



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ENGENHARIA DE ENERGIA**

JOÃO GUSTAVO BARBOSA LEITE SILVA

**ENERGIA SOLAR EM MACEIÓ: ESTUDO DA IMPLANTAÇÃO,
EVOLUÇÃO E CUSTOS DE INSTALAÇÃO**

Rio Largo
2023

ENERGIA SOLAR EM MACEIÓ: ESTUDO DA IMPLANTAÇÃO, EVOLUÇÃO E CUSTOS DE INSTALAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação de Engenharia de Energia da Universidade Federal de Alagoas, como requisito para a obtenção do título de Engenheiro de Energia

Orientadora: Profa. Dr^a. Jerusa Góes Aragão Santana

Rio Largo
2023

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecária Responsável: Myrtes Vieira do Nascimento

S586s Silva, João Gustavo Barbosa Leite

Energia solar em Maceió: estudo da implantação, evolução e custos de instalação. / João Gustavo Barbosa Leite Silva – 2023.
35f.; il.

Monografia de Graduação em Engenharia de Energias (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias. Rio Largo, 2023.

Orientação: Dra. Jerusa Góes Aragão Santana

Inclui bibliografia

1. Energia solar. 2. Sustentabilidade energética. 3. Sistema fotovoltaico. I. Título.


CDU: 620.91

Folha de Aprovação

JOÃO GUSTAVO BARBOSA LEITE SILVA


Energia solar em Maceió: estudo da implantação, evolução e custos de instalação

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial
para a obtenção do título de
Engenheiro de Energia pela
Universidade Federal de Alagoas.
Aprovado em 12 de maio de 2023.


Documento assinado digitalmente
 JERUSA GOES ARAGAO SANTANA
Data: 18/05/2023 22:42:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Jerusa Goes Aragão Santana, CECA/UFAL (Orientadora)

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 AMANDA SANTANA PEITER
Data: 22/05/2023 10:00:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Amanda Santana Peiter, CECA/UFAL (1ª Avaliadora)

Documento assinado digitalmente
 SANDRO CORREIA DE HOLANDA
Data: 26/05/2023 17:56:22-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Sandro Correia de Holanda, CECA/UFAL (2º Avaliador)

Dedico este trabalho a todos que, de alguma forma, contribuíram para minha formação acadêmica e que este trabalho, possa ajudar no crescimento do nosso curso.

AGRADECIMENTOS

Para chegada até aqui precisei do apoio de muitos especialmente Deus, minha família, amigos, professores e de até alguns desconhecidos, porém todos com um propósito de me ajudar a chegar nesse momento e não poderia de não deixar de homenagem a cada um.

Obrigado, minha família especialmente meus pais e meus irmãos pois sem ele nada disso teria acontecido pois foi muita batalha e provação até chegar nesse momento, pois foram eles que me deram força e coragem para deixar uma cidade no interior e vim enfrentar a cidade grande que por sinal não é fácil, porém a cada ligação, cada mensagem de consolo para não desistir e com isso eu conseguir a chegar até esse momento.

Meus amigos, minha eterna gratidão, especialmente minha panelinha da faculdade que sempre foi o apoio nas notas baixas e alegria na notas altas, aqueles que me ajudaram com caronas toda sexta e toda segunda especialmente Paulo Sérgio e o Renan, porém se eu conseguir realmente chegar a aqui agradeço a três pessoas que são Douglas, Edilson e Elânia, meus amigos de cana, choro, sofrimento, alegria a vocês toda a minha gratidão e minha amizade.

Meus professores queridos especialmente Jerusa e Eliel que me ajudaram me deram conselhos, me mostraram que poderia ser quem eu estou se tornando a cada dia uma profissional dedicado.

Por último, queria realmente agradecer a todos que de alguma forma me ajudou a chegar até aqui, queria poder dizer nome de todos porém são muitos eu sinto grato por Deus ter colocado tanta gente boa na minha vida.

Sabemos que todas as coisas cooperam para o bem daqueles que amam a Deus, daqueles que são chamados segundo o seu propósito. (Romanos 8:28.

RESUMO

A energia solar é uma fonte alternativa, renovável e sustentável de energia que provém da radiação eletromagnética (luz e calor) emanada diariamente pelo sol. Essa energia pode ser utilizada por diferentes tecnologias, como aquecedores solares, painéis fotovoltaicos e usinas heliotérmicas (ou termossolares). Dentre as fontes de energia alternativas, a geração solar fotovoltaica vem ganhando destaque devido à sua baixa emissão de poluentes, a necessidade de pouca manutenção e, principalmente, por gerar energia local, promovendo sustentabilidade. Assim, este trabalho teve como objetivo fazer uma análise da evolução da energia solar fotovoltaica em Maceió, apresentando dados sobre o setor, para um melhor entendimento da inclusão deste mercado na economia e na melhoria da qualidade de vida dos usuários. Como metodologia utilizou-se a pesquisa bibliográfica sistemática, por meio de levantamento em bases de dados, *sites* especializados em energia solar, dentre outros. Por meio de coleta de dados e utilizando gráficos e tabelas, foi possível mostrar o desenvolvimento no setor, tomando-se como referência para análise, um usuário hipotético de uma residência unifamiliar. A partir da análise do consumo mensal do cliente (aproximadamente 500 kWh), foi possível fazer a simulação de um sistema fotovoltaico, comparando-se orçamentos realizados entre os anos de 2021 a 2023. Os resultados mostraram uma redução de 15,75% no valor dos equipamentos, quando comparado os preços praticados entre 2021 e 2023, bem como, uma redução em torno de 13,15% quando considerando o valor total pago pelo cliente, respectivamente R\$ 18.424,30 e R\$ 16.002,92, no período estipulado. Além de ser viável, considerando a economia de custos com a conta de energia e a minimização de impactos ambientais, a demanda tem crescido em Alagoas. Em 2022, segundo dados da Aneel, no estado, um total de 9.274 unidades consumidoras de energia elétrica passaram a adotar a energia solar.

PALAVRAS-CHAVE: Energia solar; sustentabilidade; sistema fotovoltaico; Maceió.

ABSTRACT

Solar energy is an alternative, renewable and sustainable source of energy that comes from electromagnetic radiation (light and heat) emitted daily by the sun. This energy can be used by different technologies, such as solar heaters, photovoltaic panels and heliothermal (or thermosolar) plants. Among the alternative energy sources, the photovoltaic solar generation has been gaining prominence due to its low emission of pollutants, the need for little maintenance and, mainly, for generating local energy, promoting sustainability. Thus, this work aimed to make an analysis of the evolution of photovoltaic solar energy in Maceió, presenting data on the sector, for a better understanding of the inclusion of this market in the economy and improving the quality of life of users. Systematic bibliographical research was used as methodology, by means of surveys of databases, websites specialising in solar energy, among others. Through data collection and using graphs and tables, it was possible to show the development in the sector, taking as a reference for analysis, a hypothetical user of a single-family residence. From the analysis of the customer's monthly consumption (approximately 500 kWh), it was possible to simulate a photovoltaic system, comparing budgets between the years 2021 and 2023. The results showed a 15.75% reduction in the value of the equipment, when comparing the prices between 2021 and 2023, as well as, a reduction around 13.15% when considering the total amount paid by the customer, respectively R\$ 18,424.30 and R\$ 16,002.92, in the stipulated period. In addition to being viable, considering the cost savings with the energy bill and the minimization of environmental impacts, demand has been growing in Alagoas. In 2022, according to Aneel data, in the state, a total of 9,274 electric energy consumer units started adopting solar energy.

KEYWORDS: Solar energy; sustainability; photovoltaic system; Maceió.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Matriz Elétrica Brasileira.....	22
Figura 2 - Como funcionam as células fotovoltaicas.....	24
Figura 3 - Célula monocristalina.....	26
Figura 4 - Célula policristalina.....	28
Figura 5 - Célula de película fina.....	29
Figura 6 - Microestrutura das células monocristalina, policristalina e amorfa.....	30
Figura 7 - Células Fotovoltaicas Orgânicas.....	31
Figura 8- Como se comporta a célula <i>half-cell</i>	31
Figura 9 - Painel bifacial.....	32
Figura 10 - Praça dos Cabanos, Maragogi, Alagoas.....	33
Figura 11 - Painéis solares no hibiscus Beach Club.....	39
Figura 12 - Residência de alto padrão em um Condomínio localizado em Maceió.....	40
Figura 13 - Fluxograma envolvendo todo processo de venda de um sistema fotovoltaico.....	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Histórico de consumo dos 12 meses de um cliente hipotético.....	50
Quadro 2 - Orçamento realizado em <u>2021</u> para um sistema de 500 kWh/mes.....	51
Quadro 3 - Orçamento realizado em <u>2022</u> para um sistema de 500 kWh/mes.....	51
Quadro 4 - Orçamento realizado em <u>2023</u> para um sistema de 500 kWh/mes.....	51

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Comparação entre a matriz energética brasileira e a mundial.....	18
Gráfico 2 - Países que mais produzem energia solar.....	19
Gráfico 3 - Principais consumidores de energia solar no mercado brasileiro.....	20
Gráfico 4 - Crescimento da energia solar no Brasil durante 10 anos	21
Gráfico 5 - Municípios alagoanos e a capacidade instalada.....	43
Gráfico 6 - Municípios com a maior capacidade instalada no Brasil.....	44
Gráfico 7 - Estados com maior capacidade instalada.....	45
Gráfico 8 - Diminuição no preço dos equipamentos de energia solar	46
Gráfico 9 - Espaço de energia solar na matriz brasileira.....	46
Gráfico 10 - Retorno de investimento em tecnologia solar.....	47
Gráfico 11 - Custo médio para instalação de um sistema fotovoltaico em 2021.....	48
Gráfico 12 - Análise comparativa do valor pago para implantação de um sistema fotovoltaico (500kWh) no período de 2021 - 2023.....	53

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Contextualização.....	14
1.2	Objetivo	15
1.2.1	Geral	15
1.2.2	Específicos.....	15
1.3	Justificativa	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1	Visão geral da energia solar	17
2.1.1	Energia solar no mundo	18
2.1.2	Energia solar no Brasil e Região Nordeste	19
2.2	Painéis solares	23
2.2.1	Primeira geração.....	25
2.2.1.1	Painéis solares monocristalinos.....	25
2.2.1.1	Painéis solares policristalinos.....	27
2.2.2	Segunda geração	28
2.2.2.1	Células solares de película finas.....	28
2.2.2.2	Silício amorfo.....	29
2.2.3	Terceira geração.....	30
2.2.3.1	Células fotovoltaicas orgânicas.....	30
2.2.4	Outras tecnologias	31
2.3	Emprego da energia solar em Alagoas.....	32
2.3.1	Histórico, desenvolvimento e crescimento no setor	32
2.3.2	Crescimento de empresas do ramo em Maceió	35
2.4	Crescimento de empresas x mão de obra qualificada	35
2.5	Perfil do usuário em Maceió	37
2.5.1	Tipos de painéis comumente empregados	37
2.5.2	Custo médio da instalação	37
2.5.3	Perfil da habitação e características comumente empregadas na instalação	38
2.5.4	Principais desafios encontrados	40
3	MATERIAIS E MÉTODOS	42
4	RESULTADOS	43
4.1	Capacidade de instalação da energia solar em Alagoas	43
4.2	A evolução do mercado e a redução de preços dos equipamentos em Maceió.....	45
4.3	Venda de um sistema de geração de energia solar fotovoltaico	48

4.4	Perfil do usuário a partir da análise das contas.....	49
5.	CONCLUSÃO	54
	REFERÊNCIAS.....	55

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

O aproveitamento da energia gerada pelo sol, inesgotável na escala terrestre de tempo, tanto como fonte de calor quanto de luz, é atualmente uma das alternativas energéticas mais promissoras para enfrentamento dos desafios na produção e distribuição de energia nesse novo milênio. E quando se fala em energia, deve-se lembrar que o sol é responsável pela origem de praticamente todas as outras fontes energéticas, ou seja, as fontes de energia são, em última instância, derivadas da energia do sol (CENTO DE REFERÊNCIA PARA AS ENERGIAS SOLAR E EÓLICA SERGIO DE S. BRITO – CRESESB, 2006).

A demanda energética de abastecimento é cada vez maior, principalmente, quando falamos no aumento populacional e na ampla utilização dos recursos tecnológicos. Observando esse cenário, a necessidade de se investir em novas formas de energia e tecnologia torna-se cada vez mais indispensável, desde que a adoção da geração alternativa possibilite um baixo impacto ambiental e que apresente uma boa solução. Assim, ainda que as hidrelétricas sejam uma fonte limpa e renovável, a geração de energia é influenciada pelo nível dos reservatórios e ocorrência de chuvas ao longo dos anos e, portanto, dependente desse fator climático. (GALDINO, 2016)

Dentre as fontes de energia alternativas, a geração solar fotovoltaica vem ganhando destaque devido à sua baixa emissão de poluentes, a necessidade de pouca manutenção e, principalmente, por gerar energia localmente, ou seja, não necessita de linhas de transmissões que provocam perdas e impactos ambientais (IMHOFF, 2007). Além disso, agregada a uma redução de custos, vem apresentando grande crescimento mundial.

No Brasil, o setor está se tornando cada vez mais competitivo, pois abrange desde os pequenos e médio integradores, fazendo instalação de painéis solares em residências e comércios, até as grandes concessionárias de energia, envolvidas em grandes projetos de instalação de usinas solares. Esta situação é vantajosa para os consumidores finais, pois, força as empresas a oferecerem soluções melhores a preços mais competitivos (PORTAL SOLAR, 2021).

1.2 Objetivo

1.2.1 Geral

Estudar a implantação da energia solar em Maceió, seu processo evolutivo, vantagens e perspectivas na economia local e aplicação no setor

1.2.2 Específicos

- Apontar os principais tipos de painéis solares apresentados no mercado;
- Mostrar a evolução tecnológica dos painéis solares;
- Comparar os custos envolvidos na implantação de um sistema fotovoltaico unifamiliar

1.3 Justificativa

Este trabalho visa contribuir para um entendimento sobre o desenvolvimento da energia solar em Maceió, evidenciando sua viabilidade econômica, sustentabilidade e fonte de geração de emprego na região. Ademais, sua realização servirá como referência para continuidade de futuras pesquisas, pois, faz uma análise da situação local, fornecendo dados sobre a energia solar, não disponibilizados na literatura especializada.

Atualmente, observa-se um crescente movimento mundial por buscas de energias renováveis para geração e distribuição de eletricidade, impulsionado por questões ambientais que demandam uma redução de danos ao meio ambiente, com consequente melhoria na qualidade de vida. Neste contexto, o Brasil se posiciona positivamente após a aprovação pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) da Resolução Normativa (RN) 482/2012, que estabelece para o consumidor brasileiro a possibilidade de gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada e inclusive, fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade.

Para melhor entendimento dos assuntos abordados, o presente trabalho encontra-se dividido em cinco capítulos, assim distribuídos: o primeiro capítulo aborda a parte introdutória; o segundo apresenta o referencial teórico, com informações obtidas por meio de uma pesquisa sistemática relacionada aos conceitos sobre a energia solar, tecnologias solares, empregos do setor solar em Alagoas e o perfil dos usuários em Maceió, esclarecendo os aspectos do mercado solar, diferença entre as tecnologias mais usuais e os custos desse sistema. Já o terceiro capítulo, descreve a metodologia desenvolvida para coleta e análise dos dados e, no capítulo seguinte são apresentados os resultados encontrados com a pesquisa. Finalmente, no capítulo 5, são apresentadas as principais conclusões obtidas após a execução de todas as etapas deste trabalho de pesquisa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Visão geral da energia solar

A conversão de energia solar em energia elétrica foi verificada pela primeira vez por Edmond Becquerel em 1839, que constatou uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor quando exposto à luz. Em 1876, foi montado o primeiro aparato fotovoltaico, resultado de estudos das estruturas no estado sólido e somente em 1956, iniciou-se a produção industrial seguindo o desenvolvimento da microeletrônica (CRESESB, 2006). Sobre esse aspecto, ressaltamos:

A história da energia solar fotovoltaica tem seu surgimento nos anos de 1839, quando o físico francês Edmond Becquerel verificou que duas placas de latão imersas em um eletrólito líquido geravam eletricidade quando expostas à luz solar. Esse fenômeno foi denominado de efeito fotovoltaico. Com o passar do tempo, já em 1883, o inventor americano Charles Fritts, construiu a primeira bateria solar, ao qual foi construída com folhas de selênio. Foi um dispositivo que teve muita repercussão, apesar de sua eficiência de conversão elétrica ter sido de apenas 1%. Já em 1954, o cientista Bell Labs desenvolveu a primeira célula solar a base de silício. Essa célula possuía eficiência de 6% (DA LUZ JUNIOR, 2022, p. 13).

Os materiais utilizados para produzir o efeito fotovoltaico são chamados de células solares ou fotovoltaicas. O principal material utilizado para fabricação das células solares é o silício. Porém, inúmeras pesquisas têm sido realizadas com o intuito de desenvolver células com boa durabilidade e alta eficiência empregando outros materiais, dentre esses materiais destacam-se: as células de Telureto de Cádmio na forma de filme fino, as de Heterojunção (HTJ) (junção célula de silício cristalino e silício amorfo) e as células de Arsenieto de gálio (REZENDE, 2019)

Além de contribuir para redução do uso de recursos derivados do petróleo, a energia solar fotovoltaica também pode ser utilizada em: sistemas de irrigação de culturas, de refrigeração de alimentos, vacinas e remédios, aquecimento e iluminação artificial, conforto térmico e iluminação natural, em projetos de construção civil, entre outros (MARTINS *et al.*, 2004 *apud* OLIVEIRA, 2017). Com isso mostra-se que o estudo da energia solar é importante para diversos seguimentos da economia ao destacarmos que:

A conversão de energia solar em energia elétrica ocorre devido os efeitos da radiação solar (calor e luz) em determinados materiais, como é o caso dos

semicondutores, ao qual se destacam os efeitos termoelétrico e fotovoltaico. O efeito termoelétrico é caracterizado pelo aparecimento de uma diferença de potencial, induzida pela união de dois metais, em condições específicas. Já no efeito fotovoltaico, os fótons contidos na luz solar são convertidos em energia elétrica, através do uso de células solares. Dentre as fontes de energias renováveis, a energia solar se destaca por ser uma fonte não poluente, inesgotável, e por reduzir custos de consumo a longo prazo. (DA LUZ JUNIOR, 2022, p. 13).

Os sistemas fotovoltaicos são distribuídos de duas maneiras: Sistemas conectados a rede da concessionária (*on grid*), mais utilizado por questão do custo-benefício, pela praticidade de instalação. Já o sistema não conectado a rede da concessionária (*off grid*) é indicado para regiões onde não tem rede elétrica.

2.1.1 Energia solar no mundo

Com preocupação ambiental cada vez mais forte, os países estão procurando tecnologias para diminuir os danos causados pelos combustíveis fósseis. Desde a primeira revolução industrial, os combustíveis fósseis foram inseridos na economia como matéria prima de grande importância, tanto na matriz elétrica, quanto na matriz energética.

Apesar dos esforços para diversificar a matriz energética, a geração de energia por meio de combustíveis fósseis ainda é muito presente em diversos países ao redor do mundo. O baixo custo do carvão mineral em relação a outras fontes de energia é um dos principais impedimentos para isso. No entanto, o Brasil está mais adiantado nesse sentido, já que nossa matriz energética é mais renovável do que a mundial, conforme descrito no Gráfico 1. Essa é uma característica importante, pois as fontes não renováveis de energia são as principais responsáveis pela emissão de gases de efeito estufa (GEE).

Gráfico 1 – Comparação entre a matriz energética brasileira e a mundial

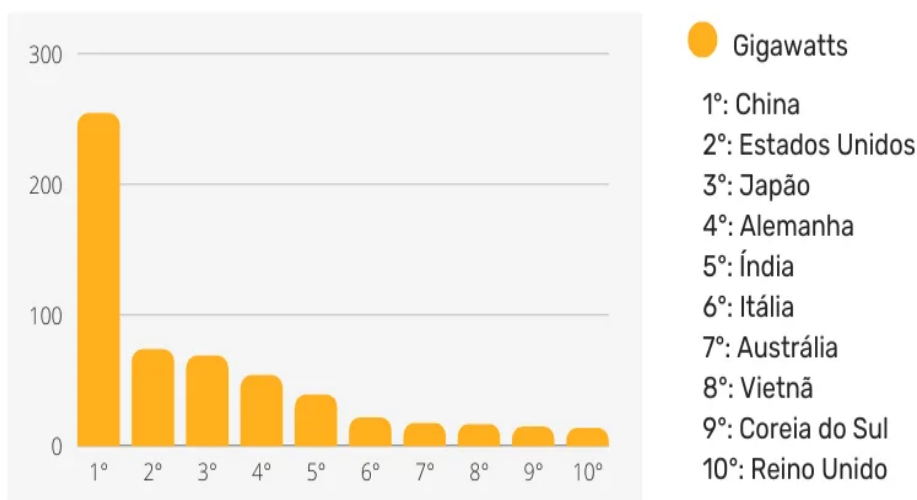


Fonte: SOLFÁCIL (2022)

Na última década a energia solar fotovoltaica vem ganhando cada vez mais destaque no cenário mundial, com uma alta taxa de crescimento que deverá manter-se devido ao apelo mundial por energias limpas, sendo essa uma das formas de geração mais eficientes e menos nocivas ao meio ambiente (SILVA, 2015).

O *ranking* que leva em conta grandes usinas (geração centralizada) e sistemas de menor porte (geração distribuída), é liderado pela China, com 306 GW. Estados Unidos (93 GW), Japão (74 GW), Alemanha (58 GW) e Índia (49 GW) completam as cinco primeiras posições (PORTAL SOLAR, 2021). O Gráfico 2 apresenta um *ranking* dos maiores produtores de energia solar no mundo. O Brasil não faz parte do *ranking*, mesmo tendo uma matriz solar que sempre se mostrou promissora, pois, foi apenas nos últimos anos que começou a se desenvolver.

Gráfico 2 – Maiores produtores de energia solar fotovoltaica no mundo



Fonte: SOLFÁCIL (2022)

2.1.2 Energia solar no Brasil e Região Nordeste

O Brasil possui um grande potencial para gerar eletricidade a partir do sol. Só para se ter uma ideia, no local menos ensolarado no Brasil é possível gerar mais eletricidade solar do que no local mais ensolarado da Alemanha, que é um dos líderes no uso da energia fotovoltaica (FV). Segundo Pereira et. al (2017), diariamente incide entre 4.444 Wh/m² a 5.483 Wh/m² no país.

O Brasil foi o 4º país que mais acrescentou capacidade solar fotovoltaica em 2021 no mundo, com novos 5,7 GW no último ano, segundo apuração da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR) com base em dados atualizados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL e a recente publicação da Agência Internacional de Energias Renováveis (IRENA) (ENERGIA SOLAR..., 2021).

Até setembro de 2022, havia cerca de 1,2 milhão de pontos de geração distribuída de energia solar no Brasil, conforme dados da ABSOLAR (2022), tendo 78,4% das conexões em residências; 11,8% em estabelecimentos de comércio ou serviços; 7,7% em habitações rurais; 1,7% em indústrias; e 0,3% em prédios públicos (NEXO, 2022). O Gráfico 3 descreve a participação de perfis no mercado brasileiro.

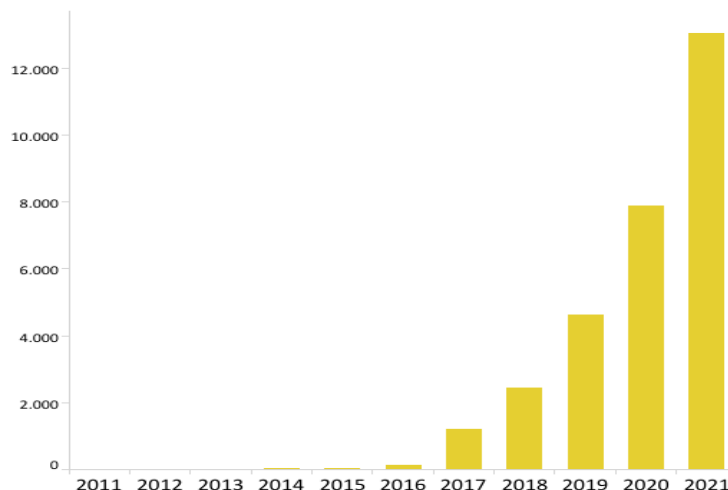
Gráfico 3 - Principais consumidores de energia solar no mercado brasileiro



Fonte: SOLFÁCIL (2022)

Atualmente, a fonte solar já está em 15 GW no Brasil, com mais de R\$ 78,5 bilhões de investimentos acumulados e mais de 450 mil empregos criados desde 2012. Com isso, também evitou-se a emissão de 20,8 milhões de toneladas de CO₂ na geração de eletricidade (ENERGIA SOLAR..., 2021). O Gráfico 4 especifica o crescimento da energia solar no Brasil na última década.

Gráfico 4 - Crescimento da energia solar no Brasil durante 10 anos



Fonte: International Renewable Energy Agency (IRENA, 2021)

Quanto ao crescimento no consumo de energia solar no Brasil, o site Alagoas Notícia Boa (ALNB, 2022) faz o seguinte registro:

O Brasil possui 4,7 GW de potência instalada em usinas solares de grande porte, o equivalente a 2,4% da matriz elétrica do País. Desde 2012, as grandes usinas solares já trouxeram ao Brasil mais de R\$ 25,1 bilhões em novos investimentos e mais de 142 mil empregos acumulados, além de proporcionarem uma arrecadação de R\$ 7,9 bilhões aos cofres públicos. Atualmente, as usinas solares de grande porte são a sexta maior fonte de geração do Brasil e estão presentes em todas as regiões do País, com empreendimentos em operação em dezenove estados brasileiros e um portfólio de 31,6 GW outorgados para desenvolvimento. (ALNB, 2022, p. 2).

O Brasil ultrapassou a marca histórica de 14 GW em potência de energia proveniente de fonte solar, superando a hidrelétrica de Itaipu, segunda maior do mundo. Isso foi possível graças à soma das usinas fotovoltaicas de grande porte e dos sistemas de geração de energia própria, geralmente instalados em telhados e pequenos terrenos (BRASIL..., 2022).

A energia solar fotovoltaica hoje se tornou uma fonte de energia que tem aparecido cada vez mais nas matrizes energéticas nacionais ao longo dos anos, pois a busca por alternativas renováveis e menos poluentes é um imperativo internacional para combater o aquecimento global (BRASIL..., 2022).

A Figura 1 ilustra a matriz elétrica brasileira em suas dimensões, a qual é composta pelas fontes hidráulica, gás natural, eólica, biomassa, carvão e derivados, solar, derivados de petróleo, nuclear e eletricidade importada. Esse conjunto de fontes de energia são utilizadas para a produção de energia elétrica no Brasil. Verifica-se na

Figura que a geração de energia solar fotovoltaica ultrapassou a geração de energia nuclear na Matriz Elétrica Brasileira.

Figura 1 - Matriz Elétrica Brasileira



Fonte: Absolar (2022)

A região Nordeste teve déficit de geração de energia de 3% em 2019, 21% em 2000 e passou a ter superávit de 12% em 2020, superando a demanda total. Em 2000, seis estados realizavam a exportação líquida de energia elétrica e esse indicador passou a ter superávit de 14%, em 2020. Essa nova configuração exigiu, entretanto, uma forte expansão das linhas de transmissão, dobrando de 2000 para 2020 (BRASIL, 2022b).

O século 21 está sendo protagonista de matrizes regionais de geração elétrica menos concentradas e mais diversificadas por fonte. No século 20, a expansão hidrelétrica ocorreu prioritariamente junto aos maiores centros de carga, das regiões Sudeste e Sul. Estas duas regiões responderam por quase 70% da geração hidráulica do Brasil ao final de 2000 e, em 2020, o indicador já recuou para 48% (BRASIL, 2022b).

Um estudo divulgado pela IEA (Agência Internacional de Energia) apontou que a capacidade solar deve triplicar de tamanho entre os anos de 2022 e 2027 em todo o mundo, crescendo 1,5 TW e superando o carvão como a maior fonte de capacidade de energia. Esse aumento é impulsionado pelas políticas de descarbonização

adotadas pela China, que será responsável por produzir metade da nova energia renovável do mundo ao longo dos próximos cinco anos. (HEIN, 2022).

O setor de energia solar está em alta no Brasil com o aumento da adesão aos sistemas de produção de energia fotovoltaica. Dados da Absolar (2022) apontam que o país ultrapassou a marca de 19 gigawatts (GW) de potência instalada da fonte solar fotovoltaica, sendo, desse total, 13 GW de potência instalada em telhados, fachadas e pequenos terrenos e o restante corresponde às usinas de grande porte.

A título de comparação, a Usina Hidrelétrica de Itaipu gera 14 GW de potência instalada (BORGES, 2022). Este dado consolida a fonte solar como a terceira maior geradora de energia no país, atrás apenas das fontes hidrelétrica e eólica. A captação de luz solar por placas fotovoltaicas e a transformação dessa luz em energia representa, hoje, 9,6% da matriz elétrica do país. De janeiro a setembro de 2022 houve aumento de 46,1%, com crescimento médio de 1 GW por mês nos últimos quatro meses (BORGES, 2022).

A energia gerada por luz solar é uma energia limpa, que não produz resíduo ou poluição. Segundo a Absolar (2022), esse tipo de energia evita a emissão de 27,8 milhões de toneladas de CO₂ na geração de eletricidade. O custo de instalação, no entanto, não é baixo. Para residências, o preço médio de instalação é de R\$ 25 mil; para indústrias, R\$ 200 mil (BORGES, 2022). Mesmo sendo um produto considerado de alto investimento para instalação, o ganho real na diminuição da conta de energia, torna a energia solar viável economicamente, pois:

O Brasil possui uma série de características naturais favoráveis a inserção da energia fotovoltaica na matriz elétrica, tais como, altos níveis de irradiação solar e grandes reservas de quartzo de qualidade, que podem gerar importante vantagem competitiva para a produção de silício com alto grau de pureza, células e módulos, produtos estes de alto valor agregado (DA LUZ JUNIOR, 2022, p. 16).

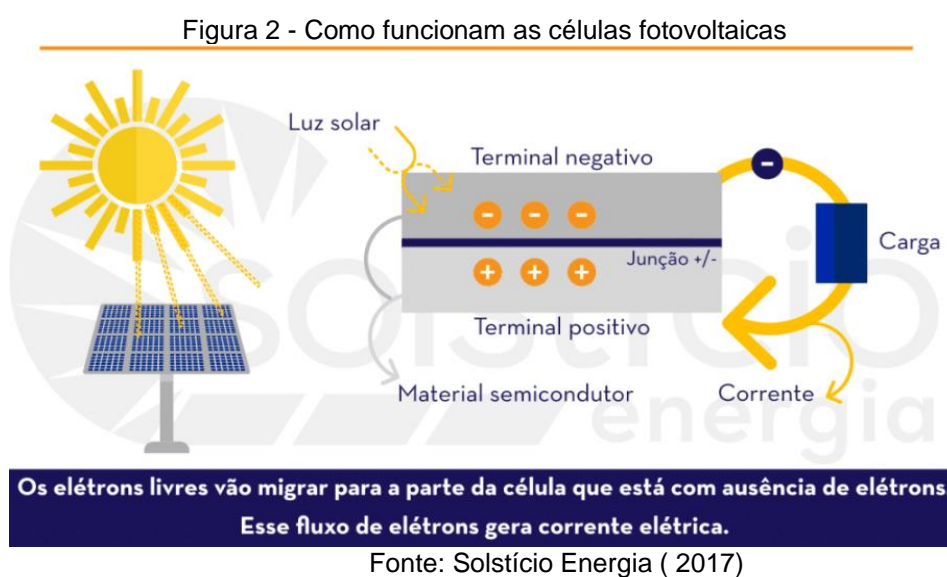
Conforme o Ministério das Minas e Energia, até 2031, a energia solar deve ser responsável por 17% da matriz brasileira.

2.2 Painéis solares

O efeito fotovoltaico é o processo físico pelo qual uma célula fotovoltaica converte luz solar em eletricidade. A luz solar é composta de fótons, ou partículas de energia solar. Estes fótons contêm grande quantidade de energia (CHAN, 2000).

No efeito fotovoltaico, a energia solar incide sobre materiais semicondutores, sendo processada diretamente em corrente contínua. Para transformar a corrente, que se encontra em estado contínuo para corrente alternada, são usados aparelhos chamados inversores (OLIVEIRA JUNIOR, 2018).

Para induzir o campo elétrico dentro de uma célula fotovoltaica, são intercalados dois semicondutores separados, o "tipo N" e o "tipo P". Embora ambos os materiais sejam eletricamente neutros, o silício tipo-N tem elétrons em excesso e o tipo-P tem lacunas em excesso. Intercalando estes, cria-se uma junção P-N e um campo elétrico, conforme descrito na Figura 2, que mostra como esse tipo de junção funciona para gerar eletricidade (CHAN, 2000).



Os painéis fotovoltaicos são formados por um conjunto de células fotovoltaicas e podem ser interconectados de forma a permitir a montagem de arranjos modulares que, em conjunto, podem aumentar a capacidade de geração de energia elétrica.

No efeito fotovoltaico é utilizado um material semicondutor adaptado para liberar elétrons - partículas que são carregadas negativamente e representam o pilar da eletricidade. As células fotovoltaicas possuem, no mínimo, duas camadas de silício (semicondutor mais comum) carregadas positivamente ou negativamente. Após o semicondutor ser atingido pela luz solar, por meio do campo elétrico entre a junção das duas camadas, inicia-se um fluxo de energia e, assim, gera-se a corrente contínua.

O fluxo de eletricidade é maior quando há maior incidência de luz e depende da densidade das nuvens para gerar energia e, portanto, em dias nublados há geração de energia. Assim, os sistemas fotovoltaicos podem produzir mais energia em dias com menos nuvens, se comparados com dias totalmente claros, isso se dá por meio da reflexão da luz do sol. (ALVES, 2019, p. 23)

Com o surgimento de novos materiais e os avanços tecnológicos que permitiram uma melhor otimização nos processos de fabricação, os painéis solares passaram a ser classificados em gerações, cujos principais tipos são apresentados nos tópicos a seguir.

2.2.1 Primeira geração

2.2.1.1 Painéis solares monocristalinos

O painel solar monocristalino é uma placa de energia solar que funciona como receptor da luz do Sol para a geração de energia elétrica. Ela é composta por apenas um cristal de silício em cada célula fotovoltaica, tendo seu uso comercial como o mais difundido no mercado global.

A célula de silício monocristalino é, historicamente, a mais usada e comercializada como conversor direto de energia solar em eletricidade e a tecnologia para sua fabricação é um processo básico muito bem constituído. A fabricação da célula de silício começa, com a extração do cristal de dióxido de silício. Este material é desoxidado em grandes fornos, purificado e solidificado. Este processo atinge um grau de pureza em 98 e 99%, o que é razoavelmente eficiente sob o ponto de vista energético e custo. O silício para funcionar como células fotovoltaicas necessita de outros dispositivos semicondutores e de um grau de pureza maior, devendo chegar na faixa de 99,9999% (PINHO; GALDINO, 2014).

Para se utilizar o silício na indústria eletrônica, além do alto grau de pureza, o material deve ter a estrutura monocristalina e baixa densidade de defeitos na rede. O processo mais utilizado para se chegar as qualificações desejadas é chamado “Processo Czochralski”. O silício é fundido juntamente com uma pequena quantidade de dopante, normalmente o boro que é do tipo p. Com um fragmento do cristal devidamente orientada e sob rígido controle de temperatura, vai-se extraindo do material fundido um grande cilindro de silício monocristalino, levemente dopado. Este

cilindro obtido é cortado em fatias finas de aproximadamente 300 μ m (PINHO; GALDINO, 2014).

Após o corte e limpeza de impurezas das fatias, deve-se introduzir impurezas do tipo N de forma a obter a junção. Este processo é feito através da difusão controlada, onde as fatias de silício são expostas a vapor de fósforo em um forno, cuja temperatura varia entre 800 a 1000° C (MATAVELLI, 2013).

Dentre as células fotovoltaicas que utilizam o silício como material base, as monocristalinas são, em geral, as que apresentam maior eficiência. As fotocélulas comerciais obtidas com o processo descrito atingem uma eficiência de até 15%, podendo chegar em 18% em células feitas em laboratórios (MATAVELLI, 2013). Passos (2021) explica que este tipo de célula fotovoltaica representa a primeira geração e que seu rendimento elétrico é relativamente elevado. Porém, as técnicas utilizadas na sua produção são complexas e caras, sendo necessária uma grande quantidade de energia no seu fabrico, devido à utilização de materiais em estado muito puro e com uma estrutura de cristal perfeita. A Figura 3 ilustra uma célula monocristalina.

Figura 3 - Célula monocristalina



Fonte: MINHA CASA SOLAR, 2018

2.2.1.2 Painéis solares policristalinos

As células de silício policristalino são mais baratas que as de silício monocristalino, por exigirem um processo de preparação das células menos rigoroso. A eficiência, no entanto, cai um pouco em comparação as células de silício monocristalino (PINHO; GALDINO, 2014).

O processo de pureza do silício utilizada na produção das células de silício policristalino é similar ao processo do Si monocristalino, o que permite obtenção de níveis de eficiência compatíveis. Basicamente, as técnicas de fabricação de células policristalinas são as mesmas na fabricação das células monocristalinas, porém com menores rigores de controle. Podem ser preparadas pelo corte de um lingote, de fitas ou depositando um filme em um substrato, tanto por transporte de vapor, como por imersão. Nestes dois últimos casos, só o silício policristalino pode ser obtido (PINHO; GALDINO, 2014).

Cada técnica produz cristais com características específicas, incluindo tamanho, morfologia e concentração de impurezas. Ao longo dos anos, o processo de fabricação tem alcançado eficiência máxima de 12,5% em escalas industriais. Durante o processo de solidificação são criados lingotes de silício policristalino que serão serrados em barras, e depois cortados em lâminas (*waffers*) de aproximadamente 0.3 mm de espessura. Entretanto, todo esse processo de serragem provoca perdas de material na forma de pó. O silício já é dopado com a impureza tipo-P (geralmente boro) durante a purificação. Após a serragem e limpeza, as lâminas serão dopadas com fósforo (em apenas uma face) e será aplicada uma camada de material antirreflexo (que aumentará a absorção luminosa). Por fim, serão impressos os contatos frontais e traseiros (OLIVEIRA JUNIOR, 2018).

Conforme Guimarães (2021) a placa solar policristalina é caracterizada por suas células solares de coloração azul e bordas retas. A eficiência energética dos painéis policristalinos pode chegar de 13% a 16%, devido à composição desses painéis, onde os elétrons possuem menos espaço para se moverem livremente.

O menos apropriado para uma célula solar é o silício amorfo cuja estrutura interna não segue uma regra estrutural (característica dos materiais amorfos). Em função disso, a eficiência de uma placa com este material chega a ser somente de 5% a 7% (ROSANA, 2013).

Uma das aplicações desses três tipos de silício em células solares é na tecnologia de filmes finos que consiste na utilização de finíssimas camadas de material, cuja espessura não ultrapassa 0.1mm em placas solares. O objetivo, portanto, é reduzir a quantidade de material utilizada e, também, a energia consumida, reduzindo a complexidade dos processos de manufatura (SANTANA, 2011).

A Figura 4 exemplifica uma célula fotovoltaica de silício policristalino, que é fabricada com a junção de vários cristais de silício. Com a existência de mais de um cristal, há menos espaço para os elétrons realizarem o fluxo, diminuindo a eficiência. Em compensação, esta categoria de célula é mais barata que a monocristalina (OLIVEIRA JÚNIOR, 2022).

Figura 4: Célula policristalina



Fonte: MINHA CASA SOLAR, 2018

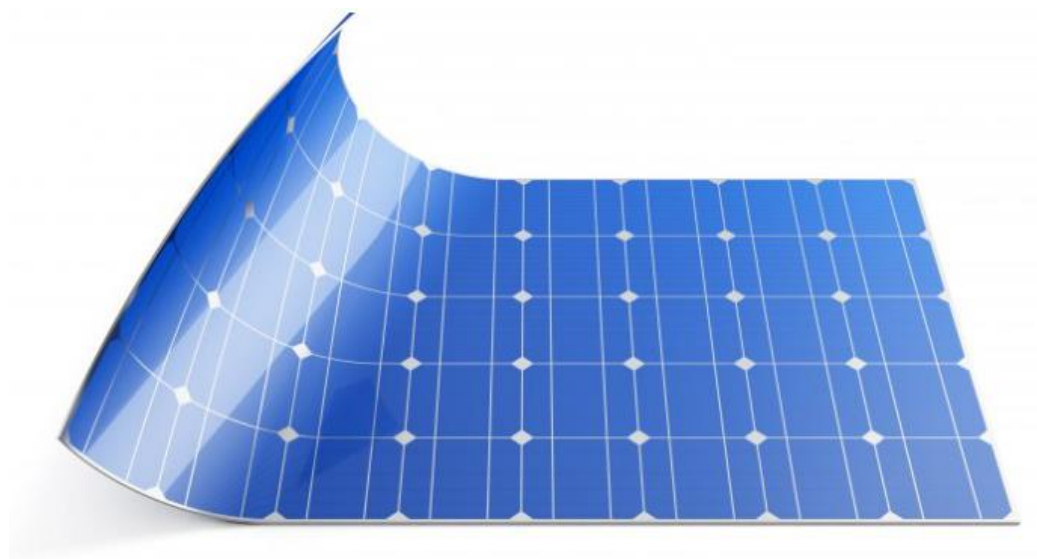
2.2.2 Segunda geração

2.2.2.1 Células solares de películas finas

Dentre as muitas tecnologias já disponíveis e as em fase de pesquisa e desenvolvimento na área de células solares, podemos destacar um grupo específico de células chamado células fotovoltaicas de filmes finos (ou do inglês *Thin-film cells*). Esta tecnologia promete a diminuição do custo das células enquanto se garante a

confiabilidade e durabilidade das mesmas. Utilizando-se uma quantidade menor de material, diminuindo-se o consumo de energia durante a produção das células e reduzindo-se a complexidade dos processos pode-se garantir a produção de células de filmes finos em larga escala a um preço competitivo e acessível.(OLIVEIRA, 2008, p.13) (Figura 5). Dependendo da tecnologia da célula fotovoltaica de filme fino utilizada, os painéis de filme fino possuem eficiências médias entre 7-13%.

Figura 5 - Célula de película fina

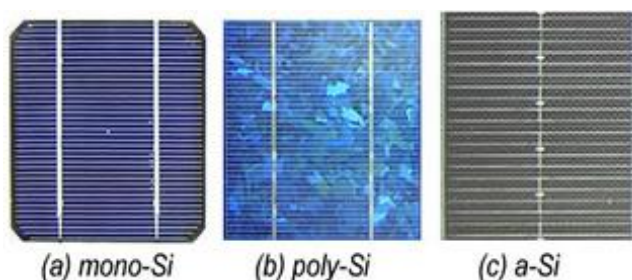


Fonte: BLUESOL, 2017

2.2.2.2 Silício amorfo

Uma célula de silício amorfo (a-Si) difere das demais estruturas cristalinas por apresentar alto grau de desordem na estrutura dos átomos. A utilização de silício amorfo para uso em fotocélulas tem mostrado grandes vantagens tanto nas propriedades elétricas quanto no processo de fabricação. Por apresentar uma absorção da radiação solar na faixa do visível e podendo ser fabricado mediante deposição de diversos tipos de substratos, o silício amorfo vem se mostrando uma forte tecnologia para sistemas fotovoltaicos de baixo custo (OLIVEIRA JÚNIOR, 2022). A Figura 6 apresenta a distinção entre as microestruturas das células monocristalina, policristalina e amorfa.

Figura 6 - Microestrutura das células monocristalina, policristalina e amorfa



Fonte: OLIVEIRA JÚNIOR (2022)

Mesmo apresentando um custo reduzido na produção, o uso de silício amorfo apresenta duas desvantagens: a primeira é a baixa eficiência de conversão comparada às células mono e policristalinas de silício; a segunda desvantagem é que as células são afetadas por um processo de degradação logo nos primeiros meses de operação, reduzindo assim a eficiência ao longo da vida útil (OLIVEIRA JÚNIOR, 2022).

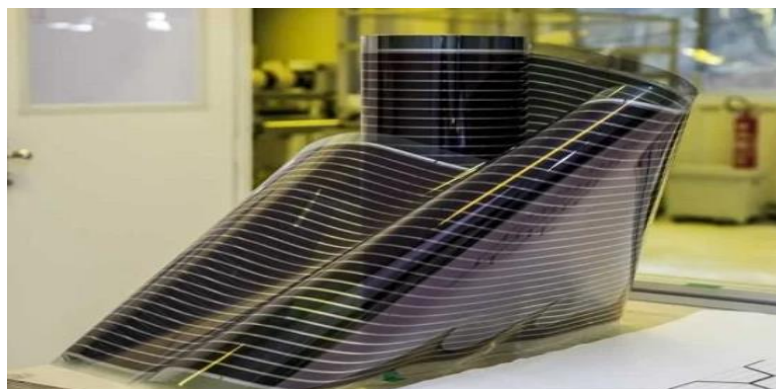
2.2.3 Terceira geração

2.2.3.1 Células fotovoltaicas orgânicas

Essas células, de pequeno tamanho e denominadas de OPV (Células Fotovoltaicas Orgânicas), provêm de um substrato de vidro, com uma eficiência de conversão de 25%, a maior eficiência fotovoltaica conseguida em painéis OPV de teste, com um substrato de revestimento de PET (tereftalato de polietileno) (PORTAL ENERGIA, 2019) (Figura 7).

Como as células OPV são finas, apresentam excelente flexibilidade, sendo possível fixá-las em paredes ou superfícies diversas sem alteração da sua funcionalidade. Além disso, são leves, apresentam baixo custo e possibilidade de reciclagem após atingido seu ciclo de vida.

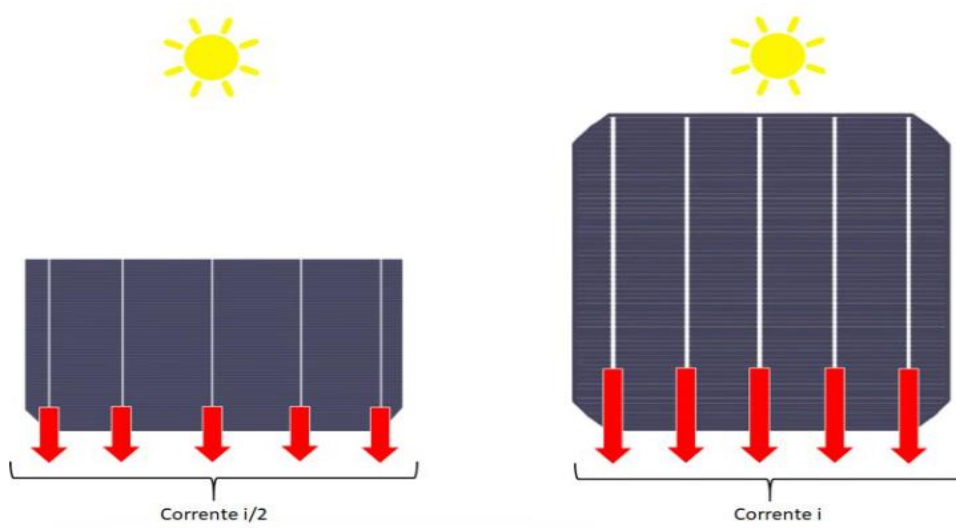
Figura 7 - Células Fotovoltaicas Orgânicas



Fonte: RODRIGUES, 2021

2.2.4 Outras tecnologias

A tecnologia *half-cell* consiste na construção de módulos fotovoltaicos com células cortadas ao meio. No lugar das tradicionais células quadradas, utilizam-se células retangulares, conseguindo módulos mais eficientes e com aproximadamente as mesmas dimensões e o mesmo custo de um módulo comum. A corrente elétrica é reduzida à metade nas células *half-cell*, possibilitando menores perdas ôhmicas, como mostra a Figura 8. Para produzir *half-cells* retangulares é necessário utilizar um processo para o corte da célula quadrada, que pode ser por processos mecânicos ou a laser. O método de corte a laser TLS (*Laser Thermal Separation*) permite a divisão das células sem praticamente nenhum dano mecânico (SILVA, 2022).

Figura 8 - Como se comporta a célula *half-cell*

Fonte: VILLAVA, 2019b

Os painéis fotovoltaicos bifaciais possuem células fotovoltaicas com duas faces em vez de uma, para absorver a energia solar radiante (Figura 9). Eles se utilizam do efeito Albedo, onde a luz solar refletida do solo ou de alguma superfície é absorvida e a partir da qual, o painel bifacial é capaz de oferecer uma aumento de potência em sua saída (SILVA, 2022).

Figura 9 - Painel Bifacial



Fonte: VILLAVA, 2019a.

2.3 Emprego da energia solar em Alagoas

2.3.1 Histórico, desenvolvimento e crescimento no setor

Desde 2012 o Brasil produz energia solar. Nesse primeiro ano, o total produzido foi de 1,62 GWh. Em Alagoas, devido à grande incidência de raios solares na maior parte do ano, a energia solar tem ganhado cada vez mais espaço na matriz alagoana (GUITARRARA 2022). Em maio de 2016, conforme mostrado na Figura 10, foi inaugurada no município de Maragogi, a primeira praça do Nordeste iluminada com energia renovável (XPOENTS INSIGHTS, 2021).

Figura 10 - Praça dos Cabanos, Maragogi - Alagoas



Fonte: XPOENTS INSIGHTS (2021)

Em 2017, Alagoas passou a ter sua primeira fábrica de módulos fotovoltaicos, que foi instalada no município de Marechal Deodoro e alavancou a demanda pela instalação de energia solar, fomentando o crescimento da micro e minigeração por meio da produção local (LINO, 2021).

A Lei n. 8.315, de 22 de setembro de 2020, dispõe sobre o aproveitamento da energia solar e instalação de painéis fotovoltaicos de energia elétrica para diminuição de gastos públicos e sustentabilidade das escolas e hospitais da rede pública de Alagoas. Com a sua promulgação, o Governo do Estado passou a ter a obrigatoriedade para a implantação de painéis solares fotovoltaicos de energia elétrica nos citados locais. Neste contexto, a Escola Municipal Pompeu Sarmiento, localizada no bairro de Barro Duro em Maceió, Alagoas, foi a primeira unidade de ensino da cidade a ser abastecida por energia solar (PORTAL SOLAR, 2021).

Em 2020, Alagoas registrou um crescimento de 150% na distribuição de energia solar em comparação a 2019. Dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) indicaram que em 2019, o estado instalou 1.531 equipamentos entre residências, comércios, indústrias e prédios nas zonas urbanas e rurais (BADRA, 2020). Em 2020, o estado possuía 2.530 sistemas instalados e ocupava a 22ª colocação do *ranking* de geração distribuída solar fotovoltaica com 34,2 MW de potência, o que representava 0,7% da capacidade instalada no Brasil, conforme dados da Absolar (Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR) (BADRA, 2020).

Em 2022, dados atuais da Aneel indicam que, em Alagoas, um total de 9.274 unidades consumidoras de energia elétrica passaram a adotar a energia solar,

significando um aumento de 64% em comparação a 2021, quando 5.655 unidades consumidoras fizeram esta opção. Ainda segundo a Aneel, a modalidade residencial é a que tem o maior número de unidades consumidoras utilizando energia solar em Alagoas, com 13.971 usuários, seguidos por consumidores comerciais, com 4.655 usuários, e por consumidores rurais com 520 usuários (BORGES, 2022).

Em 2020, foi instalada pela companhia multinacional Helio Energias, a primeira usina solar de Alagoas, localizada no município de Palmeira dos Índios, com incentivo de capital estrangeiro. O projeto dispõe de 1 MW em capacidade, utilizando mais de 3.500 painéis solares em uma área de 5 hectares. A energia produzida pela usina é distribuída para cerca de 370 famílias na região (PINHEIRO, 2020).

O Estado de Alagoas tinha em 2020 o total de 2224 usinas fotovoltaicas de geração distribuída, aglomerando instalações diversas que possuem placas de energia solar, o que melhorou o consumo de energia local e beneficiou 3793 unidades consumidoras com um somatório de potência instalada de 28,5 MW (CARDOSO, 2020).

Na dinamização de fontes energéticas renováveis e na busca por alternativas sustentáveis para o desenvolvimento econômico do estado, Alagoas é destaque no cenário nacional e em 2021, possuía índice superior a 75% da matriz energética oriundas de fontes renováveis. Este avanço é possível devido à localização estratégica do Estado e as condições naturais de sol, biomassa e água em abundância (XPOENTS INSIGHTS, 2021).

O Governo de Alagoas, por meio da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico e Turismo (SEDETUR), opera políticas públicas sustentáveis para estimular o crescimento das diversas atividades econômicas, focadas nos setores de energia e mineração. Exemplo disso, é a adesão ao Convênio ICMS 16/2015, por meio do Decreto nº 50.451/2016, que isenta o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) cobrado a geração de energia proveniente de fontes renováveis, sendo um estímulo tanto para consumidores, como para as empresas instaladoras (ALAGOAS, 2016). Diante das vantagens concedidas, registrou-se aumento na procura por energia solar em Alagoas, comportamento que também está associado à aprovação do Marco Legal da Geração Distribuída que prevê cobrança de taxas em 2023. A procura cresceu em média 20% até outubro de 2022 (TRIBUNA INDENPENDENTE, 2022).

Ressalta-se que a Lei n. 14.300/22 – Lei do Marco Legal da Geração Distribuída - estabeleceu que, quem fizesse a instalação de energia solar até o dia 6 de janeiro de 2023, ficaria isento dos encargos decorrentes da utilização da infraestrutura de energia existente. Passada a data, qualquer instalação nova ficou sujeita a cobrança de encargos (BRASIL, 2022a).

Atualmente, Alagoas ocupa a 22ª colocação do *ranking* brasileiro, com geração de 34,2 MW de potência, o que representa 0,7% da capacidade instalada no País (CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA - CREA AL, 2022).

2.3.2 Crescimento de empresas do ramo em Maceió

Conforme o consultor de negócios de uma empresa especializada de Maceió, Natanael Manstefield, a procura pelo uso de energia solar é impulsionada também pelas vantagens da geração própria de energia, o que justifica a migração para energia solar com ganhos econômicos de até 95% na conta de energia. Contudo, o atual aquecimento no mercado maceioense estaria atrelado à mudança para a nova normativa da lei (TRIBUNA INDENPENDENTE, 2022).

Além da economia de gastos com a conta de energia, o consultor também destacou que dentre as demais vantagens estão a valorização do imóvel e a questão do meio ambiente, mas alertou para uma possível retração do mercado no primeiro trimestre de 2023 devido à nova taxa que será cobrada. Entretanto, o mercado voltará a crescer com base na Lei do Marco Legal da Geração distribuída, que traz benefícios e adiantamentos de prazos que antes demandavam muito tempo, junto a melhores tecnologias e o avanço do mercado (TRIBUNA INDENPENDENTE, 2022).

2.4 Crescimento de empresas x mão de obra qualificada

Acompanhando a expansão que ocorre com a implantação da energia solar, assim como em todo o Brasil, Alagoas atualmente possui 91 empresas no ramo, segundo dados da Econodata (2022). Em Maceió verifica-se, também, um crescimento expressivo de empresas voltadas à instalação de energia solar, devido ao aumento da demanda. Atualmente, ainda segundo a plataforma Econodata (2022), existem 43 empresas de energia solar ativas no município de Maceió.

Em agosto de 2011, a Aneel criou a chamada pública nº 013/2011 que versava sobre “Arranjos técnicos e comerciais para a inserção da geração solar fotovoltaica

na matriz energética brasileira”. Esta chamada levantou o interesse de várias empresas e concessionárias que passaram a investir uma fração de suas receitas operacionais líquidas em energia solar. Consequentemente, viu-se a necessidade de capacitar mão de obra suficiente para formar profissionais habilitados a instalar, operar e realizar a manutenção necessária para os equipamentos utilizados nesse ramo (LINO, 2021).

Nessa perspectiva, acrescenta-se que:

Devido à grande demanda de mão de obra na região Nordeste, os trabalhadores têm procurado qualificações para atender o mercado. A qualificação profissional é muito importante devido ao mercado de geração de energia solar fotovoltaica viver em constante mudança e crescimento. O intuito é sempre estar treinando os colaboradores de acordo com o grau que o conhecimento específico exige. No ramo existem muitos cursos preparatórios para qualificar, e preparar pessoas para o mercado de trabalho. [...]. Uma obra de construção de Usina Solar necessita que o município tenha estrutura para receber tamanho investimento. Esta deve estar provida de recursos para atender a execução da obra, abrangendo fornecimento de ferramentas, material de construção civil, mão de obra qualificada, moradia e outros afins de uma construção, evitando assim deslocamento e gastos em cidades mais preparadas. (MARQUES, 2019, p. 34-35).

A instalação de painéis solares requer mão de obra especializada e há escassez de profissionais capacitados. Em Maceió, uma escola especializada oferece o curso de Energia Solar Prático de Instalação e Projeto Teórico na modalidade semipresencial (com dois dias de curso presencial e mais 360 horas online) e na modalidade presencial (com carga horária de 16 horas) (LGL SOLAR, 2022). O objetivo do curso é formar um profissional do mercado de energia solar capaz de atuar em todos os pontos da cadeia de forma competitiva, seja como importador, fabricante, distribuidor, instalador, manutenção, loja virtual, integrador, comerciante, franqueador, consorciado ou empreendedor de energia solar. O curso é tanto direcionado para o público leigo e para quem já atua no setor (LGL SOLAR, 2022).

A Universidade Federal de Alagoas (UFAL), oferece o curso de Graduação em Engenharia de Energia que, de acordo com o Projeto Pedagógico do Curso (PPC) (UFAL, 2019), forma mão de obra qualificada com competência para atuar em todas as formas de energias renováveis, dentre elas, a solar. Neste contexto, o Engenheiro de Energia poderá atuar como gestor, coordenador, consultor e projetista em empresas que atuam no setor de energia solar. Além disso, o profissional está apto, também, a fazer projetos, vistoria, monitoramento, laudos elaborar especificações e emitir parecer técnico.

Pelo exposto, verifica-se que, em decorrência da grande expansão da energia solar no Estado, há um mercado de trabalho, no momento, promissor, tanto para técnicos, quanto para engenheiros formados na área.

2.5 Perfil do usuário em Maceió

A procura pela instalação de sistema fotovoltaicos em Maceió tem despertado maior interesse de clientes residenciais, seguidos pelo comércio essencial e pelos clientes do meio rural. O perfil clássico do usuário de energia solar é o da família de média ou alta renda, com um imóvel de valor considerável e procura o sistema solar fotovoltaico para economizar em sua conta de energia. Embora a implantação de energia fotovoltaica já ocorra em habitações de interesse sociais (Caso do projeto Cohab Solar em Curitiba), em Maceió, isso ainda não é uma realidade para usuários de baixa renda.

2.5.1 Tipos de painéis comumente empregados

Conforme o Portal Solar (2021), as empresas em Maceió no ramo de geração distribuída empregam painéis solares fotovoltaicos que possuem uma aparência azulada ou preta e são comumente instalados em residências, comércios ou indústrias para gerar eletricidade e redução na conta de energia. Painéis mais utilizados são os policristalinos e os monocristalinos.

2.5.2 Custo médio da instalação

Os custos das placas solares em Alagoas dependem da sua eficiência, tamanho, fabricante e região de venda. Porém, na maioria dos casos, é possível encontrar uma placa solar de 330 W com o valor de R\$ 849,00 de acordo com a cotação do dólar. No entanto, devido ao amplo desenvolvimento da tecnologia no Brasil, seus custos tendem a diminuir a fim de incentivar o crescimento de sua utilização (PORTAL SOLAR, 2021).

Em relação à vida útil de um sistema fotovoltaico e o potencial em irradiação solar do estado, o retorno em investimento ou *payback* de uma residência poderá ser gerado em, aproximadamente, três anos. Já os investimentos em energia solar em

indústrias e estabelecimentos comerciais podem ser quitados em, no mínimo, 6 anos, levando-se em consideração sua vida útil de 25 anos (MEDEIROS, 2022).

Estudos indicam que, até 2040, o Brasil contará com, aproximadamente, 31% de sua matriz energética a partir da energia solar, sendo 27% produzido em pequena escala, em atividades em estabelecimentos comerciais de pequeno e médio porte, indústrias e residências. Em Alagoas, portanto, há diversos projetos em andamento ou em fase de implementação, todos contando o auxílio de instituições que colaboram com o financiamento dos sistemas de energia solar fotovoltaica na região, seja na compra de equipamentos ou no pagamento da mão de obra (MEDEIROS, 2022).

2.5.3 Perfil da habitação e características comumente empregadas na instalação

Não há uma especificidade de perfil habitacional para a instalação de painéis solares, contudo, em Maceió a geração distribuída de energia solar, assim como em grande parte do Brasil, se popularizou e tem sido instalada em residências populares, de médio e alto padrão, comércio e habitações na zona rural. Independente do tipo de imóvel, é relevante destacarmos que:

Na busca pela geração distribuída e produção mais próxima aos pontos de consumo, o uso de sistemas fotovoltaicos juntos às edificações torna-se bastante interessante. [...], os módulos fotovoltaicos são fabricados para serem utilizados por muito tempo e em ambientes externos, sob diversas condições climáticas; assim, são apropriados para integração à envoltória da edificação. Deste modo têm dupla função por gerar eletricidade e também por servir como elemento arquitetônico. Para que tenham melhor aplicação aos telhados, paredes ou janelas, a indústria vem desenvolvendo uma série de produtos destinados a estes fins. (SANTOS, 2009, p. 25).

Além de gerar energia renovável e servir como elemento arquitetônico, a instalação dos painéis solares se insere na promoção da sustentabilidade, o que os torna viável ecologicamente e economicamente. Contudo, independente do tipo de imóvel, a instalação segue critérios definidos pela concessionária.

O processo de homologação do serviço precisa obedecer a uma série de etapas definidas pela Equatorial Energia, em que as empresas especializadas são responsáveis em apresentar à distribuidora um projeto técnico para solicitar um parecer de acesso ao imóvel e em seguida a instalação da placa solar (TRIBUNA INDEPENDENTE, 2022).

O responsável técnico pode também acessar o site oficial da concessionária e efetuar diretamente a solicitação de acesso à Micro/Minigeração, solicitar a vistoria/ligação, bem como acompanhar cada etapa do processo de conexão. Após a aprovação do parecer, o sistema solar é montado pela empresa contratada e na sequência é feita a solicitação de uma vistoria e conexão junto à concessionária. Técnicos da Equatorial vão até a unidade consumidora e fazem a substituição do medidor comum, por um medidor bidirecional, cuja função será a de apurar a geração de energia e o consumo (TRIBUNA INDEPENDENTE, 2022).

Em Maceió, diferentes tipos de habitação estão aderindo à energia solar, que tem como maior atrativo a redução na conta de energia, exemplo disso, é a rede Hibiscus Beach Club, localizada na praia de Ipioca (Figura 11).

Figura 11 - Painéis solares no Hibiscus Beach Club



Fonte: BLUESOL (2021)

Outro exemplo de instalação é apresentado na Figura 12.

Figura 12 - Residência de alto padrão em um condomínio localizado em Maceió.



Fonte: Luz Solar (2018)

2.5.4 Principais desafios encontrados

A geração de energia limpa e sustentável se tornou uma tendência no Brasil e no mundo todo. O mercado de energia solar fotovoltaica é um dos maiores desenvolvedores de soluções e inovações tecnológicas que contribuem para maior qualidade de vida das pessoas, ampliação da competitividade nas empresas e, principalmente, geração de novos empregos.

Mesmo com as inúmeras oportunidades de crescimento, o mercado de energia solar encontra alguns desafios para adesão/installação e desafios a serem superados com a geração de distribuição.

No tocante aos desafios para adesão/installação, podemos citar, dentre outros, os custos para investir, pois ainda são considerados maiores que para outras fontes energéticas menos sustentáveis e não há incentivos suficientes para que esse valor seja reduzido, tornando o acesso a essa fonte mais difícil. Outros aspectos são a falta de conhecimento sobre as vantagens e valorização para o imóvel e a defasagem da regulação vigente, haja vista a Resolução Normativa 482, de 2012, da Aneel não contemplar adequadamente as soluções de armazenamento em sistemas conectados à rede, nem outros modelos. Além disso, não há também regulamentação apropriada para baterias de íons de lítio ou sistemas de armazenamento em geral (SIQUEIRA; SOUZA; LESS, 2022). Destacamos que:

Embora a crise energética não seja um assunto recente, ainda é um tema de constante debate na sociedade e se constitui em um dos grandes desafios da atualidade. Alguns fatores relacionados a isso podem ser destacados, como a redução das reservas mundiais de petróleo, após a crise na década de 1970, o impacto ambiental causado pelo uso de energias não renováveis e a crescente demanda por recursos naturais. O crescimento contínuo da população e de bens de consumo tem gerado incertezas sobre o futuro energético mundial e discussões importantes no núcleo global. Além disso, estima-se que a população mundial será próxima a 9 bilhões em 2040. Na comparação com o consumo de 2010, para o atendimento a essa demanda será necessário um aumento de mais de 35% do fornecimento total de energia. Isso exigirá recursos energéticos mais diversificados, inovações tecnológicas ambientais com maior eficiência confiável para tornar a matriz mundial sustentável. (SIQUEIRA; SOUZA; LESS, 2022, p.2).

Estudos evidenciam desafios na instalação de usinas fotovoltaicas flutuantes, desafios que entendemos para o fornecimento da energia solar. Logo, a palavra desafio adquire uma conotação positiva, de incentivo. Nesse sentido, Dias (2021) apresentou a estimativa de instalação da usina fotovoltaica flutuante no sistema Cantareira para atender até 99.500 pessoas com geração de energia anual entre 7,2 TWh e 11,4 TWh.

Segundo Rodrigues *et al.* (2020), a tecnologia fotovoltaica flutuante instalada em extenso espelho de água, como os de reservatórios para abastecimento e de usinas hidrelétricas para operação, combinada e complementar à hidroeletricidade, representa alternativa com grande potencial para compensar os pontos de vulnerabilidade da geração hidroelétrica e otimizar a produção de energia de ambos os sistemas. Além desses desafios, estudos realizados por Carvalho (2020), apontaram a ocorrência de acidentes e desastres naturais, especialmente os relacionados a eventos meteorológicos, como possíveis entraves na implementação de uma usina solar fotovoltaica flutuante com a previsão de geração mensal de energia de aproximadamente 108.524,26 kWh, suficiente para atender às necessidades de mais de 730 residências.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Por se tratar de uma pesquisa exploratória, bibliográfica e documental, este trabalho foi realizado, por meio de consultas a bibliotecas virtuais sobre o tema, livros técnicos, sites especializados, trabalhos acadêmicos e legislações específicas, dentre outros.

A metodologia empregada consistiu em, inicialmente, fazer um comparativo da capacidade instalada de Alagoas e sua capital, Maceió, com os demais Estados Brasileiros. Posteriormente, abordou-se brevemente, os preços dos equipamentos no mercado Alagoano e a redução dos mesmos, em virtude da grande oferta de produtos e serviços, bem como, das facilidades de financiamento para aquisição dos sistemas fotovoltaicos.

Para verificar dados sobre a energia solar, estudando sua implantação, evolução e custos de instalação em Maceió, esta trabalho foi dividido em duas partes: a primeira parte, foi apresentado um fluxograma abordando todas as etapas do processo que envolve a venda de um sistema fotovoltaico, desde a captação do cliente, até a instalação e funcionamento dos painéis solares. Já a segunda etapa constou da apresentação dos custos de instalação dos painéis solares a partir da simulação de um sistema solar fotovoltaico proposto para um usuário maceioense hipotético, apresentando um determinado perfil de consumo.

Para coleta de dados, necessário para a determinação das características, dimensionamento e especificações do tipo de instalação a ser empregado, foram utilizados alguns parâmetros do suposto cliente, como, por exemplo, consumo médio e valor mensal da sua conta de energia ao longo de doze meses; tipo de instalação a ser implantado o sistema fotovoltaico (residência unifamiliar ou multifamiliar, indústria, hospital) e tipo de painéis solares empregados no projeto.

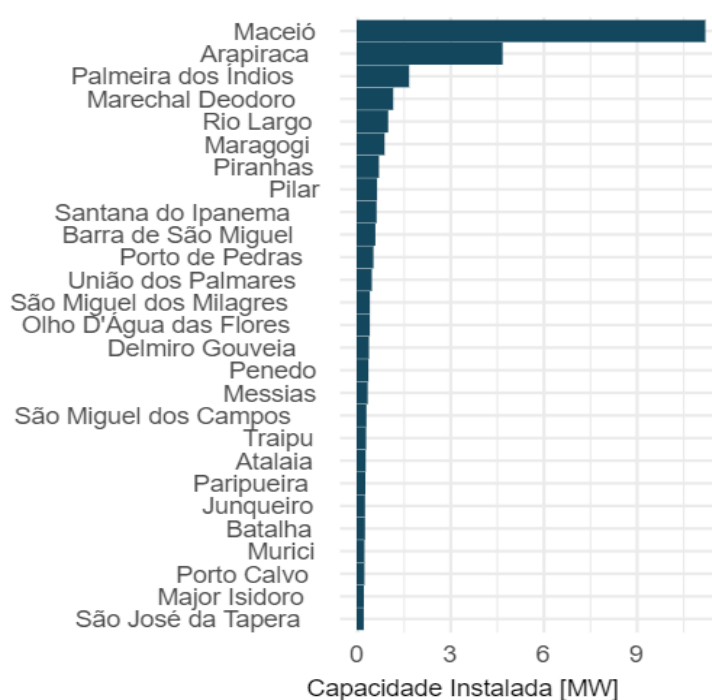
Após análises dos dados foi possível estimar os custos do sistema fotovoltaicos, necessários para atender às necessidades do usuário e todas as etapas do processo foram apresentadas utilizando-se tabelas e gráficos para uma melhor compreensão do tema tratado. Para tanto, utilizou-se o editor de planilhas Excel produzido pela Microsoft.

4 RESULTADOS

4.1 Capacidade de instalação da energia solar em Alagoas

O Gráfico 5 ilustra a capacidade de instalação de energia solar em Alagoas, em que Maceió aparece como o município com maior taxa em 2021, em virtude de sediar a maioria das empresas e apresentar um maior alcance de divulgação sobre energia solar.

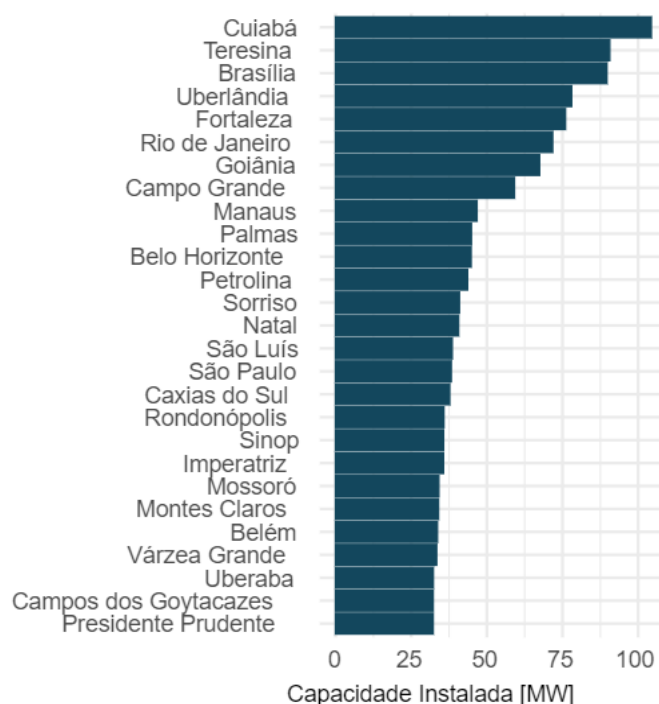
Gráfico 5 - Municípios alagoanos e a capacidade instalada



Fonte: EMPRESA DE PESQUISAS ENERGÉTICAS - EPE (2022)

Em 2022, houve um crescimento na procura pela adesão à energia solar e os consumidores maceioenses de diferentes perfis (residencial, comercial, industrial e da zona rural) passaram a contratar empresas especializadas, somando neste ano um total de 9.274 unidades consumidoras. Isto significa um aumento de 64% em comparação a 2021, quando 5.655 optaram pela energia solar, conforme dados da Aneel (BORGES, 2022). Porém, mesmo com este crescimento, nenhum município Alagoano aparece entre aqueles que apresentam maior capacidade no Brasil, como está evidenciado no Gráfico 6.

Gráfico 6 - Municípios com maior capacidade instalada no Brasil

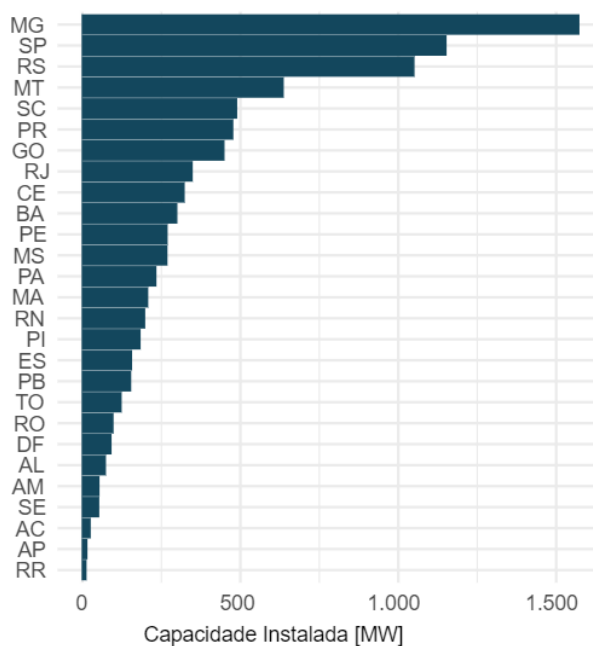


Fonte: EPE (2022)

O Gráfico 7 apresenta a participação dos estados brasileiros quanto à capacidade de instalação de energia solar, destacando-se a liderança de Minas Gerais neste setor. Segundos dados apresentados pelo governo local (2022), desde 2019, já foram investidos mais de R\$ 50 bilhões em energia solar fotovoltaica e como forma de atrair empresas para a região, desde 2021, há isenção de tributos para importação de equipamentos e componentes para a geração de energia solar e eólica em Minas Gerais (AGÊNCIAMINAS, 2022). O protagonismo do Estado na geração de energia solar é visto como um reflexo das políticas públicas de atração de investimentos e da melhoria do ambiente de negócios.

Em relação à Alagoas, observa-se que o estado ocupava a 25ª posição em 2021, mesmo sendo uma localidade com potencial para geração desse tipo de energia.

Gráfico 7 - Estados brasileiros com maior capacidade instalada



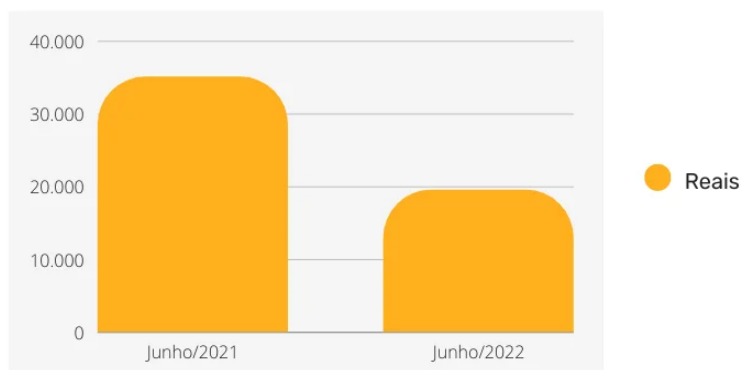
Fonte: EPE (2022)

4.2 A evolução do mercado e a redução de preços dos equipamentos em Maceió

Com a alta do custo da energia elétrica e a necessidade constante de expansão do sistema hidrelétrico, a demanda por fontes de energia sustentável passou a aumentar principalmente a partir de 2016 (SOLFÁCIL, 2022). Este impulso na demanda considerou, também, a redução nos preços das peças que compõem um sistema fotovoltaico, conforme estudo realizado pela consultoria Greener (2022). Neste contexto, um sistema para atender a demanda de energia de uma residência com 4 pessoas, custava R\$ 35.080,00 em junho de 2016. Em 2021, o valor pago pelo mesmo projeto foi de R\$ 19.520,00, uma redução de 40% (SOLFÁCIL, 2022), conforme apresentado no Gráfico 8.

As facilidades no pagamento não se limitam ao valor acessível, mas incluem, também, as possibilidades oferecidas pelo mercado, já que atualmente muitas *fintechs*¹ e bancos já oferecem oportunidades de financiamento para obtenção de sistemas fotovoltaicos.

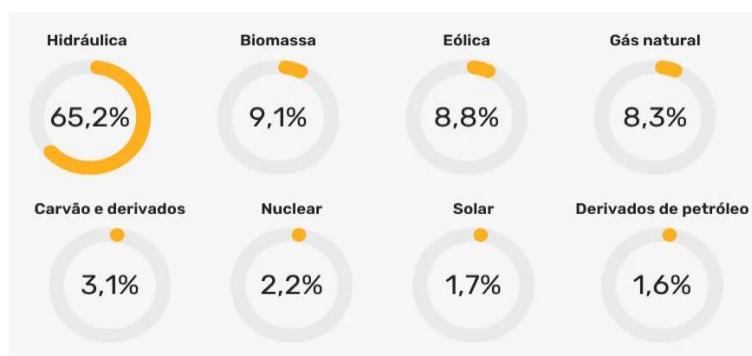
Gráfico 8 - Preço dos equipamentos de energia solar



Fonte: SOLFÁCIL (2022)

Segundo o Relatório “Síntese do Balanço Energético Nacional” da EPE (2021), 82,9% da energia elétrica brasileira advém de fontes renováveis. A maior participação ainda vem das hidrelétricas, com 65,2%, seguida pela biomassa (9,1%) e eólica (8,8%), conforme pode ser verificado no Gráfico 9. Observa-se ainda, que a energia solar representa aproximadamente 1,7%, da nossa matriz, mas, os fatores acima descritos, aliados a presença de sol em grande parte do Brasil, com maiores incidências nas regiões norte e nordeste, foram fatores determinantes para a massificação desta fonte de energia.

Gráfico 9 - Espaço da energia solar na matriz brasileira



Fonte: SOLFÁCIL (2022)

Fintech são empresas que desenvolvem produtos financeiros totalmente digitais.

Independente do perfil do consumidor, investir em tecnologia solar é viável economicamente e saudável para o meio ambiente, com estimativa de um retorno de, em média 20% e até 25% ao ano, sobre o capital investido, dependendo da região. O valor investido no sistema retorna para o comprador por meio da economia na conta de luz, e pode levar cerca de 4 anos para começar a dar lucros, como está evidenciado no Gráfico 10.

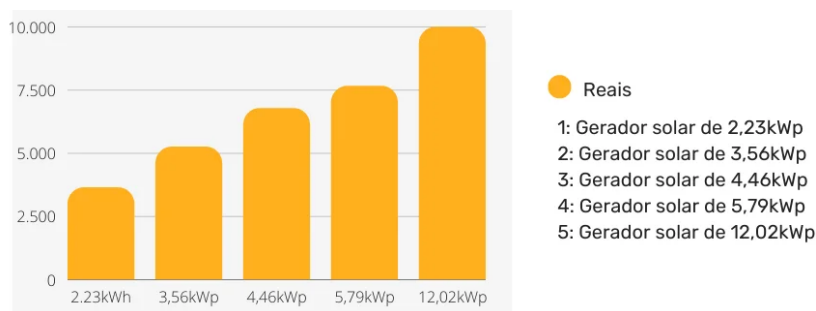
Gráfico 10 - Retorno de investimento em tecnologia solar



Fonte: SOLFÁCIL (2022)

O custo de um sistema fotovoltaico varia de acordo com diversos fatores como, complexidade e tamanho da instalação. Além disso, também é preciso considerar que o investimento envolve a compra do equipamento e o serviço de instalação pela empresa contratada para realizá-lo. Em imóveis de pequenas dimensões, por exemplo, o valor de um sistema fotovoltaico, oscilava entre R\$ 12.000,00 e R\$ 15.000,00 em 2021, conforme descrição no Gráfico 11, considerando a potência do gerador.

Gráfico 11 - Custo médio para instalação de um sistema fotovoltaico em 2021



Fonte: SOLFÁCIL (2022)

4.3 Venda de um sistema de geração de energia solar fotovoltaico

No funcionamento de uma empresa, o cliente é a razão da sua existência. A partir desta premissa e disputando um mercado cada vez mais competitivo, empresas que comercializam sistemas fotovoltaicos, assim como outras instituições, tentam atrair clientes, oferecendo serviços especializados e com preços mais atrativos.

Na venda de um sistema de geração de energia solar fotovoltaica, o processo começa com a captação de clientes de diversas formas: por meio da Internet, porta a porta, redes sociais e indicação.

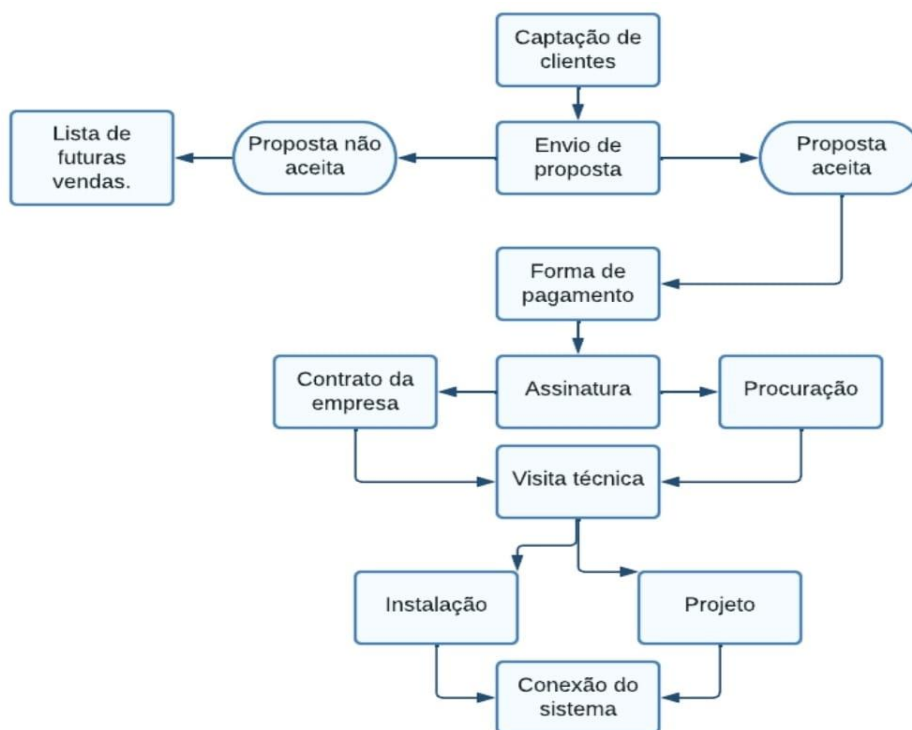
A partir de um encontro entre o representante legal da empresa e um potencial cliente, e após serem ouvidos os motivos pelos quais ele busca na instalação dos sistemas fotovoltaicos a solução para os seus problemas, inicia-se o trâmite formal para análise da situação.

Inicialmente, é feita uma verificação de diversas contas de energia do potencial cliente, observando-se o consumo médio mensal, para a partir dos dados disponíveis, elaborar uma proposta que atenda as suas necessidades. Uma vez enviada a proposta, duas possibilidades poderão ocorrer: o interessado desistir do negócio e, neste caso, a proposta é arquivada na “lista de futuros clientes” ou, em caso de concordância, o processo prossegue, sendo solicitada toda a documentação do cliente para efetivação do negócio.

Uma vez formalizado o negócio por meio da assinatura do contrato e de uma procuração, uma equipe especializada da empresa faz uma visita técnica ao local onde o sistema fotovoltaico será instalado. Após avaliação do local e mediante obtenção de informações relevantes colhidas no local, é feito o dimensionamento do

projeto e posteriormente efetua-se a instalação e conexão do sistema fotovoltaico. Para melhor entendimento, toda a dinâmica anteriormente descrita é apresentada, de forma sucinta, no Fluxograma da Figura 12.

Figura 13 - Fluxograma do processo de venda de um sistema fotovoltaico



Fonte: AUTOR

4.4 Perfil do usuário a partir da análise das contas

Na determinação do perfil de um usuário e posterior dimensionamento do sistema fotovoltaico, inicialmente, foi feita uma análise das contas de energia, determinando-se a média de consumo no período estudado. No caso do cliente hipotético deste trabalho, foram utilizadas como base para os cálculos de média de consumo, contas de energia residencial relativas a um ano, conforme apresentado no Quadro 1.

A partir da análise do consumo mensal do cliente, foi possível fazer uma previsão média do seu consumo anual (5965 kWh/ano), bem como, a previsão média do consumo mensal (aproximadamente 500 kWh/mês).

Quadro 1 - Histórico de consumo dos 12 meses de um cliente hipotético

Meses do Ano	Consumo de energia (kWh/mês)
1. Janeiro	500
2. Fevereiro	490
3. Março	480
4. Abril	510
5. Maio	470
6. Junho	520
7. Julho	500
8. Agosto	495
9. Setembro	480
10. Outubro	520
11. Novembro	470
12. Dezembro	530
MÉDIA DE CONSUMO	497,0833 kWh/mês

Fonte: AUTOR

Uma vez dimensionado o consumo médio mensal (500 kWh/mês), e para comparação de preços, foram feitos orçamentos considerando todo o processo, conforme foi apresentado no fluxograma da Figura 12, desde a venda dos equipamentos até a conexão do sistema à rede de distribuição.

Por meio da ferramenta Excel e utilizando dados disponibilizados pela Zontech Engenharia Ltda, foram elaboradas os Quadros 2 - 4, entre os anos de 2021 e 2023. Em uma análise geral, os referidos quadros trazem na primeira coluna uma descrição dos itens considerados na composição dos orçamentos, acompanhados do respectivo valor monetário e o percentual de cada gasto, tanto para os custos fixos (comissão e impostos), quanto para os variáveis (lucro e desconto).

Quadro 2 - Orçamento realizado em 2021 para um sistema de 500 kWh/mês

CLIENTE	Custo/módulo (R\$)	Valor (R\$)	Percentual
EQUIPAMENTO		12.700,00	
INSTALAÇÃO	55,00	495,00	3%
HOMOLOGAÇÃO	32,00	288,00	2%
COMISSÃO		569,82	3%
IMPOSTO ISS		849,71	14%
MATERIAL CA		2.000,00	11%
LUCRO LIQUIDO		2.091,59	11%
VALOR FINAL		18.994,12	
VALOR FINAL COM DESCONTO		18.424,30	
LUCRO COM DESCONTO		1.521,77	8%
CUSTO TOTAL		16.902,53	89%

Fonte: Adaptado pelo Autor, a partir de dados fornecidos pela Zontech Engenharia Ltda.

Quadro 3 - Orçamento realizado em 2022 para um sistema de 500 kWh/mês

CLIENTE	Custo/módulo (R\$)	Valor (R\$)	Percentual
EQUIPAMENTO		11.700,00	
INSTALAÇÃO	55,00	495,00	3%
HOMOLOGAÇÃO	32,00	288,00	2%
COMISSÃO		524,96	3%
IMPOSTO ISS		782,80	14%
MATERIAL CA		2.000,00	11%
LUCRO LIQUIDO		1.707,76	10%
VALOR FINAL		17.498,52	
VALOR FINAL COM DESCONTO		16.973,56	
LUCRO COM DESCONTO		1.182,81	7%
CUSTO TOTAL		15.790,76	90%

Fonte: Adaptado pelo Autor, a partir de dados fornecidos pela Zontech Engenharia Ltda.

Quadro 4 - Orçamento realizado em 2023 para um sistema de 500 kWh/mês

CLIENTE	Custo/módulo (R\$)	Valor (R\$)	Percentual
EQUIPAMENTO		10.700,00	
INSTALAÇÃO	55,00	495,00	3%
HOMOLOGAÇÃO	32,00	288,00	2%
COMISSÃO		480,09	3%
IMPOSTO ISS		715,89	14%
MATERIAL CA		2.000,00	12%
LUCRO LIQUIDO		1.323,94	8%
VALOR FINAL		16.002,92	
VALOR FINAL COM DESCONTO		15.522,83	
LUCRO COM DESCONTO		843,85	5%
CUSTO TOTAL		14.678,98	92%

Fonte: Adaptado pelo Autor, a partir de dados fornecidos pela Zontech Engenharia Ltda.

Os valores apresentados no item “Equipamentos” foram fornecidos pela empresa distribuidora de sistemas fotovoltaicos, e incluíram: módulo fotovoltaico monocristalino 450 W, inversor, conectores, cabos, string box, trilhos e parafusos. Já os disjuntores e cabos de corrente alternada estão incluído nos custos designados por “Material CA”.

A partir da potência do módulo fornecida pelo fabricante, da média diária de radiação solar útil (5h) e da perda de 20% do rendimento do sistema fotovoltaico conectado à rede (*on grid*), foi possível determinar o cálculo da energia gerada por uma placa solar, por meio da Equação 1.

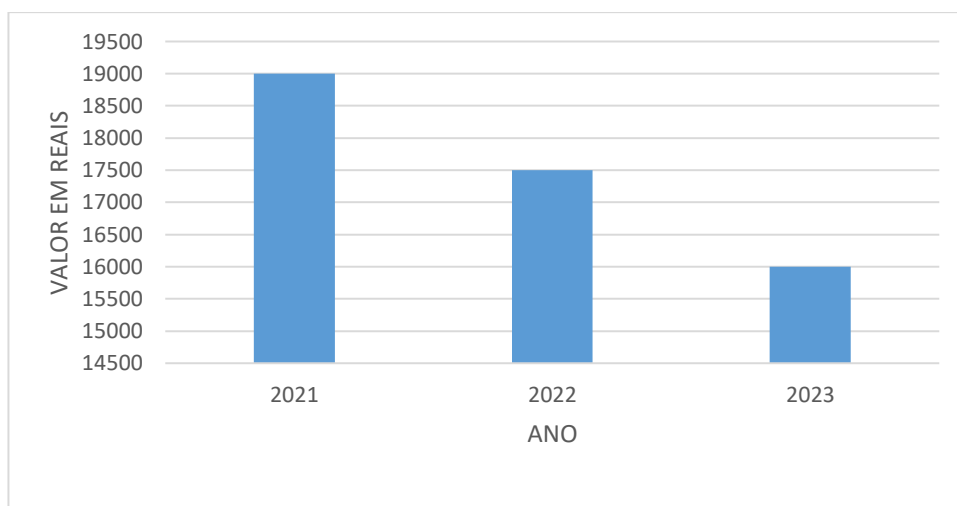
$$E = (\text{potência do módulo solar}) \times (5,35\text{h}) \times (1 - 0,2) \times (30 \text{ dias}) \quad (1)$$

Uma vez calculada a energia gerada para uma placa solar, determinou-se a geração de energia do módulo solar em um mês (em kWh) e, então, por meio da razão entre o consumo médio do cliente (500kWh) e a geração mensal da placa, obteve-se o número de painéis solares necessários para o efetivo funcionamento do sistema fotovoltaico (9 painéis). Desta forma, em uma residência hipotética cujo consumo mensal é de 500kwh, para geração de energia fotovoltaica, é necessário um sistema composto por 9 módulos solares, com potência de 4050 Wp ou 4,05 kWp.

Analisando-se os preços dos painéis solares entre os anos de estudos considerados, percebe-se uma redução de 15,75% no valor dos equipamentos, quando comparado os preços praticados entre 2021 e 2023. Esta diferença nos custos dos painéis é decorrente de fatores, como: concorrência entre empresas do setor, aumento da quantidade de empresas fabricantes de painéis e maior procura por energia fotovoltaica, em virtude dos incentivos ofertados pelos governos em diferentes esferas. Soma-se a isto, a maior oferta de mão de obra disponível, contribuição do curso de Engenharia de Energia da UFAL que, desde 2019, forma profissionais qualificados e habilitados para atuarem no setor.

Analisando-se os orçamentos realizados para a consumo de energia em questão, observou-se o impacto gerado pela redução do preço dos painéis no custo final do sistema fotovoltaico. Considerando o valor total pago pelo cliente em 2021, (R\$ 18.424,30) e aquele praticado em 2023 (R\$ 16.002,92), percebe-se uma redução em torno de 13,15% (Gráfico 12).

Gráfico 12 – Análise comparativa do valor pago para implantação de um sistema fotovoltaico (500kWh) no período de 2021-2023.



Fonte: AUTOR

Com tendência a queda de preço no mercado, além de atrativa para o cliente, a energia fotovoltaica torna-se uma tecnologia acessível para diferentes classes sociais. Por outro lado, no intervalo de tempo considerado, embora mantido os percentuais incidentes para a maioria dos custos que compõem os orçamentos, evidencia-se o efeito da competitividade e expansão das empresas do setor fotovoltaico, na redução percentual do seu lucro líquido, com valores de 11%, 10% e 8%, respectivamente, para os anos de 2021, 2022 e 2023.

Em relação ao item que trata da “Instalação” o valor orçado, (R\$ 55,00) refere-se a despesa por módulo fotovoltaico a ser instalado, enquanto em “Homologação”, o valor de R\$ 32,00/módulo, diz respeito a despesas com os trâmites exigidos pela concessionária de energia elétrica do estado para recebimento do projeto de instalação dos módulos fotovoltaicos.

5. CONCLUSÃO

O Brasil, apesar de possuir uma matriz energética solar promissora e contar com incentivos disponibilizados pelos governos em diferentes esferas, não consta no *ranking* dos que mais produzem energia fotovoltaica no mundo. Em Alagoas, a capital é o município com maior capacidade de instalação até o momento, mas não ocupa posição nacional na geração de energia distribuída, mesmo tendo potencial.

Em Maceió, a contratação de empresa especializada na montagem de painéis solares registrou aumento na demanda, reflexo também, da Lei do Marco Legal da Geração Distribuída, que entrou em vigor em janeiro de 2023. Para atender às necessidades deste mercado promissor, faz-se necessário a formação de profissionais especializados para atuarem na área, como (engenheiros de energia, engenheiros eletricitas, e de produção e técnicos em montagem de painéis solares), o que é bastante positivo, considerando o período pós Covid e as dificuldades enfrentadas no mercado de trabalho.

Como fonte energética limpa e reutilizável, a energia solar fomenta a sustentabilidade, valoriza o imóvel, e reduz o pagamento da conta de energia, fatores estes que vem impulsionando o mercado a investir em equipamentos e linhas de crédito para adesão ao sistema fotovoltaico. Os resultados mostraram que, impulsionado pela concorrência entre empresas e inclusão de novas tecnologias, os preços dos equipamentos estão decaindo a cada ano e, com isso, possibilitando que pessoas com poder econômico diferentes possam ter acesso a este tipo de tecnologia, proporcionando-lhes economia e uma qualidade de vida melhor.

Apesar das dificuldades encontradas no levantamento de dados relacionados à evolução comercial, ambiental e social da adesão à energia solar em Alagoas, os conhecimentos desenvolvidos neste trabalho podem servir de base teórica para pesquisas e novos estudos sobre o assunto no Estado.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIAMINAS. **Minas Gerais atinge 3 GW em potência instalada de energia fotovoltaica**. Disponível em: <https://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/minas-gerais-atinge-3-gw-em-potencia-instalada-de-energia-fotovoltaica>. Acesso em: 20 de jan. 2023

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Resolução Normativa (RN) 482/2012**. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=342518>. Acesso em: 18 de ago. 2022..

ALAGOAS. **Decreto nº 50451 de 26/09/2016**. Altera o Regulamento do ICMS, aprovado pelo Decreto Estadual nº 35.245, de 26 de dezembro de 1991, para introduzir as disposições do Convênio ICMS 16, de 22 de abril de 2015, com adesão pelo Estado de Alagoas por meio do Convênio ICMS 157, de 18 de dezembro de 2015. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=329062>. Acesso em: 01 nov. 2022.

ALAGOAS. **LEI nº 8315 de 22 DE SETEMBRO DE 2020**. Dispõe sobre o aproveitamento da energia solar e instalação de painéis fotovoltaicos de energia elétrica para diminuição de gastos públicos e sustentabilidade das escolas e hospitais da rede pública estadual. Disponível em: https://sapl.al.al.leg.br/media/sapl/public/normajuridica/2020/1880/lei_no_8.315_de_22_de_setembro_de_2020..pdf. Acesso em: 05 de out. 2022

ALAGOAS NOTÍCIA BOA – ALNB, 2022. **Fonte solar de energia supera Hidrelétrica de Itaipu pela 1ª vez no país**. Disponível em: <https://alnb.com.br/brasil/fonte-solar-de-energia-supera-hidreletrica-de-itaipu-pela-1a-vez-no-pais/>. Acesso em: 01 nov. 2022.

ALVES, M. de O. L. **Energia solar: estudo da geração de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid**. 2019. 75 f. Trabalho de Conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica), Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP, João Monlevade, MG, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR - ABSOLAR. **Panorama da solar fotovoltaica no Brasil e no mundo**, 2023. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>. Acesso em: 01 nov. 2022.

BADRA, M. Energia solar cresce 150% em Alagoas em 2020. **Canal Solar**, 2021. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/energia-solar-cresce-150-em-alagoas-em-2020/>. Acesso em: 01 nov. 2022.

BLUESOL ENERGIA SOLAR. **Energia Solar em Maceió: 3 Razões para Você Começar a Gerar Sua Própria Energia**, 2021. Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/energia-solar-maceio/>. Acesso em: 01 nov. 2022.

BLUESOL ENERGIA SOLAR. **Painel Solar Flexível: Conheça A Nova Invenção do Mercado**, 2017. Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/painel-solar-flexivel/>. Acesso em: 28 mar. 2023

BORGES, H. Uso de energia solar aumenta 64% este ano em Alagoas. **Gazeta de Alagoas**, 2022. Disponível em: <https://d.gazetadealagoas.com.br/economia/390587/uso-de-energia-solar-aumenta-64-este-ano-em-alagoas>. Acesso em: 01 nov. 2022.

BRASIL. **Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022**. Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS); altera as Leis nºs 10.848, de 15 de março de 2004, e 9.427, de 26 de dezembro de 1996; e dá outras providências. 2022a. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/l14300.htm. Acesso em: 01 nov. 2022.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Reservatórios de hidrelétricas têm melhora e custos para geração de energia diminuem**. 2022b. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/reservatorios-das-hidreletricas-tem-melhora-e-custos-para-geracao-de-energia-diminuem>. Acesso em: 01 nov. 2022.

BRASIL. ANEEL. **Resolução Normativa Nº 482/2012** - Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. 2012.

BRASIL geração de energia solar ultrapassa hidreletrica de itaipu. **Livre [online]**. 16/03/2022. Negócios. Disponível em : <https://olive.com.br/brasil-geracao-de-energia-solar-ultrapassa-hidreletrica-de-itaipu> . Acesso em 25 fev. 2023

CARDOSO, L. Alagoas alcança 81% do uso de energia com recursos renováveis. **SolarPro**, 2020. Disponível em: <https://solarproengenharia.com/detalhes-noticia/alagoas-alcanca-81-do-uso-de-energia-com-recursos-renovaveis>. Acesso em: 01 nov. 2022.

CARVALHO, T. F. **Estudo sobre usinas solares flutuantes em reservatórios de água no Brasil: estudo de caso no rio Mossoró**. 2020. 11 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica), Centro de Engenharias, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, Rio Grande do Norte, 2020.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA AS ENERGIAS SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE S. BRITO – CRESESB. **Tutorial de Energia Solar Fotovoltaica**. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=291. Acesso em: 20 de ago. 2022.

CHAN, L. **Como a célula fotovoltaica funciona**. Universidade Federal do Paraná – UFPR, 2000. Disponível em: <https://www.google.com/search?q=universidade+federal+do+parana&oq=universidad>

e+federal+do+parana&aqs=chrome..69i57j46i512j0i512l7.6448j0j9&sourceid=chrome&ie=UTF-8 . Acesso em: 16 mar. 2023.

CORREIO DOS MUNICÍPIOS. Financiamento e consórcio para energia solar impulsionam o consumo sustentável. **Correio dos Municípios**, 2022. Disponível em: <https://www.correiodosmunicipios-al.com.br/2022/05/financiamento-e-consorcio-para-energia-solar-impulsionam-o-consumo-sustentavel/>. Acesso em: 01 nov. 2022.

(CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA, CREA. Fiscalização do Crea-AL prepara força-tarefa com alvo em empresas de energia solar. **CREA-AL**, 2022. Disponível em: <https://www.crea-al.org.br/2022/04/fiscalizacao-do-crea-al-prepara-forca-tarefa-com-alvo-em-empresas-de-energia-solar/>. Acesso em: 01 nov. 2022.

DA LUZ JUNIOR, V. L. R. **Processo de implantação de uma usina solar fotovoltaica localizada no Município de Porto Nacional – Tocantins**. 2022. 79 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Tocantins, Palmas/TO, 2022.

DIAS, C. M. **Usinas Fotovoltaicas Flutuantes Como Alternativa de Geração de Energia e Redução de Evaporação no Sistema Cantareira de Abastecimento de São Paulo**. 2021. 120 f. Trabalho de Conclusão (Graduação em Engenharia Mecânica), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ, 2021.

ECONODATA - **Maiores Empresas de Energia Solar em Maceió**, AL. Disponível em: <https://www.econodata.com.br/maiores-empresas/al-maceio/energia-solar>. Acesso em: 01 nov. 2022.

ENERGIA SOLAR fotovoltaica Brasil e o 4º país que mais cresceu em 2021. **EXAME [online]**, 2022. Disponível em: <https://exame.com/esg/energia-solar-fotovoltaica-brasil-e-o-4o-pais-que-mais-cresceu-em-2021/> . Acesso em 25 Fev. 2023

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Painel de Dados de Micro e Minigeração Distribuída**, 2022. Disponível em: <http://shinyepe.brazilsouth.cloudapp.azure.com:3838/pdgd/>. Acesso em: 01 nov. 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE **Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional**, 2021. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-631/BEN_S%C3%ADntese_2022_PT.pdf . Acesso em: 10 de nov. 2022.

GALDINO, J. C. G. **Análise crítica entre dois softwares de dimensionamento e simulação fotovoltaicos**. 2016. 63 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Campina grande, Paraíba, 2016.

GUIMARÃES, A. C. C. **Estudo comparativo entre painéis solares orgânicos fotovoltaicos (opv) e painéis solares de silício utilizando os softwares pvsyst® e setfos®**. 2021. 38 f. Monografia (Curso Bacharelado em Engenharia Civil).

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2021.

GUIARRARA, P. Alagoas. **Brasil Escola**. 2022 Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/brasil/alagoas.htm>. Acesso em: 01 nov. 2022.

GREENER. **Estudo Estratégico: Geração Distribuída 2022. Mercado Fotovoltaico**. 1º Semestre de 2022. Disponível em: <https://www.greener.com.br/estudo/estudo-estrategico-geracao-distribuida-2022-mercado-fotovoltaico-1-semester/>. Acesso em: 01 nov. 2022.

HEIN, H. Energia solar vai triplicar de tamanho no mundo até 2027. **Canal Solar**, 2022. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/energia-solar-vai-triplicar-de-tamanho-no-mundo-ate-2027/>. Acesso em: 16 mar. 2023.]

IMHOFF, J. **Desenvolvimento de conversores estáticos para sistemas fotovoltaicos autônomos**. 2007. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2007.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). **Atlas global**, 2021. Disponível em: https://globalatlas.irena.org/workspace?_gl=1*6c0br8*_ga*MjA3ODM3NDcwNy4xNjUwNDIyNDM0*_ga_7W6ZEF19K4*MTY3NzZmZODU0NS4xLjEuMTY3NzZmZOTY3Ni42MC4wLjA. Acesso em 25 fev. 2023

LGL SOLAR. **Curso de Energia Solar Presencial em Maceió**, 2022. Disponível em: <https://lglsolar.com/curso-de-energia-solar-presencial-em-maceio/>. Acesso em: 01 nov. 2022.

LINO, E. C. **Energia solar fotovoltaica: viabilidade na geração de energia limpa no semiárido alagoano**. 2021. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Unidade Delmiro Gouveia - Campus do Sertão, Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, 2021.

LUZ SOLAR. **Energia Solar Maceió Alagoas. Energia Solar, 2018. Disponível em:** <https://luzsolar.com.br/energia-solar-maceio/>. Acesso em: 01 nov. 2022.

MARQUES, S. R. de S. **Análise do uso de energia solar fotovoltaica: estudo de caso no município de São do Belmonte (PE)**. 2019. 54f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em bacharelado em Ciências Econômicas) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE. 2019.

MATAVELLI, A. C. **Energia solar: geração de energia elétrica utilizando células fotovoltaicas**. 2013. 34 f. Monografia (Graduação em Engenharia Química) - Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo – EEL/USP, Lorena, São Paulo, 2013.

MEDEIROS, R.C. S. de. **Estudo sobre a importância da produção elétrica com painéis solares no meio ambiente**. 2022. 36 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Ambiental, Natal, RN, 2022.

MINHA CASA SOLAR. 06 TIPOS DE PAINÉIS SOLARES PARA VOCÊ

ESCOLHER. Minha Casa Solar, 2018. Disponível em:

<http://blog.minhacasasolar.com.br/tipos-de-paineis-solares/>. Acesso em: 28 mar. 2023

NEXO. O crescimento da energia solar no Brasil. E o seu futuro. **Nexo**, 2022.

Disponível em: <https://www.nexojornal.com.br/expresso/2022/09/29/O-crescimento-da-energia-solar-no-Brasil.-E-o-seu-futuro>. Acesso em: 01 nov. 2022.

OLIVEIRA, H. E. **Tecnologia Fotovoltaica em filmes finos (películas delgadas).**

Especialização (especialização “Lato Sensu” em Formas Alternativas de Energia), Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, p . 13, 2008.

OLIVEIRA, O. G.; OLIVEIRA, R. H. de; GOMES, R. O. Energia solar: um passo para o crescimento. **REGRAD, UNIVEM/Marília-SP**, v. 10, n. 1, p 377 - 389, outubro de 2017.

OLIVEIRA JUNIOR, M. de. **A energia solar fotovoltaica e suas contribuições nas demandas energéticas do Brasil.** 2018. 62 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. A. de. **Análise e cálculo do potencial de geração solar fotovoltaica das áreas em desertificação no estado do Ceará.** 2022. 62 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2022.

PASSOS, A. de S. **O uso do sistema fotovoltaico como alternativa energética em residências de médio padrão na cidade de Igaratá (SE).** 2021. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – UniAGES, Paripiranga, Bahia, 2021.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R. ; COSTA, R. S.; De LIMA, F. J. L. ; RÜTHER, R. ; De ABREU, S.L. ; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V. ; De SOUZA, J. G. . **Atlas brasileiro de energia solar**, 2.ed. - São José dos Campos (SP) : INPE, 2017. 88p. (E-BOOK)

PINHEIRO, C. **Estado de Alagoas inaugura primeira usina solar.** Portal Solar, 2020. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/usinas-de-energia-solar/estado-de-alagoas-inaugura-primeira-usina-solar.html>. Acesso em: 01 nov. 2022.

PINHO, J. T (Org.); GALDINO, M. A. (Org.). Grupo de trabalho de Energia Solar – GTES; CENTRO DE REFERÊNCIA PARA AS ENERGIAS SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE S. BRITO – CRESEB; CEPEL. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaico.** Rio de Janeiro, 2014.

PORTAL ENERGIA. **Principais tipos de células fotovoltaicas constituintes de painéis solares**, 2019. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/principais-tipos-de-celulas-fotovoltaicas-constituientes-de-paineis-solares/>. Acesso em: 01 nov. 2022.

PORTAL SOLAR. **Maceió terá primeira escola municipal abastecida por energia solar. Portal Solar**, 2021. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-renovavel/maceio-tera-primeira-escola-municipal-abastecida-por-energia-solar.html>. Acesso em: 01 nov. 2022.

REZENDE, J. O (Org). **A importância da energia solar para o desenvolvimento sustentável**. Belo Horizonte. Atena Editora, 2019.

RODRIGUES, P. S. F. Plataforma Fotovoltaica Flutuante de Sobradinho (BA) – Desafios e Estratégias de Implantação. In: **Congresso Brasileiro de Energia Solar**, 8, Fortaleza-CE. Anais...XIII CBENS, 2020.

RODRIGUES, R. **Energia renovável e Sustentável**, 2021. Disponível em: <https://solareolicarenovavel.com/filmes-fotovoltaicos-organicos-opv-chegou-ao-brasil-e-promete-mudar-o-ramo-de-energia-renovavel-e-competir-com-os-paineis-fotovoltaicos-da-energia-solar/>. Acesso em: 15 de mai. 2022

ROSANA, K.N, 2013. **Desempenho de Painéis Solares Mono e Policristalinos em um Sistema de Bombeamento de Água**. 2013. 44 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Paraná, 2013.

SANTANA, R. J. **Desenvolvimento de filme fino de a-Si: H por pulverização catódica para aplicações fotovoltaicas**. 2011. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – REDEMAT (Rede Temática em Engenharia de Materiais – UFOP, CETEC, UEMG), Ouro Preto, Minas gerais, 2011.

SANTOS, Í. P. dos. **Integração de painéis solares fotovoltaicos em edificações residenciais e sua contribuição em um alimentador de energia de zona urbana mista**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil-PPGEC, Florianópolis/SC, 2009.

SILVA, R. M. da. **Energia solar no Brasil: dos incentivos ao desafios**. Núcleo de Estudos e Pesquisas da Consultoria Legislativa /CONLEG/Senado, 2015. Disponível em: www.senado.leg.br/estudos. Acesso em: 20 de jun. 2022

SILVA, A. da.; LIMA, M. F. de; COELHO, F. P.; SANTOS, A. J. Dos. Energia solar fotovoltaica: estudo da diversificação da matriz energética brasileira com a inserção de usinas fotovoltaicas na superfície das represas das hidrelétricas. **ForScience**, Formiga, v. 10, n. 1, e00764, jan./jun. 2022.

SIQUEIRA, D. C. S. de; SOUSA, V. D. de A.; LESS, D. F. da S. Sistema fotovoltaico flutuante, principais entraves e desafios de implantação no Brasil: uma revisão de literatura. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 1, e45311125084, 2022.

SOLFÁCIL. 10 gráficos sobre energia solar que você precisa ver. **Solfácil**, 2022. Disponível em: <https://blog.solfacil.com.br/energia-solar/graficos-sobre-energia-solar-que-voce-precisa-ver/>. Acesso em: 01 nov. 2022.

SOLSTÍCIO ENERGIA. **Como funciona uma célula fotovoltaica?**, 2017. Disponível em: <https://www.solsticioenergia.com/2017/08/17/como-funciona-celula-fotovoltaica/>. Acesso em: 01 nov. 2022.

TRIBUNA INDEPENDENTE. **Cresce procura por energia solar em Alagoas**. Tribuna Independente, 2022. Disponível em: <https://tribunahoje.com/noticias/economia/2022/10/22/110908-cresce-procura-por-energia-solar-em-alagoas>. Acesso em: 01 nov. 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL, CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS – CECA. **Projeto Pedagógico do Curso de Graduação em Engenharia de Energia** (PPC). Rio Largo, Alagoas, 2019.

VILLAVA, M. **ENTENDA OS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS BIFACIAIS**. Canal Solar, 2019a. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/modulos-fotovoltaicos-bifaciais/>. Acesso em: 28 mar. 2023.

VILLAVA, M. **MÓDULOS FOTOVOLTAICOS HALF-CELL**. Canal Solar, 2019b. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/modulos-fotovoltaicos-half-cell/>. Acesso em: 28 mar. 2023.

XPOENTS INSIGHTS. **Alagoas: Um Paraíso da Energia Renovável**, 2021. Disponível em: <https://xpoents.com.br/alagoas-paraíso-energia-renovável/>. Acesso em: 01 nov. 2022.