calor, talvez, as mais interessantes para a população.

Com a preocupação cada vez maior com o futuro ambiental do planeta, muitas pesquisas voltaram-se à utilização de fontes renováveis de energia. Entre várias formas de obtenção de energia, está o aproveitamento do potencial solar. Segundo Luiz e Silva (2017), o mercado da energia solar é crescente, em especial, nos países desenvolvidos, visto que ela se destaca pelo seu grande potencial energético.

A sustentabilidade e a preocupação na redução de poluentes e impactos ambientais são assuntos que ganharam espaço em todos os setores, tanto na

indústria quanto na sociedade, e a geração de eletricidade através da luz solar, mostrou-se uma alternativa sustentável e de grande potencial. Sendo assim, o principal objetivo deste trabalho é elaborar um contexto histórico sobre a aplicação da energia solar e sua viabilidade quanto ao desenvolvimento sustentável e a preservação do meio ambiente através das inovações tecnológicas, como também, sua viabilidade econômica, buscando a melhor alternativa que favoreça o meio ambiente e o meio social.

O principal procedimento foi baseado na pesquisa bibliográfica, com o intuito de comparar trabalhos científicos, discutir e descrever. Sendo assim, a principal ferramenta é a descrição de todas as suas vantagens econômica, social e ambiental, através da hipótese de que a energia Solar fotovoltaica pode ser utilizada como a melhor alternativa de geração de energia elétrica diante as fontes de energia renováveis.

A presente pesquisa objetiva de forma específica apontar as vantagens e desvantagens do uso da energia solar comparada a outras fontes de energia, visando sua viabilidade ambiental diante a sustentabilidade e sua viabilidade econômica, implementando mais um estudo para o meio acadêmico e agregando novos resultados para um tema tão atual e relevante para a nossa sociedade, visando assim uma conscientização para aquisição de tecnologias que sejam viáveis economicamente, mas que também agridam menos o meio ambiente a qual estamos inserido, visto que a exploração do assunto através da população ainda é singela e essa tecnologia sustentável cresce a cada dia.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Energia Elétrica

A energia é um fenômeno indispensável à sobrevivência e manutenção da vida humana. Se tratando dos diversos tipos de energia, a eletricidade se tornou uma das formas mais versáteis e importantes, passando a ser recurso indispensável para o desenvolvimento socioeconômico de muitas nações (ANEEL, 2005; IEA, 2019).

A energia é uma grandeza que está associada à habilidade que um corpo tem de realizar um trabalho. No entanto, nem sempre pode ser empregada diretamente em sua forma primária, havendo assim a necessidade de conversão. As principais formas básicas de conversão de energia são: térmica por radiação, química, nuclear, térmica pela energia interna, mecânica e elétrica (MMA, 2019).

Destaca-se a energia elétrica que é uma das formas de energia mais utilizadas no mundo, sendo produzida, principalmente, nas usinas hidrelétricas, usando o potencial energético da água. Esta é fundamental para a ampliação das atuais sociedades, podendo ser transformada para gerar luz, força para movimentar motores e fazer funcionar os mais variados artigos elétricos e eletrônicos. A energia elétrica é a mais usada no Brasil atualmente, por causa da quantidade de usinas hidrelétricas alojadas em diversos rios brasileiros. A maior usina hidrelétrica do Brasil é a Usina de Itaipu, no entanto, ela é binacional, ou seja, pertence ao Brasil e ao Paraguai (LAVEZZO, 2016).

A primeira demonstração de iluminação elétrica no Brasil aconteceu no Rio de Janeiro, em 1879, quando houve a inauguração da Estrada de Ferro D. Pedro II. Logo após, em 1883, o imperador inaugurou em Campos (RJ) a primeira rede de iluminação pública, alimentada por uma máquina a vapor. Nesse mesmo ano aconteceu a primeira experiência de geração hidrelétrica em Diamantina (MG), quando uma pequena usina foi instalada no Ribeirão por uma empresa com interesses na extração de diamantes. Sendo assim, a energia elétrica consolidou-se como uma tecnologia disponível a partir do esforço combinado entre a ciência e a tecnologia, se transformando em uma valiosa mercadoria destinada a diferentes usos (SANTOS E REIS, 2002).

No que tange a geração de energia elétrica, quando se constrói usinas hidrelétricas e eólicas, indiretamente está sendo utilizado o sol como fonte renovável. A energia elétrica baseia-se na produção de diferenças de potencial elétrico entre dois pontos. Com isso, os elétrons se movem entre esses pontos criando uma corrente elétrica. O processo de geração de energia elétrica consiste na conversão de outra forma de energia em energia elétrica, principalmente a partir da energia cinética. A distribuição, a partir das usinas, ocorre através dos elétrons encontrados nos condutores das linhas de transmissão (CIAMPONI, 2015).

O aumento do uso de equipamentos elétricos, conseqüentemente eleva o consumo de energia elétrica, assim demandando a continuidade de construção e manutenção de fontes de geração. A geração de energia elétrica proveniente das hidrelétricas é imprescindível, pois a previsibilidade de geração é muito maior em comparação com as outras fontes renováveis, como exemplo, a geração eólica que depende da ocorrência dos ventos, já a solar ocorre durante o período diurno (MMA, 2019).

2.2 Energia Solar

De acordo com INPE (2017), a energia solar é uma fonte inesgotável, uma vez que a escala de tempo da vida no planeta Terra deve ser considerada. A conversão de energia solar em energia elétrica utilizando células fotovoltaicas se tornou uma alternativa muito viável, pois utiliza uma fonte de energia inesgotável se considerada a escala de tempo terrestre, o sol. Além de utilizar apenas a luz solar para gerar energia elétrica, os módulos fotovoltaicos não precisam ser localizados em áreas específicas, não geram ruídos durante o processo de conversão e podem ser acoplados em edificações (TORRES, 2012).

Entende-se que é de suma importância considerarmos alguns fatores em relação ao sol: seu diâmetro é de 1.392.530 Km, 190 vezes maior do que o da Terra; a massa do sol equivale a 330 vezes a massa da terra; o sol e a terra possuem um afastamento estimado de 150 milhões de Km; sua luz leva cerca de 8 minutos para chegar à superfície da terra; a temperatura na superfície do sol é de quase 6.000°C e no seu interior é de aproximadamente 15 milhões de graus. Este é constituído basicamente por átomos de Hidrogênio e Hélio no estado de plasma, um gás

extremamente quente. Os átomos de Hidrogênio do núcleo se fundem gerando átomos de Hélio e essa fusão solta certa quantidade de energia que aquece e ilumina a terra (ARAÚJO; SCARPELLINI; AMADO, 2019).

A energia do sol procede da fusão nuclear entre átomos de hidrogênio e hélio. Essas reações acontecem no núcleo da estrela e a energia produzida é difundida por convecção até a superfície solar. Aproximadamente uma hora é o tempo necessário para o sol prover a quantidade de energia consumida em um ano pela humanidade. A quantidade de energia liberada em 40 horas pelo sol equivale a todas as reservas de petróleo que existem na Terra. O Sol fornece 10.000 vezes mais energia do que a quantidade consumida, em um ano, pela população mundial (ARAÚJO; SCARPELLINI; AMADO, 2019).

A energia solar deriva da irradiação solar, no qual é empregada em diversos meios de tecnologias que estão sempre em evolução, como, por exemplo, a energia solar fotovoltaica, o aquecimento solar, a arquitetura solar, a energia heliotérmica e a fotossíntese artificial. Existem duas formas principais para se transformar energia solar em energia elétrica: a energia fotovoltaica e a energia térmica, como mostra a figura 1 (PINTO et al, 2015).

Figura 1: Diferença entre os processos de conversão da energia do sol em Energia Solar Fotovoltaica e Térmica.



Fonte: Maytec Soluções (2019).

A energia solar térmica ou fototérmica é a energia na qual um corpo consegue absorver e armazenar em si mesmo a energia em forma de calor. Isso é realizado por

intermédio de coletores que captam energia solar e a empregam para aquecimento de fluidos (CIAMPONI, 2015).

Já na energia fotovoltaica o convertimento da energia solar em elétrica é realizado por meio da radiação incidente solar sobre os materiais específicos, especialmente aos semicondutores, como por exemplo: o silício, que possui propriedade para gerar diferencial de potencial (DDP) entre suas extremidades, em virtude dos efeitos termoelétricos; e o efeito fotovoltaico no qual os fótons existentes na luz solar são convertidos em energia elétrica em células solares (CIAMPONI, 2015).

Quando os fótons da luz solar são convertidos em energia elétrica, chamamos esse mecanismo de efeito fotovoltaico. As partículas de fótons se chocam com os átomos do painel solar, movimentando os elétrons e gerando corrente elétrica, gerando a energia solar fotovoltaica. Através do efeito fotovoltaico, há o desenvolvimento da diferença de potencial entre os dois eletrodos, devido à transferência de elétrons gerados entre as bandas diferentes do material (CEMIG, 2012).

2.3 Convertimento Fotovoltaico de Energia Solar

A luminosidade do sol pode ser transformada diretamente em eletricidade pelo efeito fotovoltaico. Esse procedimento ocorre nas células fotovoltaicas, que podem ser construídas por diferentes tecnologias, tais como: células de silício cristalino e de filme fino (VILLALVA; GAZOLI, 2012). Os painéis ou módulos fotovoltaicos na tecnologia de silício cristalino são adquiridos a partir da interligação das células fotovoltaicas, alcançando os valores de tensão e de corrente elétrica almejados. O custo benefício dos módulos solares é, até então, o maior desafio para os consumidores e um grande obstáculo para a difusão dos sistemas fotovoltaicos em larga escala. Entretanto, vários fatores como o meio ambiente e a sustentabilidade, realizam o diferencial desta solução se comparado a outras fontes de energia tradicionais.

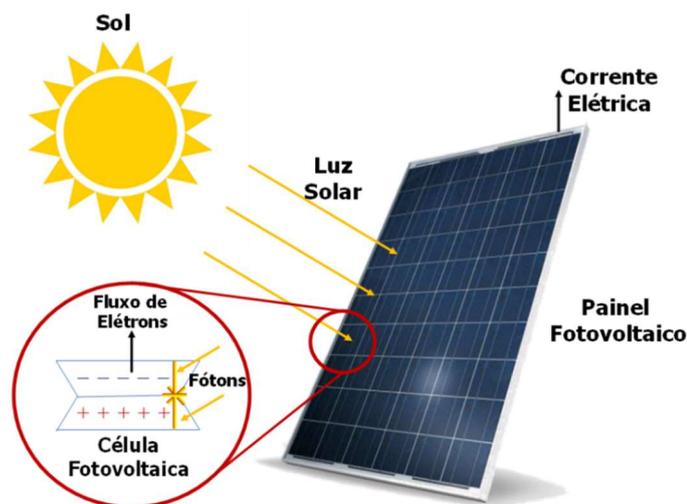
O procedimento de transformação de luz solar em energia elétrica começou primeiramente por um pesquisador francês chamado Alexandre Edmond Becquerel no início do século XIX, contudo, só teve uma experiência prática apenas em 1950 por meio da criação da primeira célula fotovoltaica (MOLINA - JUNIOR, 2015).

Molina – Junior (2015) relata o funcionamento das placas fotovoltaicas:

Os dispositivos que transformam a luz solar em eletricidade são compostos de material semicondutor (silício), sendo a ele adicionadas substâncias denominadas dopantes a fim de criar a possibilidade para que se estabeleça a movimentação eletrônica quando da introdução da energia luminosa contida na radiação solar incidente, resultando em corrente contínua. (p. 80)

Pode-se observar na figura 2 que a célula fotovoltaica (PV) é composta por uma ligação semicondutora que incide no desenvolvimento de duas camadas: a camada tipo P e a camada tipo N, no qual acontece um excesso de carga positiva e um excesso de carga negativa. No silício, a sua ligação P-N é criada por meio do procedimento de dopagem, que incide na introdução de impurezas para modificar os atributos elétricos do silício. O dopante usado para criar a camada do tipo P é geralmente o boro e para criar a camada tipo N é o fósforo (PACHECO, 2014).

Figura 2: Esquema de captação e conversão da luz do sol em energia elétrica através do painel solar.



Fonte: CBIE.com.br

O sistema fotovoltaico é formado por módulos e componentes indicados por balance of system (BOS) (PROENÇA et al, 2007). Geralmente, estes componentes englobam inversores, baterias, dentre outros componentes elétricos, como mostra a figura 3 e 4.

Enquanto os sistemas fotovoltaicos não estão ligados à rede, é fundamental deixar armazenada a eletricidade gerada que não é rapidamente utilizada. Já quando os sistemas fotovoltaicos estão ligados à rede, é obrigado ligá-los a um posto transformador. No posto onde a rede está ligada, o sistema pode distribuir eletricidade

por residências, casas, escritórios ou então é centralizado na produção em larga escala (centrais fotovoltaicas) (PROENÇA et al, 2007).

Figura 3: Passo a passo do funcionamento do Sistema fotovoltaico desde a captação da energia do sol, conversão do mesmo em energia elétrica e distribuição.



Fonte:NeoSolar.com.br

Figura 4: Etapas do funcionamento do sistema fotovoltaico



Fonte:mitratech.com.br

Durante a montagem do sistema PV dois fatores são primordiais: o ângulo de inclinação do painel e respectiva orientação; e o sombreamento. Os painéis solares são instalados em certo ângulo com a horizontal e, geralmente, combina com a latitude do local onde é instalado. O sentido deve ser sempre o Sul, no hemisfério norte e a norte no hemisfério sul. No decorrer da escolha do local, necessitam ser realizados

estudos de sombreamento, para evitar que este fator diminua a produtividade do painel (SUZUKI, 2015).

O valor do custo de benefício dos sistemas de armazenamento da energia contribui para o alto custo coligado aos sistemas de energia fotovoltaica. A crise energética dos anos 70 contribuiu para que a investigação e desenvolvimento das tecnologias PV avançassem em força (RAZYKOV, 2011). É perceptível um aumento nos fundos de investigação e desenvolvimento dos países onde o fotovoltaico está emergente, como a Holanda e o Japão, e uma grande aposta na França e Estados Unidos da América. No entanto, a energia solar se tornará competitiva quando abater a primeira barreira do custo das células fotovoltaicas, constituída em geral de silício monocristalino, e a rentabilidade da conversão energética. No sistema fotovoltaico são incluídos módulos de células interligadas, os quais controlam o acionamento, desligamento e proteção das células e um conversor de corrente contínua para alternada. Existem, no entanto, opções mais simples (sistemas individuais) usados na eletrificação de zonas rurais e remotas. (SOUZA, 2015).

2.4 Vantagens obtidas por meio da implantação do sistema fotovoltaico para o meio ambiente

O efeito do sistema de implantação energética encontrar-se associado à produtividade, à proteção do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável, ou seja, ações de eficiência energética podem ser vistas como uma forma de produção de energia descentralizada, tendo como decorrência o aumento da própria energia. O fator benéfico relacionado à preservação do meio ambiente está em evitar a construção de novas usinas hidroelétricas, fazendo com que diminua o alagamento de grandes áreas, modificando, com isso, a fauna e a flora (BORGES et al, 2011).

A estimativa de duração dos módulos fotovoltaicos normalmente é de 20 a 30 anos de vida útil, e geralmente são limpos pelo acontecimento natural de chuva, porém, em locais de muita pouca pluviosidade podem carecer de limpeza manual frequente, como demonstra a figura 5. A manutenção dos sistemas é bastante durável, os dispositivos eletrônicos (inversor e controlador de carga) têm vida útil superior a 10 anos. Um dos pontos fracos do sistema são as baterias, podendo durar de 4 a 5 anos (baterias de excelente qualidade poderão durar 7 anos) (DEMANBORO et al, 2006).

Figura 5: Exemplo de como a manutenção/ limpeza manual dos painéis pode ocorrer para que o sistema solar mantenha sua eficiência de geração.



Fonte: energiawise.com.br

No entanto, é aprovado o desenvolvimento sustentável mediante implantação do sistema de placas solares fotovoltaicas. Entretanto, o investimento inicial ainda é bem alto, seus custos têm caído rapidamente, e sua independência em relação os sistemas convencionais de geração de energia faz com que o investidor em microescala seja possuidor de uma fonte energética com tarifa zero (CARVALHO et al, 2014).

O uso de iluminação residencial é uma das aplicações mais adquiridas, pois é útil para diversos usos, como refrigeração, iluminação pública, telefones de emergência, bombeamento de água, sistemas para aparelhos eletroeletrônicos, eletrodomésticos, cerca eletrificada, sinalização marítima, de torres e estradas, refrigeração móvel, ferrovias, etc. (DEMANBORO et al, 2006). Assim como as residências, empresas de médio e grande porte estão em busca dessa nova tecnologia que traz uma grande vantagem econômica.

Podem-se analisar também os custos de produção dos equipamentos por meio do valor dos preços de venda dos equipamentos. Entre 2003 e 2012, os índices dos preços a retalho dos módulos PV reduziram cerca de 50%, foi estimada uma média dos preços a retalho na Europa e nos EUA estudados mensalmente online, considerando tecnologias de silício cristalino e película fina, diferentes produtores em

países onde o produto é comprado para calcular estes índices dos preços (GONÇALVES, 2014).

O Brasil é considerado um dos países com maior consumo de energia elétrica do mundo. Segundo a ABSOLAR (2022), no Brasil são utilizadas várias fontes de energia, por exemplo, a biomassa, eólica, a queima de combustíveis fósseis, energia nuclear, fotovoltaica, dentre outras. A principal fonte da energia elétrica brasileira vem dos recursos hídricos, as chamadas usinas hidroelétricas, estas são responsáveis por gerar cerca de 54,3% da energia usada em todo o país, sendo aproximadamente 1352 usinas construídas.

Apesar de ser entendida como uma fonte de energia renovável, a energia hidrelétrica gera prejuízos ambientais consideráveis, como por exemplo grandes áreas alagadas, provocando uma modificação radical no meio ambiente, gerando um enorme impacto ambiental visual, além de atingir a fauna e a flora locais, destruindo habitats de animais residentes, por causa do represamento da área que submerge boa parte da vegetação existente. A decomposição desses animais libera gases de efeito estufa na atmosfera (LEMKE, 2018)

Diante disso, a energia fotovoltaica surge como uma boa alternativa, já que existe grande incidência de raios solares no Brasil, embora o país seja um dos que menos utiliza essa tecnologia. Segundo Nascimento (2017), em 2017, a participação da tecnologia solar na matriz energética do Brasil foi de apenas 0,05%, valor muito baixo em relação a outros países que possuem essa tecnologia, como por exemplo a Espanha e Alemanha. Para ele, “As fontes renováveis, embora inicialmente mais caras, tornam-se mais competitivas na medida em que se expandem, sendo a competitividade resultante da redução dos custos devido ao ganho de escala e dos avanços tecnológicos “(NASCIMENTO, 2017).

Para Ruther (2004), o Brasil possui condições consideráveis para a produção de energia proveniente do sol. O autor chega a afirmar que se fosse possível cobrir todo o lago de Itaipú, local onde está localizada a usina de Itaipú – responsável por aproximadamente 25% de toda a energia elétrica consumida no Brasil - haveria a aquisição de 50% da energia elétrica utilizada no país, em outras palavras, com o espaço de uma usina que fornece $\frac{1}{4}$ da energia consumida em todo território nacional, a eficiência energética com o emprego do sistema fotovoltaico seria dobrada.

Dito isto, podemos citar algumas dentre as mais importantes vantagens do uso da energia solar: não emite poluente ou sons; custos com manutenção são baixos;

seu custo tende a reduzir por causa da tecnologia que vem sendo aperfeiçoada; no Brasil, o sistema fotovoltaico se mostra como uma boa alternativa, pois é um país com elevado índice de raios solares; diminuição nas perdas de energia, pois boa parte da geração domiciliar já é consumida instantaneamente, somente o excedente volta à concessionária, isso evita as perdas de energia por causa da distância entre as linhas de transmissão e distribuição; e, sobretudo um menor impacto ambiental, pois a instalação de vários sistemas pode ser realizada nos telhados das residências e indústrias, não existindo a necessidade de novas áreas físicas (REIS, 2017).

2.5 Tecnologia sustentável e energia solar

Várias são as tecnologias sustentáveis existentes nos dias atuais, sendo uma dessas, o avanço da energia fotovoltaica. Dentre outras tecnologias que ainda estão em desenvolvimento e não são predominantes no mercado, é possível que venham a ter um papel importante no futuro. Existem células híbridas, que resultam da combinação entre silício cristalino e filme fino; tecnologias com múltiplas junções de células, com o objetivo de utilizar todo o espectro solar; tecnologias de película fina inorgânica. O futuro passa por um novo paradigma de construção sustentável com a produção de tintas fotovoltaicas, telhas fotovoltaicas, vidros fotovoltaicos e azulejos (BITTENCOURT, 2014).

Constantemente o planeta está se desenvolvendo, dessa forma, é de extrema importância destacar a energia solar e a sustentabilidade para que seja feita a manutenção dos recursos naturais de uma forma consciente. Embora a energia solar seja uma fonte renovável, o meio ambiente ainda sofre riscos de poluição e desmatamento por meio de outras fontes. Logo, é de grande importância o engajamento e utilização da energia solar e a sustentabilidade para a prevenção contra a destruição da natureza (BARBOSA, 2015).

Sustentabilidade está relacionada à possibilidade de obter condições iguais ou superiores de vida em todo ecossistema. Sendo assim, relaciona-se com a melhor qualidade de vida das populações, a partir da capacidade de suporte dos ecossistemas (MARTINS; CÂNDIDO, 2010). A energia solar é sustentável pelo fato da sua matéria prima ser gerada da natureza, ou seja, a captação de energia elétrica

é feita pela luz solar. Sendo assim, os recursos naturais podem ser usados de forma abundante e renovável, não afetando o meio ambiente.

Um dos critérios de instalação de energia sustentável é manter a produção de mais energia durante seu ciclo de vida do que a energia gasta para fabricar o sistema, jamais pode deixar esgotar os recursos naturais durante a utilização e não se deve criar um subproduto que tenha um efeito negativo na sociedade ou no ambiente. A eficácia no emprego dos recursos não é apenas uma preocupação natural como também uma atividade que gera valor, aumentando a produtividade e reduzindo custos para os usuários, por exemplo, custo de matéria prima, custo de energia e de operação (WILLIAMS et al, 2005).

2.6 Benefícios e viabilidade econômica do uso da energia solar

São várias as opções de energias renováveis no ecossistema e virtualmente inesgotáveis em relação aos combustíveis fósseis, não proporcionando riscos de extinção. Alguns exemplos são a radiação solar, o vento e a água (YASEEN et al, 2020).

O uso da energia solar na geração de energia elétrica está gradualmente sendo visto como uma opção economicamente viável, principalmente no meio rural ou em regiões isoladas, onde os custos para instalação de sistemas convencionais comparativamente estão bem altos. Como já abordamos, os sistemas fotovoltaicos se distinguem por sua elevada confiabilidade e pouca manutenção. Dessa forma, seu alto custo inicial é compensado pelo baixo custo de operação e manutenção (BAZZO; RÜTHER, 2001).

As energias renováveis se exibem como oportunidades energéticas com um mínimo impacto ambiental em relação às fontes não renováveis, logo, é uma interessante opção na transformação da atual matriz energética industrial. Entre as grandes vantagens, encontra-se o marketing verde, os benefícios em geral ao meio ambiente e a valorização da marca da indústria (ABBAS et al, 2020).

A energia solar possui uma grande potencialidade em se mostrar mais competitiva em aspectos produtivo e financeiro, pois é limpa, renovável e abundante. É por esse motivo que, a análise da aplicabilidade de sistemas dessa natureza em

parques industriais costuma proporcionar grandes expectativas, como competitividade (ASUMADU-SARKODIE; OWUSU, 2016).

Os processos que requerem a criação de programas de iniciativa governamental ou privada em micro geração de energia solar fornecem à população a oportunidade de aprender sobre o funcionamento dos sistemas de geração fotovoltaica conectados à rede, os seus benefícios e as possíveis barreiras (GARCIA; NOGUEIRA; BETINI, 2018).

A energia fotovoltaica é uma escolha conveniente para a descentralização nos processos de geração de energia, colaborando para a diferenciação da matriz energética mundial (YANG; ATHIENITIS, 2012).

2.7 Vantagens e desvantagens do uso da energia solar

A energia solar é a forma de energia mais abundante do mundo, o Brasil possui um amplo potencial de desenvolvimento dessa energia, devido sua localização espacial, onde a maior parte do país constitui-se próximo a linha do equador (SILVA, 2015).

A energia solar não causa nenhuma poluição durante seu uso, como sonora por movimentação de partes ou emissões de gases do efeito estufa, tais como CO₂ por queima de combustíveis fósseis (ZEMAN, 2010; COUNCIL, 2016; ROSA e GASPARIN, 2016; YONG-CHEOL et al, 2019; GUO et al, 2019).

Os painéis solares estão em constante aprimoramento, tornando-se mais potentes ao mesmo tempo em que seu custo vem decaindo. Isso torna cada vez mais a energia solar uma solução economicamente viável (SANTOS e FRANCISCO, 2012).

A energia solar é uma excelente alternativa para lugares remotos ou de difícil acesso, pois sua instalação em pequena escala não requer enormes investimentos em linhas de transmissão (AKARSLAN, 2012).

Em países de clima tropical como o Brasil, quase todo o território pode utilizar energia solar. Seu uso ajuda a reduzir essas demandas de energia fora dos centros de produção, reduzindo assim as perdas de energia que podem ocorrer durante a transmissão. (ALENCAR e TAVARES, 2017). A longo prazo, essa energia pode melhorar a segurança energética e reduzir o consumo de combustível de fontes tradicionais (VIANA et al., 2015).

Assim como todo e qualquer produto, ou sistema, o uso de fontes de energia solar fotovoltaica não só apresenta vantagens como também têm algumas desvantagens. As tecnologias de conversão de energias renováveis muitas vezes são de custos elevados comparados com as demais fontes de energia (TURKENBURG, 2011; CORIA et al, 2019). É um sistema de alto nível que apresenta elevada tecnologia para soluções de geração de energia, por isso seu preço passa a ser bem elevado, apesar que, ultimamente os valores estão baixando (TURKENBURG, 2011; CORIA et al, 2019).

A eficiência das usinas solares depende em grande parte da incidência da luz do sol para a captação de energia ser completa. A linha do equador marca os pontos de maior incidência de raios solares na superfície da terra. Se as usinas forem instaladas em locais longe desses pontos, podem sofrer alterações no seu funcionamento (VIANA et al, 2015).

As possibilidades de armazenamento da energia solar são pouco eficientes quando comparadas, por exemplo, aos combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás) e a energia hidroelétrica (água) (CORIA et al, 2019).

Na tabela 1 a seguir, estão resumidamente destacadas as principais vantagens e desvantagens do uso da energia solar:

Tabela 1: Comparação entre as vantagens e desvantagens do uso da energia solar diante do estudo realizado.

VANTAGENS DA ENERGIA SOLAR	DESVANTAGENS DA ENERGIA SOLAR
Não polui, é renovável, limpa e sustentável	Alto custo de aquisição
Energia alternativa ao petróleo	Não gera energia à noite
Silenciosa	Falta de Incentivos no Brasil
É uma fonte de energia gratuita	Sistema anti-ilhamento
Sistema de autogeração mais barato	Usinas afastadas do equador possuem baixa luminosidade e captam menos energia

Necessidade mínima de manutenção	Baixa capacidade de armazenamento de sistemas oo-grid
Fácil de instalar e manutenção barata	Chuvas e dias nublados podem afetar a eficiência das usinas
Vida útil de mais de 25 anos, pagando-se em até 7 anos	Produz menos energia em relação á usinas termoelétricas
Economia de até 95% da conta de luz	
Queda de preços devido ao avanço da tecnologia	
Ocupa pouco espaço e valoriza o imóvel	
Placas solares são resistentes às intempéries	
Pode ser usada em áreas isoladas da rede elétrica	
Equipamentos fotovoltaicos podem ser reciclados	

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da EPE (2016).

3 MATERIAL E MÉTODO

O trabalho está inserido na categoria de pesquisas qualitativas, pois, segundo Proetti (2017), os pesquisadores que se utilizam desse método têm por objetivo explicar o porquê das coisas sem quantificar os valores, sem submeter os dados à experimentação, além de utilizarem abordagens diferenciadas para a realização da pesquisa.

Ao analisar a finalidade de uma pesquisa, observa-se que “uma pesquisa tem por finalidade decorrer de razões de ordem intelectual, quando baseadas no desejo de conhecer pela simples satisfação para agir”. (MICHELETTI et al.,2021).

A presente pesquisa é descritiva, pois demanda do investigador um leque de informações sobre o que deseja pesquisar. Essa forma de estudo se propõe apresentar os fatos e acontecimentos de determinada realidade (FONSECA, 2002).

De acordo com Fonseca (2002), esta pesquisa é realizada pelo uso de referências teóricas já publicadas e analisadas nos mais diversos meios: livros, revistas, artigos científicos, sites como ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico) e EPE (Empresa de Pesquisa Energética).

As pesquisas foram realizadas em cinco bases de dados bibliográficas — SciELO, Google Acadêmico, Web of Science, EMBASE, Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature (CINAHL), utilizando as seguintes palavras-chave como base: Energia solar, meio ambiente, viabilidade econômica e energia elétrica. Foram selecionados artigos publicados entre 2010 e 2022, nos idiomas escritos em português e inglês.

Inicialmente realizou-se uma pesquisa abrangente sobre o tema nos meios de pesquisa citados acima e em seguida foram selecionados os artigos que possuíam a qualidade e conteúdo desejado para agregar ao trabalho, utilizando como critério de avaliação os materiais que dissertam sobre os processos iniciais da energia solar, sua relação com o meio ambiente e sua viabilidade econômica, com o intuito de obter base estrutural para discussão. Foram selecionados 50 artigos acadêmicos e dados atuais de sites relevantes no meio energético e elétrico, como a ONS e EPE, para discussão e conclusão do trabalho.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 Percepções sobre o consumo energético mundial e as fontes renováveis que se destacam, posição da energia solar

A dependência energética é um dos fatores que têm vindo a diminuir ao longo dos anos. A diminuição destes valores tem consequência na redução da produção de energia por fontes de energia fósseis, que tem um impacto significativo no consumo final de energia. Por sua vez, o uso de energias renováveis e a aposta na eficiência energética vão contribuir para que a dependência energética continue a diminuir para níveis inferiores a 80%. Uma das fontes de energia renovável com mais influência é a energia hídrica e, conseqüentemente, vai contribuir para a diminuição da dependência energética. (FERREIRA, 2022).

A atual matriz energética instalada no Brasil é formada por quase 67% de energia hidrelétrica, aproximadamente 30% de térmica de diferentes fontes (gás natural, biomassa, petróleo, carvão e nuclear) e somente 3,7% de eólica e menos de 0,1% de solar (MME, 2015). Mesmo que as hidrelétricas sejam consideradas energias renováveis, elas também causam impactos nocivos na área limítrofes a formação, ou seja, causam danos quando desmatam uma área de vegetação, encobrimento de áreas propicias a plantações, locomoção de habitat em grande escala e patrimônio histórico cultural local. (SANTOS et al., 2015).

Porém, tomando como base dados atualizados da ABSOLAR (2022), (figura 7), pode-se observar que atualmente, em 2022, a energia solar fotovoltaica vem ganhando espaço e já ocupa a quarta posição, com 7,6% da matriz elétrica brasileira, o que nos indica que houve um crescimento significativo com relação as demais matrizes energéticas do País. Todavia, segundo Sá (2020), a PV também causa impactos ambientais quando se trata de impactos que envolve o material estrutural e também os impactos que não envolvem, como por exemplo a produção dos alumínio, aço e concreto. Os impactos indiretos estão relacionados à área ocupada para instalação do sistema solar no solo, considerado o maior causador de impactos ao desmatar uma determinada área de vegetação, causando erosão e salinização do solo, além de outros impactos.

Tabela 2: Matriz Energética Brasileira demonstrando o valor em MW e porcentagem referente a cada fonte de energia.

2015 (MME, 2015)		2022 (ANEEL/ABSOLAR, 2022)	
Hidrelétrica	67%	Hidrelétrica	54,3%
Térmica de diferentes fontes (gás natural, biomassa, petróleo, carvão e nuclear)	30%	Térmica de diferentes fontes (gás natural, biomassa, petróleo, carvão e nuclear)	23%
Eólica	3,7%	Eólica	10,7%
Solar	0,1%	Solar	7,6%

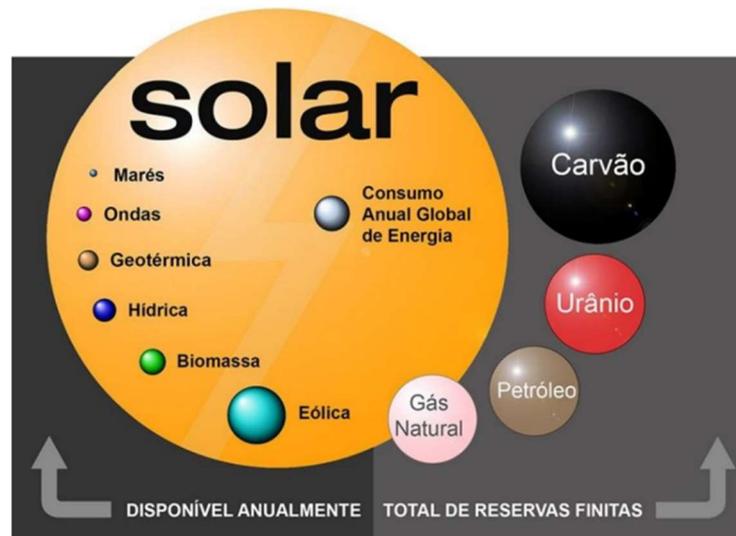
Fonte: O autor, 2022

Com base dos dados da MME (2015), percebe-se que em 2015 a hidrelétrica era considerada a maior matriz energética do Brasil, e a solar fotovoltaica uma das menores, com 0,1%. Atualmente a hidrelétrica se mantém em primeiro lugar, no entanto a energia solar PV ganha espaço dentro a matriz energética brasileira, alcançando 7,6%. Tanto a hidrelétrica quanto a solar fotovoltaica causam impactos ambientais.

Através dos dados fornecidos pela ABSOLAR (2022), na tabela 2, pode-se notar a evolução da energia solar no Brasil. Diante as fontes de energia solar, a fotovoltaica é a fonte de energia que vem ganhando maior destaque entre as fontes renováveis por diversos fatores, dentre eles: é uma das melhores alternativas de se obter geração de energia limpa, sustentável e de grande facilidade econômica atualmente, ainda de forma eficaz, dado que os sistemas de microgeração de energia podem ser instalados em telhados de residências, comércios e indústrias, o que contribui para a diminuição dos impactos ambientais, sem a necessidade, por exemplo, de novos espaços para a sua instalação.

SILVA (2019), explica a Figura 6 através da área dos círculos, onde é possível observar a proporcionalidade do potencial mundial em um ano, no caso das energias renováveis, e o total de reservas mundiais comprovadas, em relação as fontes não renováveis, podendo observar que o recurso solar pode suprir toda a demanda energética da humanidade.

Figura 6: Ilustração explicativa mostrando que o sol é capaz de suprir toda a demanda energética do mundo anualmente e infinitamente.



Fonte: (SILVA, et al. 2019).

Através da análise da figura 6 é possível notar a grande reserva da energia solar disponível anualmente, o que nos garante uma segurança quando se trata de recurso finito, através da utilização de fontes de energia a base do Sol, como a energia solar fotovoltaica (SILVA, et.al. 2019).

4.2 Viabilidade ambiental da energia solar fotovoltaica

Segundo Souza (2021), a energia solar se destaca com relação a sua viabilidade ambiental, por ser uma fonte renovável, praticamente inesgotável e com quase total ausência de poluição, permitindo afirmar que ela seja uma alternativa promissora e eficaz.

A tabela 3 mostra um comparativo entre a energia solar fotovoltaica e energia termelétrica a gás em relação a emissão de gases e dos poluentes do ar. Para isso foi realizado cálculos das emissões dos gases, onde considerou-se os gases do efeito estufa (CO₂, CH₄, N₂O, entre outros) e os poluentes do ar (dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x)) (NEVES, 2019).

Tabela 3: Taxas de emissão do ciclo de vida (g/kW(h)) de CO₂-eq (GEE), as taxas de emissão de combustão das melhores tecnologias disponíveis no mercado (g/kWh) de poluentes atmosféricos e as taxas de emissões de CH₄ (g/kWh) associado às tecnologias consideradas.

Tecnologia	Implantação (g CO ₂ -eq/kW)	Operação* (g CO ₂ -eq/kWh)	Descomissionamento (g CO ₂ -eq/kW)	Combustão (g/kWh)					Fugitivo CH ₄ * (g/kWh)
				SO ₂	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO ₂	
Termelétrica a gás natural ciclo combinado (TGCC)	160.000	74,4	6390	0,003	0,022	0,054	0,05	341,5	1,58
Termelétrica a gás natural ciclo simples (TGCS)	6.800	85,8	98,6	0,005	0,133	0,054	0,05	517,9	2,39
Solar PV	1.630.000	0	37.800	0	0	0	0	0	0

Fonte: (NEVES, 2019)

A tabela 3 expõe as tecnologias TGCC, TGCS e Solar PV através das emissões de implantação, operação, descomissionamento, combustão e fugitivo.

Emissões de implantação e descomissionamento são emissões únicas que acontecem na construção da usina/materiais ou no processo de descomissionamento, respectivamente. As emissões de operação podem ser de combustão ou não. Quando há queima direta para a geração de energia, é considerado combustão. As emissões de não combustão são devidas ao vazamento pelas tubulações ou extração do combustível utilizado. (NEVES, 2019).

Pode-se observar que a energia solar fotovoltaica não emite gases na sua operação, então sua análise é feita na construção e finalização, já a termelétrica apresenta mais influência na poluição no decorrer de sua operação. (NEVES, 2019).

Assim, tomando como base a afirmação de Souza (2021) e a tabela 3 de NEVES (2019), nota-se que a energia solar fotovoltaica contribui para a redução de poluição por fontes contaminadoras e de gases do efeito estufa, diminuição do desmatamento e elevação do uso de recursos naturais, ou seja, utilização de recursos que não são finitos.

4.3 Viabilidade econômica da energia solar fotovoltaica

Além dos quesitos positivos ambientais, a viabilidade econômica da energia solar também é um fato que impulsiona o seu crescimento da matriz elétrica no país (BNDES, 2019).

A produção de eletricidade por meio da energia solar fotovoltaica vive uma dinâmica quase inacreditável. Em 2010, custava ainda entre 0,25 e 0,35 euro/kWh, porém cinco anos mais tarde já era dois terços mais barato: 0,107 euro por kWh, na média global. Graças a uma produção e a módulos fotovoltaicos mais eficientes, a redução de custos continua em ritmo acelerado: segundo um estudo do Internacional Renewable Energy Agency Agency – IRENA (Agência Intencional de Energias Renováveis), os custos da energia solar poderão diminuir 59% na média global até 2025, chegando a menos que 0,05 euro/kWh (DW, 2016).

Tabela 4: Comparativo do valor da energia eólica e solar no mundo (Custo de geração de energia em centavos de euro por kWh).

FONTES	CUSTOS DE GERAÇÃO DE ENERGIA EM CENTAVOS DE EURO POR KWH	
	2015	2025
Eólica (em alto mar)	14.8	9.8 (-35%)
Fotovoltaica	10.7	4.9 (-59%)
Centrais térmicas solares	12.3	7.3 (-37%)
Eólica (em terra)	5.7	4.1 (-26%)

Fonte: (Adaptado de DW, 2016)

No ano de 2016, o BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, criou com recursos provenientes do Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (Fundo Clima), vinculado ao Ministério do Meio Ambiente, o projeto FINAME / Energia Renovável que dentre os setores de investimento, está o de Energias Renováveis (MMA, 2019). O banco contribuiu com desembolsos superiores a R\$34 bilhões (financiamento indireto) para a realização de projetos de energia solar, eólica, biomassa e pequenas centrais elétricas. Os projetos, produziram uma capacidade de geração de energia elétrica de 11.099 MW, sendo 439MW especificamente de geração por energia fotovoltaica (BNDES, 2019).

Estimativa da IRENA para o ano de 2030 é que a fonte solar represente 2500 GW, e, para o ano de 2050, mais de 8500 GW, respectivamente 13% e 25% da matriz global de geração (PORTAL SOLAR, 2020).

Segundo Lopes (2021), mesmo a energia solar representando apenas 1,1% da matriz energética nacional em 2020, ela ainda assim se destaca através da elevação no número de geração constante, influenciando na diminuição dos custos de aquisição através de incentivos como: investimentos via BNDES, abertura de leilões, isenções fiscais, dentre outros.

Com relação a viabilidade econômica de aquisição da energia solar fotovoltaica através da análise do primeiro ano de geração do SFCR (Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede), com uma geração de 7809,16 kWh a economia estimada para esse sistema instalado é de R\$6.269,15 no primeiro ano. Também é possível perceber que o sistema gera um crédito de R\$39,14 que pode ser utilizado para os anos posteriores, ficando armazenado na rede do cliente por até 5 anos (SILVA, 2022).

Nota-se que o processo de geração de energia através do sistema PV sempre será variável, pois sua geração depende das condições climáticas e de possíveis sombreamentos locais, além da diminuição de geração no decorrer do tempo de vida dos painéis fotovoltaicos (garantia de 25 anos), (SILVA, 2022).

Por não conseguir atingir a geração que supra o consumo do cliente, conseqüentemente também não sobra créditos, porém, em agosto o sistema gerou 724,56 kWh/ mês, ultrapassando o consumo fixo de 705 kWh/ mês e conseqüentemente gerando créditos na rede elétrica do cliente (SILVA, 2022).

Por fim, observa-se que essa fatura de energia sem o SFCR estaria gerando um custo anual para o cliente de R\$ 6.988,81, no entanto, com o SFCR o cliente pagou apenas R\$ 719,00 anual, o que lhe proporcionou uma economia de R\$ 6.269,15 (SILVA, 2022)

Tabela 5: Compensação da energia solar na fatura de energia de uma usina solar e sua economia média em 25 anos.

Ano	Fatura Energia	Fatura após a compensação	Economia de energia (%)
0	R\$ 1.959.980,03	R\$ 790.933,27	59,65%
1	R\$ 2.141.779,21	R\$ 890.358,07	58,43 %
10	R\$ 4.748.882,44	R\$ 2.229.634,36	53,05%
25	R\$ 17.739.440,24	R\$ 7.335.228,41	58,65%

Fonte: (Adaptado de LIMA, 2022).

Tendo como parâmetro o impacto financeiro da compensação na conta de energia de uma usina X, na tabela 5 observa-se o levantamento realizado por Lima (2022), na qual foi realizado um comparativo entre a geração do sistema com a conta de energia.

Observa-se que houve uma redução média de 58,28% ao longo de 25 anos, na fatura de energia, após a instalação do sistema fotovoltaico. Comprovando a eficiência da instalação do sistema fotovoltaico, propiciando uma economia significativa ao cliente durante todo período analisado neste trabalho de conclusão de curso (LIMA, 2022).

Segundo Silva (2022) juntamente com a análise da tabela 5, pode-se perceber que se tratam de dois sistemas de tamanho variável e que produzem energia elétrica, resultando em grandes economias, sendo inteiramente viável economicamente para toda e qualquer unidade, seja residências, comércio ou indústrias.

4.4 O Brasil e sua desenvoltura na geração de Energia Solar

Sabe-se que o Brasil é o país com maior incidência solar por dia e em grande parte do ano, além disso, é onde se encontra a maior reserva de silício – componente indispensável na fabricação dos painéis solares de boa qualidade. Visto essas duas vantagens, é indispensável o investimento em estudos que colaborem para o seu desenvolvimento comercial. A energia solar fotovoltaica, apesar de ainda cara se comparada às outras fontes, possui um alto potencial de utilização em sistemas conectados à rede em edificações urbanas residenciais e comerciais. Além disso, o país poderia aproveitar o desenvolvimento de sua cadeia produtiva, com geração de empregos e desenvolvimento tecnológico (FERREIRA., et al. 2012).

Ainda que o Brasil tenha obtido um grande destaque na geração de energia solar fotovoltaica, a dependência de um parque industrial se torna necessário, tornando assim um país produtor, gerando empregos e causando menos impactos. Para isso se faz necessário a implantação de políticas para consolidar, visto que todo o material é transportado principalmente da China (98,6% das importações), crescendo gradativamente o número de importações desde 2012, chegando ao país em maior quantidade através do porto de Santos e no Nordeste, pelo porto de Salvador (BEZERRA, 2021).

Porém, sabendo da importância do avanço brasileiro com relação ao uso solar, deve-se trabalhar o apoio de incentivo a fonte solar, pois sabe-se que no Brasil a matriz energética que predomina é a hidráulica, já em países líderes de produção utilizam-se combustíveis fósseis (NASCIMENTO, 2017).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a pesquisa qualitativa e descritiva realizada, é possível notar que a adoção da instalação de um sistema de geração de energia elétrica fotovoltaica é uma oportunidade de investimento que traz bastantes benefícios, dentre esses a redução de custos.

Assim, é fato que a conversão de energia solar em energia elétrica empregando as células fotovoltaicas se tornou uma alternativa muito viável, podendo ser considerada a melhor alternativa em meio a variadas fontes renováveis, pois utiliza uma fonte de energia inesgotável e economicamente acessível atualmente.

É notável um grande aumento da busca pela instalação da energia solar, graças ao aumento de eficiência energética, a política de preservação e conservação do meio ambiente, bem como, à adoção de tarifas de regime bonificado, custos domésticos, industriais, dentre outros setores que são bastantes minimizados, ou seja, a energia solar oferece grandes benefícios financeiros para o indivíduo que adquirir o sistema solar.

Sugere-se que a melhor alternativa diante as tecnologias de fontes renováveis sustentáveis é a energia solar fotovoltaica. Seu crescimento não para e sua seus custos estão se tornando mais acessíveis, porém o apoio de incentivos tornaria essa ferramenta muito mais viável. Visto que cada fonte de energia renovável vem sendo aprimorada, é de extrema importância que a tecnologia e o investimento nela tenha um avanço significativo para que a dependência de fontes não renováveis deixem de existir.

REFERENCIAS

- ABBAS, S *et al.* Sustainable production using a resource–energy–water nexus for the Pakistani textile industry, **Journal of Cleaner Production**. n. 271, p. 122, 2020.
- ABSOLAR. **Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica**. São Paulo, 2022. Disponível em: www.absolar.org.br. Acesso em 20 maio 2022.
- AKARSLAN, F. **Photovoltaic Systems and Applications**. In: **Modeling and Optimization of Renewable Energy Systems**. Edited by Arzu Şencan, InTech, 2012.
- ALENCAR, M. P.; TAVARES, C. V. **Importância e vantagens da tecnologia de energia solar no Brasil e o que dificulta o seu desenvolvimento: percepção de atores públicos e privados de municípios no semiárido cearense**. In: **II Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido**, 2017.
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília, 2016.
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas da Energia Elétrica do Brasil**. Brasília, 2005.
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Registros de Micro e Minigeradores distribuídos efetivados**. Brasília, 2016. Disponível em: <https://www.Geração-ANEEL.com.br>. Acesso em 01 fevereiro 2022.
- ARAUJO; SCARPELLINI; AMADO. **Células Solares Sensibilizadas por Corantes: Uma proposta de metodologia Interdisciplinar**, 2019. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/574872/2/ENERGIA%20DO%20SOL.pdf>. Acesso em 07 de março de 2022.
- ASUMADU-SARKODIE, S.; OWUSU, P. A review of Ghana’s solar energy potential, **Aims Energy**, v. 4, n. 5, p. 675–696, 2016.
- BARBOSA. Recursos Naturais Renováveis e Produção de Energia, **Revista Política Hoje**, v. 23, n. 1, p. 193-215, 2015.
- BAZZO, E.; RÜTHER, R. Viabilidade de um sistema híbrido diesel/fotovoltaico para a Região Norte do Brasil, **Revista Eletricidade Moderna**. p. 38-48, 2001.
- BEZERRA, F.D. Caderno Setorial ETENE. **Energia solar**. Ano 6, Nº 174, Julho de 2021.
- BITTENCOURT. **Estratégia para o gerenciamento do balanço da geração fotovoltaica de energia elétrica integrada à edificação e veículos elétricos em rede inteligente**. 2014. Tese. Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.
- BNDES, Banco nacional do desenvolvimento, 2019. **Efetividade em infraestrutura**. Disponível em: https://www.bndes.gov.br/arquivos/relatorioefetividade/destaques_infraestrutura.pdf. Acesso em 13/05/22.

BORGES, M. C.; AQUINO, O. F.; PUENTES, R. V. **Formação de professores no Brasil: história, políticas e perspectivas**. *Revista HistedBR* on-line, Campinas, jun. 2011.

CARVALHO., et al. **A rota metalúrgica de produção de silício grau solar: uma oportunidade para a indústria brasileira?** BNDES Setorial, Rio de Janeiro, set. 2014.

CBIE - CENTRO BRASILEIRO DE INFRAESTRUTURA. **Como funciona a geração solar?** Disponível em: <https://cbie.com.br/>. Acesso em: 10 jul. 2022.

CEMIG. **Alternativas Energéticas**. 2012. Disponível em: https://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/inovacao/Alternativas_Enegeticas/Documents/Alternativas%20Energeticas.pdf. Acesso em: 02 de fevereiro 2022.

CIAMPONI, C. **Geração de energia elétrica domiciliar solar e eólica: análise das condições socioeconômicas para implantação em residências de baixo consumo**. 2015. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental) - Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2015.

CORIA, G.; PENIZZOTTO, F.; PRINGLES, R. **Economic analysis of photovoltaic projects: The Argentinian renewable generation policy for residential sectors**. *In: Renewable Energy*, v. 133, p. 1167-1177, 2019.

COUNCIL, G. S. Home. **Charlotte: Global Solar Council**, 2017. Disponível em: . Acesso em: 22 fev. 2017.

DEMANBORO, A. C.; MARIOTONI, C. A.; NATURESA, J. S.; *et al.* **A sustentabilidade através de empreendimentos energéticos descentralizados**. *In Proceedings of the 6. Encontro de Energia no Meio Rural*, 2006, Campinas (SP, Brazil) [online]. 2006 [cited 06 August 2022].

DW - MADE FOR MINDS. **Energias solar e eólica ganham competitividade**. 2016. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/energias-solar-e-e%C3%B3lica-ganham-competitividade/a-19336605>. Acesso em: 6 abr. 2022.

EPE. **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica /** Mauricio Tiomno Tolmasquim (coord.). – EPE: Rio de Janeiro, 2016.

FERREIRA., et al. **Além de grandes hidrelétricas: Políticas para fontes renováveis de energia elétrica no Brasil**, 2012.

FERREIRA, M. A. **Utilização de Fontes de Energia Renováveis para a Produção de Hidrogênio**. Politécnico de Coimbra | Instituto Superior de Engenharia de Coimbra. Coimbra, março, 2022.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

GARCIA, G.; NOGUEIRA, E.; BETINI, R. Solar energy for residential use and its contribution to the energy matrix of the State of Paraná, **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 61, n. Specialissue, 2018.

GONÇALVES, V.C.S. **O caminho para a viabilidade econômica e ambiental da energia fotovoltaica**. Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade. 2014.

GUO, X *et al.* Carbon footprint of the photovoltaic power supply chain in China. **Journal of Cleaner Production**, v. 233, p. 626-633, 2019.

IEA, International Energy Agency. **Trends In Photovoltaic Applications. In: Survey report of selected IEA countries between 1992 and 2010**. Paris, 2019. Disponível em: http://www.ieapvps.org/index.php?id=1&eID=dam_frontend_push&docID=898 Acesso em 02 de janeiro de 2022.

INPE. **Atlas brasileiro de energia solar**, São José dos Campos - Brasil 2ª Edição - 2017.

LAMARCA JUNIOR, M. R. **Políticas públicas globais de incentivo ao uso da energia solar para geração de eletricidade**. 2012. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, PUC-SP, São Paulo, 2012. Disponível em: http://www.sapientia.pucsp.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1507. Acesso em: 12 de fevereiro 2022.

LAVEZZO, César Augusto. Fontes de Energia. **Gestão em foco**. Amparo: 2016.

LEMKE. **Usinas hidrelétricas e seus impactos ambientais**. 2018. Disponível em: <https://engenharia-sustentavel.com/usinas-hidreletricas-e-seus-impactos-ambientais/>. Acesso em: 14 de março de 2022.

LIMA, A.B. **Análise da viabilidade de custo de uma usina solar fotovoltaica**. Trabalho de conclusão de curso, UFCG. Campina Grande, Paraíba, 2022.

LOPES, A.C. **Difusão da energia fotovoltaica a partir das políticas públicas no setor de energia solar**. Dissertação de mestrado. Curitiba, 2021.

LUIZ, B. ; SILVA, T. Energia fotovoltaica: um retrato da realidade brasileira. **INOVAE**. São Paulo, v. 5, n. 2, p. 26-40, 2017.

MARTINS, M. F; CANDIDO, G. A. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável para Localidades: uma proposta metodológica de construção e análise**. Campina Grande, 2010.

Maytecsolucoes (2019). **Como funciona a energia solar fotovoltaica**. Recuperado em 12 maio, 2019, de: <https://www.maytecsolucoes.com.br/energia-solar>.

MICHELETTI, I et al. **Energia solar, extrafiscalidade e políticas públicas na promoção ao desenvolvimento sustentável**. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.7, n.6, p. 58659-58680 jun. 2021.

MMA, Ministério do Meio Ambiente, Set/2018. **Anúncio de recursos para energia renovável**. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/informma/item/15119->

governoanuncia-recursos-para-expans%C3%A3o-da-oferta-de-energia-fotovoltaica.html. Acesso em 13/05/22.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Energia: A ordem é economizar**. 2019.

Disponível em:

https://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_proecotur/_publicacao/140_publicacao090620_09030954.pdf. Acesso em 15 de janeiro de 2022.

MME, **Manual para Atendimento às Regiões Remotas dos Sistemas Isolados**.

Brasília: MME, 2015a. Acesso em: 27 abril. 2022.

MOLINA-JUNIOR, Walter MOLINA. **Recursos Energéticos e Ambiente**. Curitiba: InterSaberes, 2015.

MITRATECH. **Como funciona Energia Solar Fotovoltaica**. Disponível em:

<https://mitratech.com.br/como-funciona-energia-solar-fotovoltaica/>. Acesso em: 14 jul. 2022.

NASCIMENTO, Rodrigo. **ENERGIA SOLAR NO BRASIL: SITUAÇÃO E**

PERSPECTIVAS. Consultor Legislativo da Área XII. Recursos Minerais, Hídricos e Energéticos. Estudo Técnico (Câmara dos deputados). MARÇO/2017.

NEOSOLAR. **Sistema de energia solar fotovoltaica e seus componentes**.

Disponível em: <https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>. Acesso em: 7 jul. 2022.

NEVES, G.M. (2019). **Externalidades ambientais da energia solar fotovoltaica e da energia termelétrica a gás natural: estudo de caso no campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília**.

Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 63 p.

PACHECO. **Otimização da energia geradas por painéis solares fotovoltaicos em sistemas isolados da rede elétrica**. 2014. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial) – Universidade

Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2009. Disponível em:

<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/905/>. Acesso em 09 de janeiro de 2022.

PINTO, C *et al.* **Energia Solar**. Projeto FEUP, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2015.

PORTAL SOLAR. **Custos de investimentos e produção de energia solar podem cair 80% até 2050**. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-renovavel/custos-de-investimentos-e-producao-de-energia-solar-podem-cair-80-ate-2050.html>. Acesso em: 27 mai. 2022.

PROENÇA, E. **A Energia Solar Fotovoltaica em Portugal: engenharia e gestão industrial**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial).

Universidade Técnico de Lisboa, 2007. Disponível em:

https://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_proecotur/_publicacao/140_publicacao090620_09030954.pdf. Acesso em 01 de fevereiro de 2022.

PROETTI, Sidney. As pesquisas qualitativa e quantitativa como métodos de investigação científica: um estudo comparativo e objetivo, **Revista Lumen**, n.4, 2017.

RAZYKOV, T *et al.* **Solar photovoltaic electricity**: current status and future prospects. *In: Solar Energy*, v. 85, n. 8, p. 1580-1608, 2011. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X1000366X>. Acesso em 16 de janeiro de 2022.

REIS, Pedro. **Vantagens e desvantagens da energia solar**, 2017. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar/>. Acesso em 13 de março de 2022.

ROMEIRO, A. R. **Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômico-ecológica**. 2012. Estudos Avançados Vol.26.

ROSA, A. R. O.; GASPARIN, F. P. **Panorama da energia solar fotovoltaica no Brasil**. **Revista Brasileira de Energia Solar**, v. 7, n. 2, p. 140 – 147, 2016.

RÜTHER, Ricardo. **Edifícios solares fotovoltaicos**. Florianópolis: Ufsc / Labsolar, 2004. Disponível em: <https://fotovoltaica.ufsc.br/sistemas/livros/livro-edificios-solares-fotovoltaicos.pdf>. Acesso em 14 de março de 2022.

SÁ, T. R. **O processo de licenciamento ambiental de usinas solares fotovoltaicas no Brasil**. Dissertação de mestrado. São Paulo, 2020.

SANTOS, A. C. S.; FRANCISCO, J. C. **Uso de painéis solares e sua contribuição para a preservação do meio ambiente**. Bolsista de Valor: Revista de Divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF - Fluminense, vol. 2, n. 1, 2012.

SANTOS, P. R. G.; FLORENTINO, M. C. C.; BASTOS, J. L. C.; TREVISAN, G. V. **Fontes renováveis e não renováveis geradoras de energia elétrica no Brasil**. VIII MICTI, 2015.

SANTOS, S. C.; REIS, M. J. **Memória do setor elétrico na região sul**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2002.

SILVA, G *et al.* **Energias alternativas: tecnologias sustentáveis para o nordeste brasileiro**. Aracaju: Associação Acadêmica de Propriedade Intelectual, 2019.

SILVA, J.C.L. **Sistema Fotovoltaico Conectado a Rede: Dimensionamento e Análise da Viabilidade Econômica**. Trabalho de conclusão de curso, UFCG. Campina Grande, Paraíba, 2022.

SILVA, R.M. **Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios**. *In: Núcleo de Estudos e pesquisas/CONLEG/Senado*, 2015, Brasília.

SOUZA, D. **Estudo da viabilidade de implementação de um sistema de energia solar fotovoltaica na instituição de ensino Doctum de Caratinga**. *In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC*, 2015, Fortaleza. Disponível em: http://www.confea.org.br/media/Eletricista_estudo_da_viabilidade_de_implementacao_de_um_sistema_de.pdf. Acesso em 14 de janeiro de 2022.

- SOUZA, L. G. **Análise de viabilidade econômica e ambiental para a implantação de sistema de geração de energia renovável em uma residência unifamiliar.** São Carlos – SP, 2021.
- SUZUKI, R. **Estudo da utilização da geração fotovoltaica para auxiliar a suprir a demanda crescente de energia elétrica no Brasil.** 2015. Universidade Tecnológica 46 Federal do Paraná. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br:8080/jspui/handle/1/3677>. Acesso em: 26/03/2022.
- TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica.** Rio de Janeiro, 2016.
- TORRES, R. C. **Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa de geração de energia elétrica em edificações residenciais.** 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Departamento de Engenharia Mecânica, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2012. Disponível em: https://redemat.ufop.br/?option=com_content&view=article&id=822%3Adesenvolvime nto-de-substrato-de-si-de-baixo-custo-para-celula-fotovoltaica&catid=42%3A2008&temid=64. Acesso em: 03 de fevereiro 2022.
- TURKENBURG, W *et al.* **Renewable Energy.** In: **Jurgen Schmid**, Review Editor, p. 900, 2011.
- VIANA, M.B; TAVARES, W.M; LIMA, C.R. **Sustentabilidade e as principais fontes de energia.** Câmara dos Deputados, 2015.
- VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações.** São Paulo: Editora Érica, 2012.
- WILLIAMS, R.; et al., **Linking Energy Efficiency and ISO.** Washington: Dept. of Energy, 2005.
- WISE - ENERGIA INTELIGENTE. **Manutenção preventiva dos painéis solares: como funciona o serviço da Wise.** Disponível em: <https://energiawise.com.br/manutencao-preventiva-dos-paineis-solares-como-funciona-o-servico-da-wise/>. Acesso em: 12 jul. 2022.
- YANG, T.; ATHIENITIS, A. K. **A study of design options for a building integrated photovoltaic/thermal (BIPV/T) system with glazed air collector and multiple inlets.** Energy Procedia 30 (2012) 177 – 186. 2012.
- YASEEN, M *et al.* Biomass for renewable energy production in Pakistan: current state and prospects, **Arabian Journal of Geosciences**, v. 13, n. 2, 2020.
- YONG-CHEOL et al. **Ultrasound-Guided Shoulder Injections.** V. 54(5). 2019.
- ZEMAN, M. **Introduction to photovoltaic solar energy.** Delft University of Technology, 2010.