

INVENTÁRIO: PANORAMA DA ENERGIA SOLAR NO BRASIL E NO MUNDO

Maycon Eduardo Gonçalves Gabriel¹ (EG), Rogério José da Silva (PQ)¹

¹Universidade Federal de Itajubá, IRN, Itajubá- MG).

Palavras-chave: Capacidade instalada. Energia solar. Fonte renovável. Painéis fotovoltaicos. Leilões de energia.

Introdução

Desde a revolução industrial, cada vez mais a sociedade procura ampliar o uso das diferentes fontes de energia, hoje é impossível imaginar o mundo que vivemos, sem o uso de energia.

Desse modo, em um mundo cada vez mais tecnológico e globalizado é de se discutir e de se pensar a necessidade de se investir na produção de energia utilizando fontes de energia limpa.

Assim, com esse viés de ser uma energia limpa e rentável, a energia solar está no mercado, como sendo uma alternativa às fontes energéticas não renováveis, garantindo assim cada vez mais espaço na matriz energética mundial.

Logo, o objetivo principal deste trabalho é demonstrar a evolução dessa vertente na matriz energética brasileira, mostrando alguns preceitos básicos que vão, desde sua capacidade instalada, sua produção, consumo, tecnologias utilizadas, parques solares e principais países produtores e consumidores.

Tais informações serão elencadas com a justificativa de que é de fundamental importância entendermos o atual cenário da energia solar no mundo e no país. Sendo isso demonstrado através de levantamentos bibliográficos e dados de órgãos e empresas que trabalham com essa matriz energética.

Metodologia

Para a elaboração deste presente trabalho, foi visado a construção de um inventário, que mostrasse o panorama atual da energia solar no Brasil. Desta forma, para que isso pudesse ser feito foi empregado o método científico da pesquisa bibliográfica, onde foram estudados artigos, livros, documentos anuais e sites de empresas e instituições ligadas ao ramo, podendo ser citadas por exemplo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), International Energy Agency-Photovoltaic Power Systems Programme (IEA-PVPS), e a International Renewable Energy Agency (IRENA). Assim, posteriormente foram

elencados e estudados todos os principais componentes que compõem a geração de energia solar, bem como os tipos e produção de painéis fotovoltaicos e dos equipamentos e infraestruturas necessários para seu uso. Sequencialmente foram levantados dados de produção e consumo da energia solar no Brasil, esses dados foram obtidos através da plataforma ABSOLAR. e foram usados com o intuito de fazer uma comparação, entre diferentes períodos, sendo isso feito com o propósito de analisar e averiguar, se houve um desenvolvimento na produção de energia solar no país.

Por fim, com objetivo de entender a real situação, em que o país se encontra frente ao cenário internacional, foram levantadas informações acerca das maiores usinas solares existentes. Para tanto, foi feita uma listagem das principais usinas solares tanto a nível nacional, como de caráter internacional.

Resultados e discussão

No mercado de painéis fotovoltaicos, existem diferentes tipos a serem usados. Desse modo, mediante a levantamento de pesquisa bibliográfica, através do site PORTAL SOLAR (2023b) foram obtidas as vantagens e desvantagens dos quatro principais tipos de painéis utilizados no mercado, são eles: Monocristalino, Policristalino, Filme Fino e Dupla Face.

Tais vantagens e desvantagens podem ser vistas logo abaixo na Tabela 1.

Tabela 1 – Comparação dos Diferentes Painéis Estudados

| Tipo de painel | Vantagens | Desvantagens |
|-----------------------|---|--|
| <u>Monocristalino</u> | <ul style="list-style-type: none">- Alta Eficiência e Desempenho entre 15 e 22%;- Estética: ocupam menos espaço que as demais opções;- Vida útil aproximada de 30 anos;- Funcionam melhor que os | <ul style="list-style-type: none">- Devido ao processo de produção de corte de silício em lingotes, uma grande quantidade deste elemento é desperdiçada;- Valor mais caro se comparado aos painéis de filme fino ou policristalino; |

| | | |
|-----------------------|---|---|
| | policristalinos em dias de pouca luminosidade. | - Mais difíceis de serem feitos em comparação ao policristalino. |
| <u>Policristalino</u> | <ul style="list-style-type: none"> - Baixo custo, sendo mais barato que o painel monocristalino; - Mais fáceis de serem feitos em comparação ao monocristalino, tendo um menor desperdício; - Vida útil aproximada de 30 anos. | <ul style="list-style-type: none"> - Menor Eficiência/ Desempenho que a o painel monocristalino, devido ao nível de pureza. A eficiência média está entre 14 e 20%; - É necessário possuir uma área maior para instalá-los em função da menor quantidade de Watts/hora por m². |
| <u>Filme Fino</u> | <ul style="list-style-type: none"> - Fabricação em larga escala, tornando a produção mais barata que os painéis de silício; - Portátil e flexível; - Peso leve; | <ul style="list-style-type: none"> - Menor Eficiência/ Desempenho já que por serem menos eficientes/m², os custos com mão de obra, acabamento e estrutura de instalação são maiores; |
| <u>Filme Fino</u> | <ul style="list-style-type: none"> - Mesmo se for instalado em locais de alta temperatura ou em locais que a incidência de luz seja barrada por algum obstáculo, não há tanto impacto no seu desempenho. | <ul style="list-style-type: none"> - Menor durabilidade, tendo garantias menores devido à sua alta degradabilidade; - Exigem uma grande quantidade de espaço para serem instalados. |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Possui a maior potência e maior confiabilidade frente aos painéis mono, poli e finos; - Capaz de gerar energia pelas duas faces ao invés de uma como os outros; - Possui em comparação aos painéis de silício uma estrutura diferente, bem como uma | <ul style="list-style-type: none"> - Custos mais elevados; - Os módulos bifaciais não servem para instalações em telhados, já que a parte traseira fica colada ou muito próxima do telhado, recebendo pouca ou nenhuma luz, o que faz com que tenha dessa forma o desempenho de um painel convencional. |

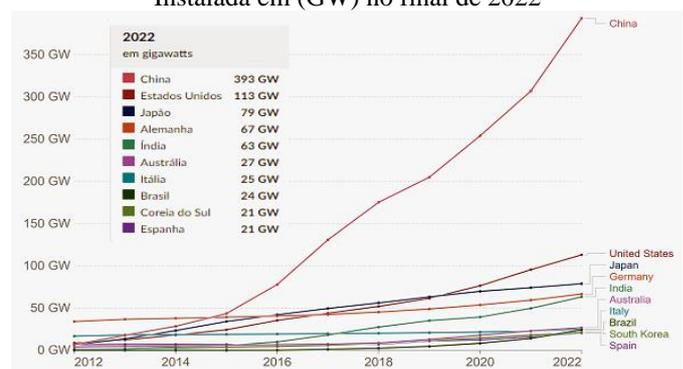
| | |
|-------------------|---|
| <u>Dupla Face</u> | <ul style="list-style-type: none"> espessura menor, o que permite transportar uma potência maior no mesmo espaço, em comparação aos painéis comuns, diminuindo os custos logísticos; - Maior produção em ambientes com pouca luz, ou em dias nublados; - Menor índice de degradação anual. Menor LCOE (Custo Nivelado de Energia), pelo ganho de geração na parte traseira do sistema; Manutenção mínima; Tempo de vida útil podendo chegar aos 40 anos. |
|-------------------|---|

Fonte: PORTAL SOLAR, 2023b.

No que diz respeito aos resultados encontrados para a produção e consumo de energia solar no Brasil e no mundo. Segundo IRENA e Our World in Data (2022) pode-se ver que a demanda de produção de energia solar, apresenta dados crescentes e cada vez mais significativos, comparado aos anos anteriores (de 2012 a 2022).

Tais dados podem ser vistos logo abaixo na Figura 1 onde podemos constatar a enorme superioridade da China frente aos demais países, tendo uma capacidade instalada de mais de 393 GW em final de 2022. Superando segundo IEA-PVPS (2022) os 400 GW em 2023 ver Tabela 2.

Figura 1 - Top 10 Países com Capacidade Solar Fotovoltaica Instalada em (GW) no final de 2022



Fonte: IRENA e Our World in Data, 2022.

Tabela 2 - Top 10 Países com Capacidade Solar Fotovoltaica Instalada e Acumulada em (GW) em 2023

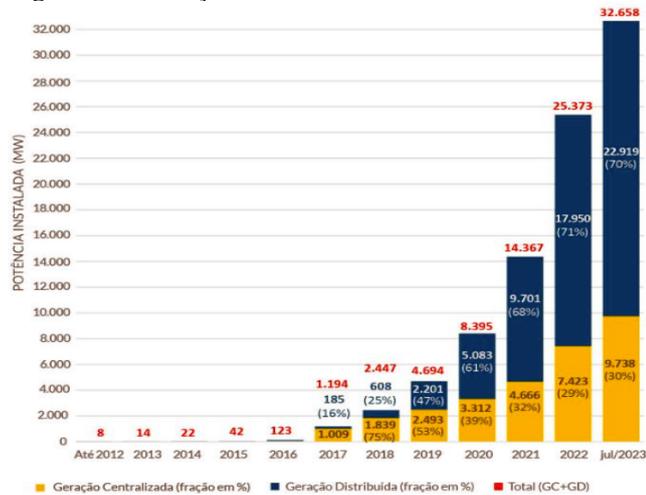
| CAPACIDADE INSTALADA ANUAL | | | CAPACIDADE ACUMULADA | | |
|----------------------------|----------------|---------|----------------------|----------------|----------|
| 1 | China | 106 GW | 1 | China | 414,5 GW |
| (2) | European Union | 38,7 GW | (2) | European Union | 209,3 GW |
| 2 | USA | 18,6 GW | 2 | USA | 141,6 GW |
| 3 | India | 18,1 GW | 3 | Japan | 84,9 GW |
| 4 | Brazil | 9,9 GW | 4 | India | 79,1 GW |
| 5 | Spain | 8,1 GW | 5 | Germany | 67,2 GW |
| 6 | Germany | 7,5 GW | 6 | Australia | 30 GW |
| 7 | Japan | 6,5 GW | 7 | Spain | 26,6 GW |
| 8 | Poland | 4,9 GW | 8 | Italy | 25 GW |
| 9 | Australia | 3,9 GW | 9 | Korea | 24,8 GW |
| 10 | Netherlands | 3,9 GW | 10 | Brazil | 23,6 GW |

Fonte: IEA-PVPS.

No que diz respeito à produção nacional de energia, segundo ANEEL e ABSOLAR (2023) pode-se ver que os resultados referentes à evolução fotovoltaica no país, apresentam uma crescente na geração centralizada e na geração distribuída de energia. Ato contínuo, ainda segundo as mesmas agências, até o mês de julho de 2023 à produção nacional, foi estimada em cerca de 32658 MW de capacidade instalada, sendo 70% referente a geração distribuída (22919 MW) e 30% referente a geração centralizada (9738 MW).

Esses dados podem ser encontrados logo abaixo na Figura 2 onde é possível ver a evolução da fonte solar no país.

Figura 2 – Evolução da Fonte Solar Fotovoltaica no Brasil



Fonte: ANEEL/ABSOLAR, 2023.

No que diz respeito a potência instalada por estado no país, no site ABSOLAR, pode-se obter os dados referentes à geração distribuída por estado. Nesse sentido, segundo ANEEL e ABSOLAR (2023) é possível constatar que o estado de Minas Gerais é o que apresenta maior contribuição para tal resultado, correspondendo a cerca de 3.102,3 MW instalados, detendo dessa forma, cerca de 13,5% de toda potência solar instalada no país. Esses resultados podem ser vistos logo abaixo na Figura 3 e constam com a potência instalada em MW para todos os 27 estados brasileiros.

Figura 3 – Ranking Estadual de Geração Distribuída



Fonte: ANEEL/ABSOLAR, 2023.

Com relação aos dados relacionados à evolução do preço de mercado, da energia vendida nos leilões organizados pelo governo federal, onde o intuito é a venda de energia produzida pelo menor custo possível. Segundo CCEE e ABSOLAR (2023) verifica-se uma redução dos custos de geração nos últimos anos. Assim, observa-se nos dados mostrados na Figura 4 uma redução nos preços de mercado.

Figura 4 – Evolução do Preço da Fonte Solar em Leilões



Fonte: CCEE/ABSOLAR, 2023.

Isso pode ser explicado possivelmente perante crescente disponibilidade de energia solar no mercado, uma vez que ainda segundo as mesmas agências, a fonte energética solar está entre as mais competitivas do país, tornando essa fonte mais vantajosa e acessível para o consumidor. Nesse sentido, a queda de preços pode ser verificada a partir dos dados do primeiro leilão realizado em 2013 em Pernambuco, cujo preço foi de US\$/MWh 103,00, desse modo quando comparado com o preço verificado no último leilão realizado em LEN-A-5 em 2022, cujo preço foi de US\$/MWh 32,34. Pode-se observar que o preço da energia vendida em leilões ficou cerca de 68,6% mais barato.

Por fim, como último assunto pesquisado, através do referencial PORTAL SOLAR (2023a) e WOLFE (2021), destacam-se também os principais parques nacionais e internacionais existentes.

Com relação ao Brasil, a maior Usina Solar em território nacional é a de São Gonçalo e está localizada no estado do Piauí, tendo uma capacidade instalada de 0,475 GW (PORTAL SOLAR, 2023a). Já no que diz respeito ao cenário internacional, o principal parque solar do mundo está localizado na China e tem uma potência instalada de 2,8 GW conforme Tabela 3 abaixo, sendo denominado Golmud Desert Solar Park (WOLFE, 2021).

Tabela 3 – Top 10 Maiores Usinas Nacionais e Internacionais

| Estados Brasileiros | Potência Instalada em (GW – 2022) | Países | Potência Instalada em (GW – 2022) |
|---|-----------------------------------|---|-----------------------------------|
|  Usina solar São Gonçalo | 0,475 |  Golmud Desert Solar | 2,8 |
|  Usina solar Pirapora | 0,321 |  Bhadla Solar Park | 2,7 |
|  Usina solar Nova Olinda | 0,292 |  Longyangxia Solar | 2,4 |
|  Parque solar Ituverava | 0,292 |  Benban Solar Park Egypt | 1,3 |
|  Complexo solar Lapa | 0,168 |  NP Kunta Solar Park | 1,2 |
|  Central Fotovoltaica Juazeiro Solar | 0,156 |  Sheikh Mohammad Bin Al Maktum | 1,03 |
|  Usina solar Guaimbé | 0,150 |  Jinchuan Gansu | 1,03 |
|  Usina solar Apodi | 0,132 |  Danangouxiang | 1,02 |
|  Parque solar Paracatu | 0,132 |  Pavagada Solar Park | 1,0 |
|  Usina solar de Tauá | 0,001 |  Haixi Delingha Solar Park | 0,97 |

Fonte: PORTAL SOLAR, 2023a; WOLFE, 2021.

Conclusões

A partir do levantamento realizado pode-se concluir que a pesquisa realizada, possibilitou um maior conhecimento teórico acerca da área de energia solar.

A pesquisa realizada demonstrou o crescente uso da energia solar no mercado energético, podendo ser destacado como resultado, o tipo de painel de Dupla Face como o mais eficiente, tendo mais vantagens que os demais, principalmente no quesito de captação que pode ser feito em suas duas faces.

Ademais, também foi possível constatar que a China é a principal produtora mundial dessa matriz, com uma capacidade instalada estimada em 393 GW, em final de 2022, chegando a incrível marca de 414,5 GW acumulados no ano de 2023, estando muito à frente dos demais países. No que diz respeito à produção nacional, essa foi estimada em aproximadamente 32.658 MW, sendo 70% referente a geração distribuída (22.919 MW) e 30% referente a geração centralizada (9.738 MW).

Em relação à evolução do preço da fonte solar praticado no país, pode-se constatar que o preço comercializado nos leilões realizados ao longo dos anos, ficou cerca de 68,6% mais barato, saindo de US\$/MWh 103,00 para 32,34.

Por fim destaca-se os principais parques nacionais e internacionais existentes, onde menciona-se a Usina solar São Gonçalo, localizado no Estado do Piauí, como sendo um importante parque nacional, tendo uma capacidade instalada de aproximadamente 0,475 GW. Por outro lado, o principal parque solar do mundo está localizado na China e possui uma potência instalada de 2,8 GW. Tais dados mostram a importância e a necessidade de-se investir em fontes renováveis como a energia solar, que demonstra ter um enorme potencial ainda a ser explorado. Desse modo, mediante a essas informações, espera-se que este estudo ajude a comunidade acadêmica e contribua para futuros trabalhos relacionados à energia solar.

Agradecimentos

Ao PET – Programa de Educação Tutorial pela concessão da bolsa do FNDE. A Unifei, universidade em que estudo. A Deus por sempre me abrir portas e conceder força. A minha mãe Kátia, por não medir esforços e me apoiar nessa caminhada. Ao meu orientador Prof. Rogério José da Silva, pela oportunidade, inspiração, confiança e paciência.

Referências

Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR). Energia Solar Fotovoltaica no Brasil: Infográfico ABSOLAR. **ABSOLAR**, 2023. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>. Acesso em: 09 de set. 2023.

International Energy Agency-Photovoltaic Power Systems Programme (IEA-PVPS). Task 1 Strategic PV Analysis and Outreach: Snapshot of Global PV Markets 2023. **IEA-PVPS**, 2023. Disponível em: <https://iea-pvps.org/snapshot-reports/snapshot-2023/>. Acesso em: 14 de set. 2023.

International Renewable Energy Agency (IRENA).; Our World in Data. Capacidade instalada de energia solar. **Our World in Data**, 2022. Disponível em: <https://ourworldindata.org/grapher/installed-solar-pv-capacity?country=>. Acesso em: 09 de set. 2023.

PORTAL SOLAR. Maiores usinas solares fotovoltaicas do Brasil. **PORTAL SOLAR**, [s.d.]. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/maiores-usinas-de-energia-solar-do-brasil>. Acesso em: 09 de set. 2023a.

PORTAL SOLAR. Painel solar: o que é, como funciona e tipos. **PORTAL SOLAR**, [s.d.]. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/painel-solar>. Acesso em: 09 de set. 2023b.

WOLFE, PHILIP. The world's largest solar parks. **PV Magazine**, 2021. Disponível em: <https://www.pv-magazine.com/2021/09/23/the-worlds-largest-solar-parks/>. Acesso em: 09 set. 2023.