

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

NEODERCI GOMES DA SILVA

O USO DE PAINÉIS SOLARES NAS EDIFICAÇÕES

**GUARAPUAVA
2022**

NEODERCI GOMES DA SILVA

O USO DE PAINÉIS SOLARES NAS EDIFICAÇÕES

THE USE OF SOLAR PANELS IN BUILDINGS

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador(a): Prof. Me. Alex Archela.

GUARAPUAVA

2022



Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

NEODERCI GOMES DA SILVA

O USO DE PAINÉIS SOLARES NAS EDIFICAÇÕES

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 16/dezembro/2022

Alex Archela - Orientador
Mestre em Engenharia Elétrica
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

Petrônio Rodrigo Mello Montezuma
Doutor em Engenharia Civil
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

Edson Luiz Schultz
Mestre em Automação Industrial
Faculdades Guarapuava

GUARAPUAVA

2022

Dedico este trabalho aos meus pais, a minha esposa
e minhas duas filhas pelos momentos de
ausência, também pelo incentivo
em toda minha vida
acadêmica.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida e a oportunidade estar a cada dia aprimorando meus conhecimentos. A todas as pessoas que fizeram parte, direta ou indiretamente, dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que sempre fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Agradeço ao meu orientador Prof. Me. Alex Archela, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória.

Aos meus Professores Dr. Petrônio Rodrigo de Mello Montezuma e Me. Edson Luiz Schultz, pelo apoio e contribuição nessa obra. Aos colegas da UTFPR, Campus de Guarapuava.

A Secretaria do Curso, pela cooperação.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

A natureza usa a energia Solar a milhares de anos, e bem usada, só a raça humana ainda não conseguiu, usar em toda sua possibilidade.
(Cello Vieira, 2022).

RESUMO

O presente trabalho tem a finalidade de demonstrar, que entre tantas alternativas de energia, existe uma que vem se destacando por ser de uma fonte inesgotável e de geração limpa. Estamos falando da Energia Solar fornecida pela radiação solar captada por painéis solares. Em nosso país a energia que usamos, tem origem nas hidrelétricas e termoelétricas, quase que na sua totalidade, mas nesses últimos anos, com a crise hídrica e a poluição geradas pelas termoelétricas precisamos estender pesquisas para outras fontes de energia. Uma alternativa bastante promissora, parece ser a energia solar, então trazemos aqui algumas pesquisas, juntamente com um estudo de caso, para ver a viabilidade de aplicação na construção de novas edificações, tanto residenciais, como comerciais, de se instalar painéis solares para geração de energia elétrica, deixando cada edificação autossuficiente, desafogando assim, as outras fontes de energia. Destacamos aqui as vantagens e desvantagens da Instalação de painéis solares nas edificações, bem como se compensa economicamente falando. Abordaremos aqui o quão é promissor a Energia Solar nas próximas décadas.

Palavras-chave: Energia Solar. Sustentabilidade. Painéis Solares.

ABSTRACT

The present work aims to demonstrate that among so many energy alternatives, there is one that has been standing out because it is from an inexhaustible source and clean generation. We are talking about solar power provided by solar radiation captured by solar panels. In our country the energy we use originates in hydroelectric and thermoelectric plants, almost in its entirety, but in recent years, with the water crisis and pollution generated by thermoelectric plants we need to extend research to other energy sources. A very promising alternative, seems to be solar energy, so we bring here some research, along with a case study, to see the feasibility of application in the construction of new buildings, both residential and commercial, of installing solar panels for electricity generation, leaving each building self-sufficient, thus undrowning the other energy sources. We highlight here the advantages and disadvantages of installing solar panels in buildings, as well as compensating economically speaking. Here we will discuss how promising solar energy is in the coming decades.

Keywords: Solar energy. Sustainability. Solar Panels.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Exemplo de Instalação de painéis solares em residências	18
Figura 2 – Esquemático de instalação do sistema fotovoltaico <i>on-grid</i>	20
Figura 3 – Esquemático de instalação do sistema fotovoltaico <i>off-grid</i>	21
Figura 4 – Itens que compõem o orçamento	24
Figura 5 – Geração de energia de acordo com os meses do ano.....	25
Figura 6 – Análise econômica prevista	26
Figura 7 – Tarifas de manutenção	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
AC	<i>Alternating Current</i> - Corrente Alternada
COPEL	Companhia Paranaense de Energia Elétrica
DC	<i>Direct Current</i> - Corrente Contínua
EPIA	European Photovoltaic Industry Association
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEA	International Energy Agency
NBR	Normas Brasileiras
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Justificativa.....	13
1.2	Objetivos	13
1.2.1	Objetivo Geral.....	13
1.2.2	Objetivos Específicos	14
1.3	Estrutura	14
2	METODOLOGIA	15
3	REFENCIAL TEÓRICO.....	16
3.1	Energia Solar (um pouco da história).....	16
3.2	Energia Solar no Brasil	18
3.3	Energia Solar vantagens e desvantagens	19
3.4	Sistemas Fotovoltaicos	20
3.4.1	Sistema <i>On Grid</i>	20
3.4.2	Sistema <i>Off Grid</i>	21
3.5	Abordagem de Painéis Fotovoltaicos na Fase de Projetos	22
3.6	Reciclagem	23
3.7	Estudo de casos	23
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
	REFERÊNCIAS.....	31

1 INTRODUÇÃO

Muito se tem falado em energia sustentável, mas pouco se tem feito para alcançar esse objetivo. As casas residenciais e demais edificações, onde residimos e trabalhamos dependem de energia para proporcionar conforto e comodidade. Então como futuros profissionais da Engenharia Civil, além de um belo projeto de engenharia, pode-se sugerir aos nossos clientes a possibilidade de suprir a demanda de energia, equipando as edificações com Painéis Solares e ao mesmo tempo agregando valor ao Imóvel.

No Brasil a exploração de um só modal de energia, que depende de um clima favorável, vem degradando o meio ambiente e tem levado o País a consumir energia mais cara, e ainda, utilizando algumas fontes de energia mais poluentes, que é o caso das termoelétricas. além de ter que fazer apelos à população para que se economize energia, evitando assim o racionamento. O ministro de Minas e Energia Bento Albuquerque fez um pronunciamento em rede nacional de rádio e televisão, (na noite de 31/08/2021), no qual afirmou “Que a seca e o nível de água dos reservatórios das hidrelétricas se agravaram e que, neste cenário, a energia ficará mais cara”. Neste mesmo pronunciamento o Ministro Albuquerque pediu ainda:

“Que os cidadãos e membros da indústria, do comércio e o dos de serviços façam um esforço pela redução do consumo de energia”. "A título de exemplo, uma redução média de 12% no consumo residencial equivaleria ao suprimento de nada menos que 8,6 milhões de domicílios." "Podemos conseguir até mais, eliminando todo o desperdício no consumo de energia, desligando luzes e aparelhos que não estão em uso, aproveitando mais a luz natural, reduzindo a utilização de equipamentos que consomem muita energia, como chuveiros elétricos, condicionadores de ar e ferros de passar", exemplificou, pedindo que os consumidores de energia optem por seu uso em horários alternativos, como de manhã e nos finais de semana. (g1, 2021).

O fato de habitar em um país tropical, onde o sol brilha para todos, então cada um pode contribuir para o fornecimento de energia. Primeiro, atendendo a demanda de sua residência e, depois disponibilizando para outros, o excedente. Essa é Energia Solar, limpa e sustentável, que é absorvida por painéis solares e transformada pelo processo fotovoltaico em Energia Elétrica.

Em 2012, a ANEEL (Agencia Nacional de Energia Elétrica), estabeleceu normas para a geração de energia solar no Brasil, com a Resolução Normativa nº 482. Nela, “qualquer pessoa física ou jurídica poderia ter seu sistema, para produzir a

energia elétrica que consome”. Essa Normativa foi revisada e atualizada pela de nº 687, de 24 de novembro de 2015, que acrescentou mais orientações sobre o sistema.

Enfim, a energia é necessária e deve-se priorizar aquela que tem um menor custo em sua geração e, que por sua vez a que menos agride o meio ambiente. Então o presente trabalho visa recorrer e contribuir para as pesquisas de geração de energia limpa e instrumentalizar os engenheiros para que, se necessário, ao realizar os projetos, possam incorporar os painéis solares, como fonte de energia complementar.

1.1 Justificativa

A energia elétrica que o Brasil usa vem das hidrelétricas, quase que em sua totalidade. Quando as hidrelétricas não suprem a demanda, entram em ação as termoelétricas. Com as termoelétricas o preço da energia sobe e os poluentes da atmosférica aumentam. De acordo com Ernani Sartori (2008), “As usinas termoelétricas causam muitos danos ao meio ambiente e ao país”. As eólicas também são exemplos de energia limpa e sustentáveis, mas necessitam de um local adequado, quase sempre onde venta bastante, mas assim o custo pela transmissão fica elevado, e temos ainda que levar em conta que ainda uma rede de transmissão agride e muito, o meio ambiente.

A energia solar desponta como a solução do problema, pois não necessita de local específico e pode ser usada a transmissão e distribuição, que já existe em todas as residências. Isso, tanto no meio urbano quanto rural.

Outro aspecto relevante, com relação a energia solar é o fator econômico, pois de acordo com a Normativa da ANEEL: “Somente com um sistema fotovoltaico homologado nessas regras é possível desfrutar da economia na conta de luz por mais de 25 anos” (Resolução Normativa nº 482 – ANEEL 2012).

Desta forma, com o desenvolvimento deste trabalho pretende-se ressaltar a eficiência econômica da geração de energia elétrica por painéis solares, demonstrando por meio de cálculos o tempo de retorno do investimento.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Esta pesquisa tem como objetivo analisar a viabilidade econômica da instalação de painéis solares em uma edificação, como fonte complementar de

energia elétrica e valorização do Imóvel, bem como apresentar os procedimentos metodológicos para instalação e uso desse sistema.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Entender a sistemática de funcionamento do modelo fotovoltaico.
- Apontar as vantagens e desvantagens do sistema fotovoltaico comparado a outros métodos tradicionais de geração de energia;
- Comparar economicamente o custo de aplicação e manutenção entre o sistema tradicional e o fotovoltaico;
- Avaliar as possíveis destinações ecologicamente viáveis para descarte do material após seu uso.

1.3 Estrutura

O presente trabalho apresenta em sua Introdução, uma contextualização sobre os tipos de energia utilizadas no Brasil. Depois discorre sobre o sistema fotovoltaico e um pouco de sua aplicabilidade, justificando a necessidade de buscarmos novos tipos de energia. Destaca ainda os objetivos, geral e específicos. No Capítulo 2, tratamos da Metodologia da pesquisa. O Capítulo 3, discorre sobre o referencial teórico e foi dividido em sub itens: Na Seção 3.1 fala da energia solar, um pouco da história e como funciona o Sistema. Na 3.2 Fala da energia solar no Brasil. Na 3.3 equipara as vantagens e desvantagens do sistema fotovoltaico. Na 3.4 discorre sobre dois sistemas: 3.4.1 sistema On grid e 3.4.2 Off grid. Na 3.5 determina a eficiência do profissional da engenharia civil com a elaboração do projeto. Na 3.6, trata da Reciclagem dos produtos. Na 3.7 fará um estudo de caso destacando a viabilidade econômica entre um Sistema tradicional de energia elétrica e o Sistema fotovoltaico. E no Capítulo 4, as considerações finais.

2 METODOLOGIA

O desenvolvimento do presente trabalho se deu por meio de uma pesquisa bibliográfica, onde foram abordados a viabilidade e existência de vantagens de se instalar painéis solares com intuito de gerar energia elétrica, e incorporar nas residências, deixando-as, autossuficientes, em energia. Também foi realizada uma investigação se as residências dotadas desses painéis fotovoltaicos são agregadas de valor comercial, ou seja, existe uma valorização do preço comercial desses Imóveis.

Os painéis solares, têm como função captar a energia do sol e transformá-la em energia elétrica, através do efeito fotovoltaico. Ainda, sobre a energia solar, foi abordado a sua origem e suas finalidades, bem como as vantagens e desvantagens de se instalar o sistema. Foi abordado que a crescente demanda por energia elétrica, faz com que se busque por fontes sustentáveis e menos agressivas ao meio ambiente. Também foi discorrido como está a aplicação da captação de energia solar no Brasil e no mundo.

Além da pesquisa bibliográfica, houve a realização de um estudo de caso, onde foi possível equacionar os dois métodos: o fotovoltaico e o sistema tradicional, com uma comparação financeira por um período de 25 anos. O estudo de caso envolveu uma residência de 180 metros quadrados com um consumo mensal de 300 kWh. Nesse estudo de caso foi solicitado um orçamento de uma empresa instaladora de painéis solares da cidade de Guarapuava. Esse orçamento é para instalação de painéis solares com capacidade de gerar a energia necessária para o consumo da residência. Para esta análise foi desconsiderado a demanda de pico da residência, uma vez que o sistema *on-grid* (Seção 3.4.1) possibilita a complementação da demanda por meio da rede pública. Também junto com esse orçamento foi feita uma outra análise, na qual foi pego o preço do kWh junto a concessionária da região (COPEL) e realizado o custo dos kWh, durante 25 anos e subtraídos o custo da instalação dos painéis solares.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo é apresentada uma revisão baseadas em pesquisas, porém sem desviar o foco, que é apresentar aos futuros construtores, a possibilidade de implantar em sua residência painéis solares, desde o projeto arquitetônico, suprindo assim a energia consumida na residência sem saturar o sistema hidrelétrico já discutido anteriormente e demais formas de geração de energia. Também vamos discutir aqui, se as edificações que possuem painéis solares serão valorizadas comercialmente.

3.1 Energia Solar (um pouco da história)

Tudo tem início com o Big Bang, a 15 bilhões de anos. O Sol é formado e desponta como o maior astro do sistema solar. Ele é composto aproximadamente de 74% hidrogênio e 24% hélio, com 2% de oxigênio, carbono e ferro. Nas palavras de Davigny (ROBYNS et al., 2012, p. 19, apud PEREIRA, 2014, p.24) “pode-se ver uma estrela constituída principalmente por hidrogênio, com suas reações termonucleares que nele ocorrem, e temos a emissão de uma variedade de energias que atingem a Terra” que constituem a base da geração solar fotovoltaica.

Ao mesmo tempo que é produzido Hélio, é emitida radiação solar sob a forma eletromagnética: radiação visível (de 380 nm a 780 nm), radiação infravermelha (IV, maior que 780 nm) e radiação ultravioleta (UV, de 100 nm a 400 nm). [...] Cada ano, a Terra recebe $1,600 \times 10^{15}$ kWh do sol, dos quais 70% passam pela parte superior da atmosfera. Em termos comparativos, o consumo energético primário da humanidade está por volta dos 140×10^{12} kWh por ano. (ROBYNS et al., 2012, p. 19, apud PEREIRA, 2014, p.24).

Sua energia vem do processo de fusão nuclear, devido a altas temperaturas e pressão de seu interior.

A energia do Sol chega à Terra por meio da radiação solar, como ondas eletromagnéticas com intensidade de 1366 kW/m^2 (quilowatts por metro quadrado), valor que pode variar de acordo com as estações que são resultados de períodos orbitais. O Sol ainda é responsável por diversos fenômenos, entre os quais se destacam: As alterações climáticas e a fotossíntese. Mas o foco aqui é a energia solar, que é possível usufruir de diversas maneiras. Aqui, mais especificamente a energia captada por placas solares com células fotovoltaicas.

Mas para explorar esse potencial dado por Deus, surge a inteligência humana, por meio do físico francês Alexandre Edmond Becquerel que no ano de 1839,

observou pela primeira vez o efeito fotovoltaico, enquanto realizava experiências com eletrodos. Mas o mérito de inventor foi dado ao cientista Russell Shoemaker Ohl, que desenvolveu a célula solar moderna (Mosqueira, 2020).

No início não se deu muita importância ao surgimento da energia solar. Ela foi tratada como energia futurista, pois seu custo era elevado e chegou a acreditar que não se usaria de maneira geral. Pois bem, parece que esse futuro chegou.

Com o passar dos anos, ocorreram elevados avanços fotovoltaicos, entre os quais merecem destaques o Prêmio Nobel de Albert Einstein 1923.

Em sua contribuição, Albert Einstein pôde explicar com precisão o efeito fotovoltaico, afirmando que a luz do sol pode gerar energia elétrica (PORTAL SOLAR, 2022). Mais adiante Charles Fritts, produziu a primeira célula fotovoltaica com selênio revestido de ouro (PORTAL SOLAR, 2022). Para termos uma noção melhor do que é energia solar, vamos usar a definição de Sousa:

A energia solar fotovoltaica é gerada pela conversão direta da radiação solar em energia elétrica. Essa conversão é realizada pelas chamadas células fotovoltaicas, compostas por material semicondutor, normalmente o silício. Ao incidir sobre as células, a luz solar provoca a movimentação dos elétrons do material condutor, transportando-os pelo material até serem captados por um campo elétrico (formado por uma diferença de potencial existente entre os semicondutores). Dessa forma, gera-se eletricidade (Brasil Escola, 2021).

As primeiras células com tecnologia fotovoltaica criadas em 1883, possuíam capacidade de gerar uma corrente contínua e constante para a conversão elétrica máxima de 2%. Isso foi melhorado com o passar dos anos. Passou a ser 6% e hoje chega a 20% de eficiência (Eberhardt, 2005).

O uso em painéis solares, ocorreu em 1958 no espaço, por meio do satélite Vanguard I, que foi lançado com o auxílio de um painel de 1 W para alimentar seu rádio na viagem (ONB SOLAR, 2022). Hoje a energia solar avança em passos largos e seus painéis solares já tomam formas em diversos telhados em nossas cidades.

Figura 1: Exemplos de instalação de painéis solares em residências.



Fonte: Patoeste (2022)

A Figura 1 apresenta painéis solares instalados nos telhados de residências térrea e sobrado. A escolha da instalação em telhados se adequa de maneira harmônica tanto pela estética, pela capacidade de ocupação de área útil, mas também pela maior exposição dos painéis à luz solar, uma vez que os telhados são normalmente a região com menor tempo em sombra.

3.2 Energia Solar no Brasil

O Brasil possui sua matriz energética basicamente hídrica, mas as consequências climáticas tendem a mudar esse panorama. A European Photovoltaic Industry Association (EPIA), em recente publicação define as perspectivas da indústria fotovoltaica nas décadas vindouras. Com previsão de crescimento do mercado semelhante ao dos últimos anos (superior a 30% por ano) e uma redução nos custos proporcional ao crescimento de painéis instalados, a EPIA antecipa que em 2020 cerca de 1% da eletricidade consumida mundialmente será de origem fotovoltaica, elevando-se essa fração para cerca de 26% em 2040. De acordo com um estudo publicado pelo Conselho Mundial da Energia, em 2100, 70% da energia consumida será de origem solar (EPIA, 2020). Tomando-se como referência as palavras de Lamberts, R. et al (1996):

[...] 42% do consumo de energia elétrica no Brasil é direcionado para o setor de edificações, dos quais 84,1% indica a construção por empresas e famílias e 15,9% pela administração pública, envolvendo 13,8% do Produto Interno Bruto do país. Ainda de acordo com LAMBERTS, R. et al (1996), o setor residencial responde por 25% do consumo nacional de energia e coloca o chuveiro elétrico como segundo maior consumidor de energia em uma residência com 25% do consumo total perdendo apenas para o refrigerador com 30% deste consumo. (PALZ, 2002).

Pode-se notar que fica evidente que a sociedade tem que fazer uma escolha, pautados na ética e responsabilidade, acompanhando a ciência e seus apontamentos, pois estará acompanhando a evolução no que diz respeito, em termos de energias alternativas.

3.3 Energia Solar vantagens e desvantagens

Uma das energias mais faladas da atualidade e com grande perspectiva de expansão, a energia solar, traz como grande vantagem, a durabilidade, ser uma energia limpa e sustentável. A energia solar, desenvolvida por meio de painéis solares apresenta vida longa, não polui e valoriza o imóvel.

Por outro lado, a grande desvantagem, está no alto custo de aquisição e na falta de incentivos no Brasil.

Inesgotável, renovável e com baixo custo de manutenção, a energia solar possui inúmeras vantagens e pode e deve ser usada em grande escala. Nas palavras de Scherer algumas vantagens ficam evidentes:

A energia solar é limpa, ou seja, não emite qualquer tipo de poluição ou gases de efeito estufa. Os equipamentos que tratam da captação de energia solar são silenciosos, não interferindo acusticamente no meio. Os painéis solares são normalmente instalados na cobertura das casas/prédios, não ocupando espaços que seriam necessários para outros fins. A captação de energia solar é perfeitamente adaptável às necessidades de quem as utiliza, caso seja necessário maior quantidade de energia basta adicionar mais painéis ao sistema solar existente. Resistentes e fiáveis, o sistema de captação de energia solar não solicita grandes intervenções em termos de manutenção e tem uma vida de longa duração (Scherer, 2015).

Não é só de vantagens que a energia solar se constitui, mas é nítido que a energia solar possui mais vantagens que desvantagens e até nas desvantagens é possível se recuperar. Também nas palavras de Scherer: “Embora os equipamentos solares exijam um investimento inicial mais avultado, esse investimento é recuperado, graças ao dinheiro economizado nas contas de eletricidade”. O Imóvel fica constituído com um componente a mais e isso agrega valor. De acordo com o Laboratório Nacional de Lawrence Berkeley, na Califórnia, Estados Unidos, “os imóveis com instalação de um sistema de energia solar têm valorização de 3% a 6%” (Portal Solar, 2022).

3.4 Sistemas Fotovoltaicos

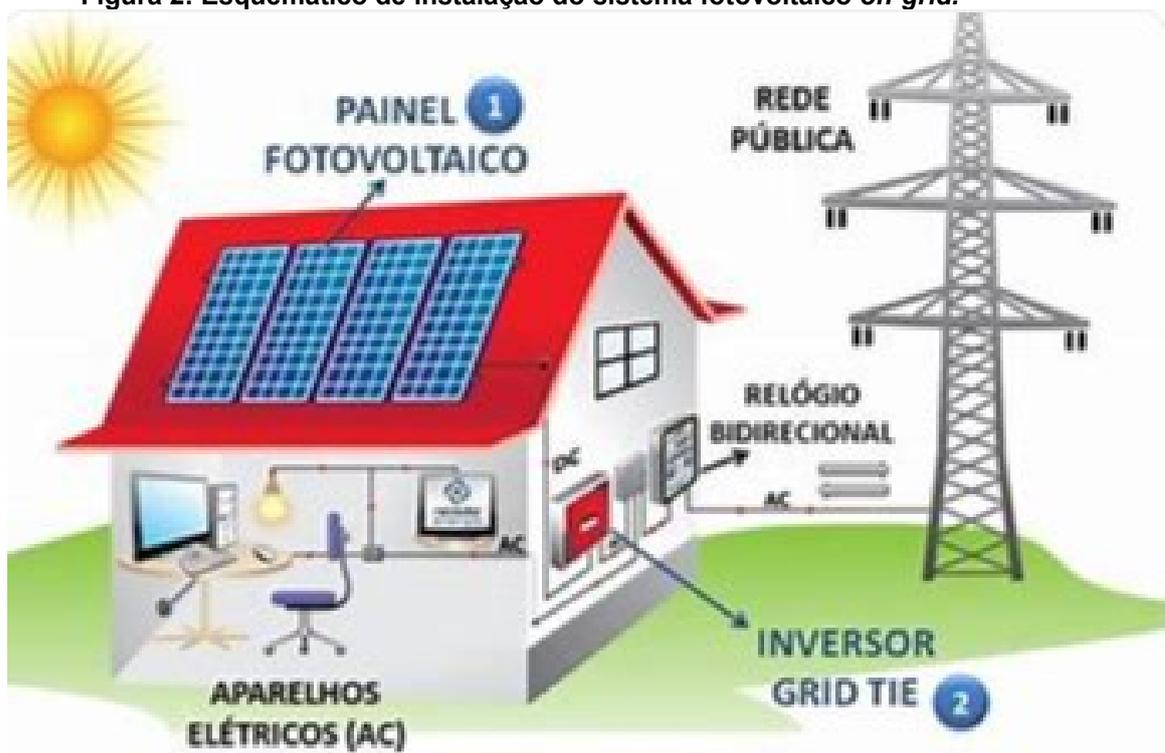
O Sistema com painéis solares pode ser instalado em edificações residenciais e também comerciais. Enfim, em qualquer edificação que demanda consumo de Energia.

Podemos dispor de dois sistemas com o mesmo princípio, porém com uma pequena variação, como veremos logo a seguir:

3.4.1 Sistema *On Grid*

Este primeiro sistema é o mais usual e também o mais vantajoso pelas suas características, pois usa um sistema de transmissão já instalado.

Figura 2: Esquemático de instalação do sistema fotovoltaico *on-grid*.



Fonte: Patoeste (2022)

O sistema fotovoltaico *On Grid* capta a luz solar, por meio de painéis solares que transformam a energia luminosa em energia elétrica. Tais painéis são compostos por dispositivos semicondutores ligados em série para elevação da tensão e paralelo para elevação da demanda fornecida, a qual é dimensionada de acordo com a demanda do consumidor. A tensão gerada nos painéis solares é em corrente contínua,

simbolizada pela sigla DC (*direct current* - corrente contínua) na Figura 2, que difere da rede em corrente alternada de frequência em 60 Hz, representada pela sigla AC (*alternating current* - corrente alternada) na mesma Figura. Esta corrente é transmitida para o inversor que transforma a corrente contínua em corrente alternada com frequência em 60 Hz, que uma vez em fase com a rede é consumida no interior do Imóvel. O excedente de energia elétrica é direcionado para um relógio que tem dupla função. Quando o sistema está gerando energia maior que a demanda do próprio consumidor, o excedente vai para a rede da distribuidora gerando créditos na tarifa e quando o sistema não está gerando ou sua geração é menor que o consumo, esse relógio inverte o ciclo e recebe energia da distribuidora. Dessa forma podemos saber quanta energia geramos e também quanta energia consumimos. Este sistema, como discutido no Capítulo 2, permite a possibilidade de complementação de demanda pela rede elétrica, o que permite a utilização de chuveiros quentes e aparelhos que demandam alta potência.

3.4.2 Sistema *Off Grid*

Além do sistema anteriormente descrito, podemos usufruir de um outro sistema chamado de *Off Grid*. Como mostra a ilustração da Figura 3.

Figura 3: Esquemático de instalação do sistema fotovoltaico *off-grid*.



Fonte: Patoeste (2022)

Como se nota na Figura 3, neste outro sistema temos uma variação, que é o acréscimo de um banco de baterias. Desta forma a energia gerada em corrente contínua pelos painéis solares é armazenada neste banco de baterias que só é transformada em corrente alternada conforme a demanda do consumidor. Este sistema é de grande utilidade, pois permite o armazenamento de energia, para ser usada em períodos com pouca geração, principalmente em lugares isolados onde não existem redes elétricas.

Por outro lado, esse sistema, aumenta o custo de instalação e manutenção, devido ao acréscimo de outros componentes, principalmente as baterias. Um estudo, publicado pelo Programa de Sistemas Fotovoltaicos de Potência da Agência Internacional de Energia, que afirma “que os sistemas isolados tendem a custar aproximadamente o dobro quando comparados com sistemas conectados à rede, por necessitarem de baterias e demais componentes associados” (IEA-PVPS, 2006).

Diferente do método *on-grid*, na instalação dos painéis fotovoltaicos deve-se considerar também a demanda de pico do sistema elétrico, o que muitas vezes aumenta o custo total. Por este motivo, neste trabalho foi abordado somente a instalação deste sistema.

3.5 Abordagem de Painéis Fotovoltaicos na Fase de Projetos

Quando se projeta antes de edificar, tudo fica facilitado. Existem muitas variáveis em uma edificação que podem ser resolvidas na hora do Projeto. Com uma previsão de instalação de painéis solares, o engenheiro já projeta levando em conta essa situação.

Como a fonte de energia é o sol, pode-se projetar as coberturas da casa, onde são instalados os painéis, direcionadas para o sol, que desta maneira é possível captar uma maior radiação.

Outra situação, que é alvo de muitas críticas, é de que nossas cidades vão ter uma poluição visual com a instalação desses painéis. Então, por meio do projeto é possível melhorar a estética e até “esconder” as placas solares.

Além de valorizar o imóvel já citado anteriormente, o mesmo Laboratório Nacional de Lawrence Berkeley, na Califórnia, Estados Unidos, coloca que há uma “preferência” (PORTAL SOLAR, 2022) de quem vai adquirir um imóvel, que este seja, autossuficiente em energia elétrica, pois não arcará com os custos dessa energia.

Na hora de projetar, os engenheiros podem colocar essas situações para os donos do imóvel, citando os prós e os contras, informando bem o cliente, para este tomar a melhor decisão.

3.6 Reciclagem

Existe um questionamento muito pertinente que se deve levar em consideração. O que fazer com nossos painéis solares após seu uso? A Agência Internacional de Energia Renovável prevê que até 2050 existam cerca de 60 a 78 milhões de toneladas de resíduos de painéis fotovoltaicos em todo o mundo (IEA, 2016).

Uma importante responsabilidade, que tem que ser assumida agora, é com o Meio Ambiente. Ao final da vida útil dos painéis solares (aproximadamente 25 anos), que destinação eles terão? Serão milhares de toneladas de materiais que não poderão mais ser usados ao propósito com que foram gerados. Na Europa já há uma preocupação e tem estudos e proposições para a problemática. A União Europeia já adotou Leis específicas para os futuros resíduos dos painéis solares (Diretiva 2012/19/EU do Parlamento Europeu e do Conselho de 04 de julho de 2012) obrigando os produtores a arcar com os custos de recolha desse material. A Agência Internacional de Energia Renovável afirma que:

Na última década, houve um estudo exaustivo relativamente às tecnologias de recicláveis de painéis fotovoltaicos. Estas permitem a recuperação de material dos principais componentes, como exemplo o vidro, o alumínio e o cobre. Por este motivo espera-se que à medida que as instalações fotovoltaicas atuais atinjam o término da sua vida útil (25 a 30 anos), a reciclagem e a recuperação de materiais seja preferida à eliminação dos mesmos (IEA, 2016).

Então é necessário analisar com muito carinho qual será o destino dos painéis solares após sua utilização.

Se adotar o exemplo Europeu, já será um grande avanço. Faz se necessário preparar uma legislação que seja firme com essa questão. Afinal, se vamos produzir uma energia mais limpa, tem que ser limpa até o final.

3.7 Estudo de casos

Aqui faremos um estudo de caso, comparando o custo de consumo energético de uma residência de 180 m², na Cidade de Pinhão – Paraná, que tem um consumo

médio de 300 kWh/mês, pelo sistema tradicional com o sistema fotovoltaico. O sistema fotovoltaico que usaremos é o *On grid*. É realizada a comparação destes os dois sistemas desde a instalação e, uma projeção de gasto e manutenção pelos próximos 25 anos.

Com os resultados, espera-se poder ter uma resposta se é viável e vantajoso economicamente e também em termos de sustentabilidade optar por um ou outro sistema. Também investigar se instalando o sistema fotovoltaico, o imóvel vai agregar valor, isso ainda sem falar das vantagens para o Meio Ambiente. Visto que se trata de uma energia limpa e inesgotável.

Para a instalação do sistema é usado um orçamento de uma empresa especializada em painéis solares da Cidade de Guarapuava – Paraná. (junho, 2022).

O Orçamento composto pelos itens da Figura 4, que incluem necessariamente o inversor (responsável pela conversão da energia gerada em corrente alternada), este dispositivo é um dos componentes de maior valor em relação aos demais.

Figura 4: Itens que compõem o orçamento

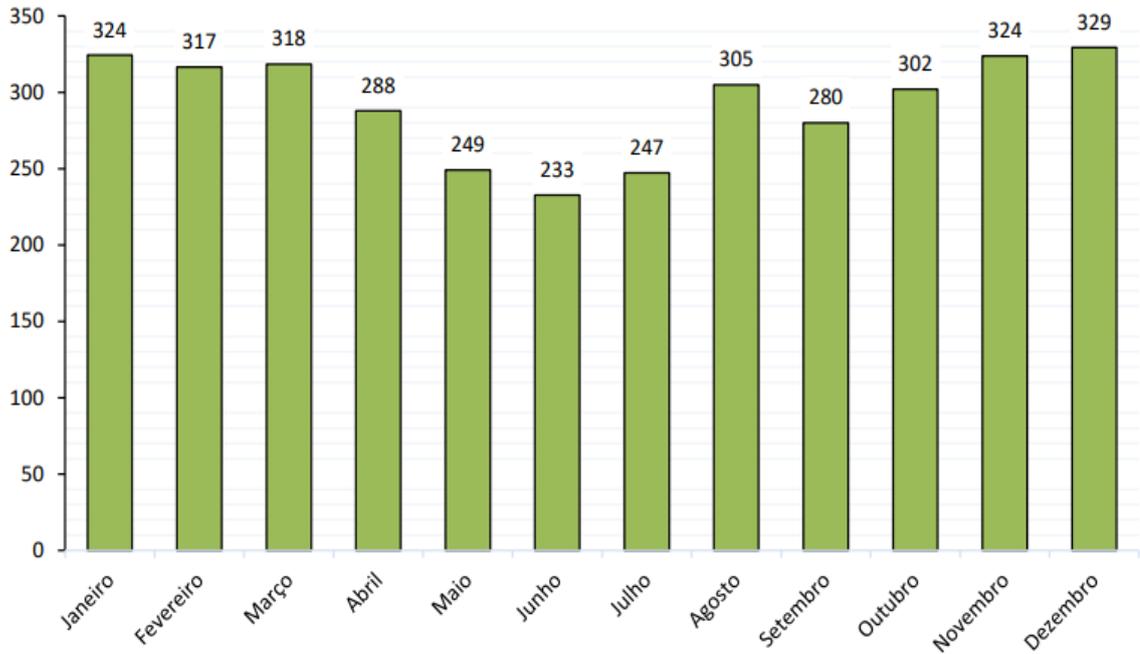
Qtde	Unid	Descrição
1	UN	INVERSOR SOLAR GROWATT DE 3KW MONOFASICO
6	UN	PAINEL MONOCRISTALINO 450W IMPORTADA
4	UN	CONJUNTO CONECTOR WM4C.
30	UN	CABO SOLAR FLEX FV 4,00 MM ² PT.
30	UN	CABO SOLAR FLEX FV 4,00 MM ² VM.
1	UN	KIT ESTRUTURA DE FIXAÇÃO TELHADO COMPLETO.
1	UN	CAIXA COM DISJUNTOR E DPS
1	UN	PROJETO E APROVAÇÃO JUNTO A CONCESSIONÁRIA

Fonte: Patoeste (2022)

O telhado da residência em questão, abriga os painéis solares com perfeição, eles perfazem um total 06 unidades e usam uma área de 12 m². Esses componentes já instalados chegam ao montante de R\$ 14.800,00 (Patoeste, 2022).

A seguir na Figura 5 é apresentado a geração anual do sistema instalado, de acordo com a radiação solar captada na Cidade em questão. Isso previamente calculado de acordo com as coordenadas geográficas. O método utilizado é a duração dos dias, durante as estações.

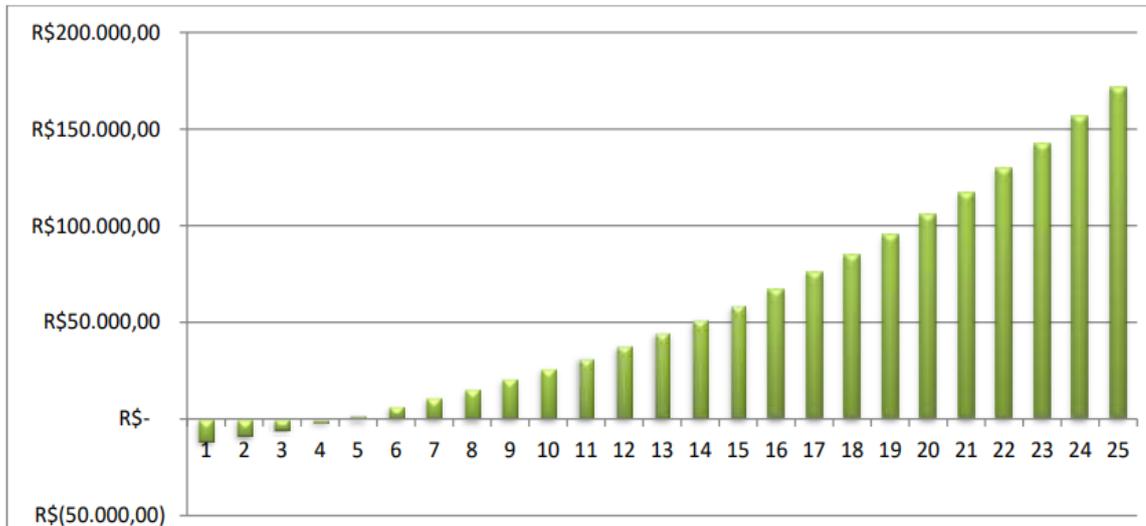
Figura 5: Geração de energia de acordo com os meses do ano



Fonte: Patoeste (2022)

É possível observar que a geração de energia varia de acordo com a inclinação do sol. Aqui na região sul, é possível notar uma menor geração de energia, nos meses em que os dias são mais curtos (inverno), mas que é compensado pelos dias que são mais longos (verão), chegando a uma média mensal de 293 kWh, que é o mínimo de 95% do consumo previsto.

Na Figura 6 é mostrado, isso para qualquer orçamento, uma projeção de retorno em aproximadamente 05 anos, a partir da data de instalação. Ou seja, o sistema é instalado e, em 05 anos ele recupera o investimento economizando na conta de eletricidade. O que for gerado a partir de 05 anos é lucro. Aqui é possível constatar que existe uma vantagem de 80%, com o uso dos painéis solares, ao invés do sistema tradicional.

Figura 6: Análise econômica prevista

Fonte: Patoeste (2022)

Os valores de manutenção são quase nulos em relação ao valor total dos equipamentos. A Manutenção é na prática uma limpeza no sistema duas vezes ao ano, que pode ser realizado pelo proprietário do Imóvel.

Na Figura 7, é indicada a tarifa de energia do período, com a taxa de inflação em 8% ao ano, uma taxa de 0,5% de manutenção e também a perda na produção, devido a depreciação do sistema.

Figura 7: Tarifas e Manutenção

Tarifa de energia	0,86 R\$/kWh
Taxa de inflação anual	8%
Limpeza dos módulos fotovoltaicos	0,5%
Degradação anual do sistema devido ao envelhecimento	0,8 %

Fonte: Patoeste (2022)

A empresa instaladora monitora seus equipamentos de forma remota. O proprietário também pode monitorar o sistema, por meio de um aplicativo em seu smartfone. Assim, se observar algo anormal no sistema, pode tomar as providências imediatamente.

É possível fazer uma análise mais simplificada da eficiência dos painéis solares como geradores de energia.

Indicativos:

- Consumo do Imóvel 300 kWh/ mês
- Custo kWh R\$ 0,836071
- Custo mensal=250,82
- Custo anual R\$ 3.009,84
- Custo total por 25 anos R\$ 75.246,39
- Custo dos painéis fotovoltaicos instalados R\$ 14.800,00

Pega-se o consumo do Imóvel em questão (300 kWh/ mês) e multiplica pelo custo dos kWh, R\$ 0,836071 (Copel, junho/2022). Ou seja,

$$300 * 0,836071 = R\$ 250,82.$$

Depois multiplica esse valor por 12, aí tem-se o custo por ano e, depois multiplica por 25 para ter o cálculo para todo o período. Ou seja,

$$R\$ 250,82 * 12 = R\$ 3.009,84$$

$$R\$ 3.009,84 * 25 = R\$ 75.246,00$$

Esse R\$ 75.246,00 é o valor a ser pago pela energia, se fosse consumida tudo de uma vez. Pois bem, desse valor é subtraído o custo dos equipamentos instalados que é de R\$ 14.800,00. Ou seja,

$$R\$ 75.246,39 - R\$ 14.800,00 = R\$ 60.446,39.$$

Esse valor de R\$ 60.446,39 seria a economia que se teria ao adotar os painéis solares.

Dividindo-se R\$ 14.800,00 que é o custo dos painéis instalados, pelo custo total de energia paga em 25 anos que é de R\$ 75.246,39, tem-se um percentual de 19,67%.

$$14.800,00/75246,39 = 0,1967$$

Por esse cálculo bem mais simplificado, nota-se a diferença de valores gerados pelos dois sistemas. O custo dos equipamentos é de aproximadamente 19,67% do custo total, que é pago durante 25 anos. Então aqui, também tem uma vantagem de 80,33%, com o uso dos painéis solares.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após minuciosa análise, foi possível constatar que o processo de geração de energia usando o sol, como fonte geradora é uma realidade. Todos que diziam que o sol seria uma fonte de energia futurista estavam certos. Com o avanço da tecnologia por meio da inteligência humana, fez com que esse futuro chegasse.

Uma fonte inesgotável, com um mínimo de agressão ao Meio Ambiente, comparada a outros sistemas de geração de energia. Os estudos que demonstram que por mais de uma centena de anos essa vai ser a energia mais utilizada, faz da energia solar um alvo de pesquisas e estudos.

Algumas críticas de que as cidades ficarão feias e desajeitadas, devido ao uso de painéis solares. Uma forma de mitigar essa situação é começar pelo projeto. Com um bom projeto arquitetônico, já com previsão da instalação dos painéis solares é possível conseguir um melhor aproveitamento da energia solar, colocando os telhados em uma posição mais favorável, além de poder deixá-las mais apresentáveis ou até escondê-las.

Daqui alguns anos a frota de veículos, será na maioria elétricos. Já pensou na comodidade de instalar o sistema e deixar seu veículo carregando durante a noite, para poder utilizar no outro dia e isso com um custo reduzido. Junto com essa tecnologia, a legislação também avança. Em conversa com o pessoal da distribuidora de energia Copel, segundo eles está sendo preparado um documento, onde a concessionária se compromete a comprar a energia gerada pelo sistema e não consumida pelo Imóvel.

Com o avanço da tecnologia, novas coisas vão surgindo. A reciclagem que será adotada no Brasil com relação aos painéis solares, possivelmente seguirá o modelo Europeu, gerando assim, novas possibilidades de pesquisas e estudos.

Então é vantajoso adotar esse sistema nas futuras edificações, porque por meio de cálculos, tanto o orçamentário da empresa instaladora, e também cálculos comparando o consumo em 25 anos, ficou comprovado que o custo de aquisição do sistema, fica em torno de 20 % do custo em 25 anos, pelo sistema tradicional. Com o sistema instalado, ele se paga em cinco a seis anos e pode gerar energia durante vinte e cinco anos. Sabe-se que a energia solar é uma realidade e continuará sendo por várias décadas.

Como recomendação para futuros estudos e pesquisas nesse campo do conhecimento, fica a possibilidade que seja analisado a viabilidade de novos painéis solares, a saber, as telhas com dupla função, adotando painéis solares em sua superfície.

REFERÊNCIAS

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa ANEEL Nº 482 DE 17/04/2012.**

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa ANEEL Nº 687 DE 24/11/2015.**

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/>>. Acesso em 25/06/2022, às 21h00.

COPEL Pura Energia. Disponível em: <https://www.copel.com/site/> Acesso em 15/03/2022, às 14h00.

EBERHARDT, D. Desenvolvimento de um Sistema Completo para Caracterização de Células Solares. **Dissertação de Mestrado** apresentada à Escola de Engenharia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2005. 104 f

SARTORI, Ernani. Editor científico de **publicações internacionais, 2008.** in <http://www.aondevamos.eng.br/verdade/artigos/termoeletricas.htm>- acesso em 04/12/2021 as 23hs00.

GLOBO, rede de televisão. Disponível em: <https://g1.globo.com/crise-da-água/noticia/2021/08/31/em-pronunciamento-na-tv-ministro-pede-esforço-de-redução-de-consumo.ghtml>. Acesso em 04/12/2021 às 22hs00.

IEA-International Energy Agencia, Distributed Generation in Liberalised Electricity Markets. OECD/IEA. Paris, 2016.

_____. IEA Photovoltaic Power Systems Programme - International statistics - System prices - Trends in photovoltaic applications. Disponível em: <<http://www.iea-pvps.org>>. Acesso em: 08 de junho de 2022.

LAMBERTS, R. et all. **Eficiência Energética em Edificações.** Brasília: MME/ELETROBRÁS/Estado da Arte, 1996. Disponível em: Acesso em 10 ago. 2022, as 19h00.

MOSQUEIRA, Gloria Leite de Almeida. **A Evolução da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil.** Monografia apresentada à Escola de Administração da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Dezembro, 2020.

ONB-solar. Disponível em: <https://organicsnewsbrasil.com.br/category/onb-solar>. Acesso em 14/12/2022, às 20h00.

PALZ, W. **Energia solar e fontes alternativas.** 1ª ed. [s.l.] Hemus, 2002.

Patoeste **Eleto Instaladora.** Disponível em: <https://patoeste.com.br/eletrica-industrial/> Acesso em 25/04/2022, às 19h00.

PEREIRA, Hugo Duarte Aparício dos Santos. Análise de alternativa de fornecimento para consumidor comercial com energia solar fotovoltaica: **estudo de caso**. / Hugo Daniel Aparício dos Santos Pereira. – 2014.

Portal Solar. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/historia-e-origem-da-energia-solar/> Acesso em 18/06/2022, às 21h00.

SCHERER, Lara Almeida et all. **XX Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão**. FONTE ALTERNATIVA DE ENERGIA: ENERGIA SOLAR, 2015.

SOUSA, Rafaela. "Energia Solar"; **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/energia-solar.htm>. Acesso em 11 de dezembro de 2021.

The European Photovoltaic Industry Association (EPIA) is the **world's largest industry association devoted to the solar electricity market**.
European Photovoltaic Industry Association (EPIA).

VIEIRA, Cello. **Coletânea de frases, pensamentos e mensagens**/ disponível em: <https://www.pensador.com/colecao/cello743/> Acesso em 12/08/2022.