



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CURSO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

HUGO VINÍCIUS LEITE QUEIROZ

FABRICAÇÃO DE UM PAINEL FOTOVOLTAICO.

CARAÚBAS

2023

HUGO VINÍCIUS LEITE QUEIROZ

FABRICAÇÃO DE UM PAINEL FOTOVOLTAICO.

Trabalho de conclusão de curso apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof.^a Dra. Ana Tereza de Abreu
Lima.

CARAÚBAS

2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

QH895 Queiroz, Hugo Vinícius Leite Queiroz.
f Fabricação de um Painel Fotovoltaico / Hugo
Vinícius Leite Queiroz Queiroz. - 2023.
65 f. : il.

Orientadora: Ana Tereza de Abreu Lima Ana
Tereza de Abreu Lima.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2023.

1. energia renovável. 2. energia fotovoltaica.
3. células solares. I. Ana Tereza de Abreu Lima,
Ana Tereza de Abreu Lima, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Caraúbas
Bibliotecária: Dalvanira Brito Rodrigues
CRB: 15/700

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

HUGO VINÍCIUS LEITE QUERIOZ

FABRICAÇÃO DE UM PAINEL FOTOVOLTAICO.

Trabalho de conclusão de curso apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 10/10/2023

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente



ANA TEREZA DE ABREU LIMA

Data: 19/10/2023 15:22:03-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra Ana Tereza de Abreu Lima (UFERSA)

Presidente

Documento assinado digitalmente



PEDRO NERI BANDEIRA DE SOUZA

Data: 19/10/2023 13:33:18-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

(UFERSA)

Me. Pedro Neri Bandeira de Souza

Documento assinado digitalmente



ALLYSON ARILSON LIMA FILGUEIRA

Data: 19/10/2023 08:40:05-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

(UFERSA)

Me. Allyson Arilson Lima Filgueira

Dedico esse trabalho a minha avó Neuma que recentemente se juntou ao senhor Deus. Obrigado vó, por sempre fazer o melhor para mim e sempre me conduzir ao melhor caminho. Que a senhora me abençoe e olhe por mim de onde estiver. (In Memoriam).

Dedico este trabalho a toda minha família em especial aos meus pais que tanto se esforçam e batalham para me proporcionar a oportunidade de cursar a minha primeira graduação em Ciência e Tecnologia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que sempre me deu forças para seguir firme e forte nessa trajetória, abençoando e me iluminando com sabedoria para enfrentar todas as dificuldades na busca do meu sonho.

Agradeço a minha família, em especial a minha mãe Zeine Leite e ao meu pai José Maria por acreditarem em mim e sempre fazer o possível para ver o meu melhor diante de todas as dificuldades e acima de tudo tornar esse sonho realidade. Que Deus em possa abençoar vocês com muita saúde para que, juntos, possamos conquistar vários sonhos.

Agradeço a minha namorada, Domilene Saranna e a minha irmã Thalita Suanny que estão presentes em todos os momentos me dando força para seguir firme e forte na caminhada e me apoiando em todas as decisões que venho a tomar.

Agradeço ao meu avô Guilherme, a minha avó Zenaide a minha tia Rosangela e a minha tia Claudia que diante de tudo sempre me apoiaram e me conduziram para o melhor caminho.

Agradeço a todos os meus amigos que me apoiam e dividem as aflições durante toda a minha a vida. Vocês são muito importantes em toda essa jornada. Aos amigos que a universidade pode me proporcionar, sou grato a vocês por todo conhecimento compartilhado e acima de tudo a amizade, levarei verdadeiros amigos sempre junto comigo.

Agradeço a minha orientadora Professora Ana Tereza, por se dispor enfrentar esse desafio comigo, por todo conhecimento compartilhado, pela cooperação paciência e incentivo durante a realização deste trabalho, e acima de tudo pela excelente profissional que é.

Agradeço a todos os professores que contribuíram com a minha formação acadêmica, por partilharem do seu conhecimento e acima de tudo pelas palavras de apoio e incentivo no decorrer dos últimos anos. Sem dúvidas, foram essenciais para que eu chegasse até aqui.

Por fim, mas não menos importante, agradeço a todos os servidores da Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA), que fazem o campus de Caraúbas. Por se dedicarem diariamente para manter e zelar dessa estrutura, na qual, tive a oportunidade de usufruir durante a minha graduação em Ciência e Tecnologia.

“Deus é maior, maior é deus
E quem 'tá com ele nunca está só
O que seria do mundo sem ele
Pode a dor uma noite durar
Mas um novo dia sempre vai raiar
E quando menos esperar clareou”

Diogo Nogueira

RESUMO

Nosso planeta passa por mudanças diárias e constantes, assim como pela depleção de seus recursos naturais, principalmente devido à atividade humana no meio ambiente. Torna-se necessário planejar a utilização de novas formas de geração de energia. À medida que as fontes de energia tradicionais se esgotam, a criação de tecnologias que ofereçam novos meios de aquisição de energia se tornou imperativa. Adotar uma postura pró-ativa na busca por um ambiente global mais sustentável é crucial, visando minimizar o impacto ambiental por meio da integração de fontes de energia, principalmente a fotovoltaica. Essa tecnologia, caracterizada por sua natureza renovável e ecologicamente benigna, destaca-se por sua fonte inesgotável e ausência de emissões poluentes. Nesse contexto, análises e pesquisas foram realizadas com o objetivo de projetar um painel fotovoltaico eficiente, eficaz e prático. A construção de um painel fotovoltaico envolve a criação de um dispositivo capaz de gerar eletricidade a partir da luz solar. Esse processo começa pela seleção de células solares feitas de materiais semicondutores, como o silício. Essas células são dispostas em uma estrutura plana, formando um módulo fotovoltaico, que é então conectado. Para maximizar a eficiência de conversão solar, a construção de um painel fotovoltaico exige atenção cuidadosa à qualidade do material e ao alinhamento preciso das células. Após a instalação, o painel fotovoltaico tem a capacidade de produzir energia limpa e renovável, levando à redução das emissões de carbono e à geração de energia sustentável.

Palavras-chave: energia renovável; energia fotovoltaica; células solares;

ABSTRACT

Our planet undergoes daily, constant changes and depletions of its natural resources, primarily due to human activity in the environment. It becomes necessary to plan for the utilization of new forms of energy generation. As traditional energy sources deplete, the creation of technologies that yield new means of energy acquisition has become imperative. Adopting a proactive stance in pursuit of a more sustainable global environment is crucial, aiming to minimize environmental impact through the integration of energy sources, notably photovoltaic. This technology, characterized by its renewable and environmentally benign nature, stands out for its inexhaustible source and absence of polluting emissions. In this context, analyses and research have been conducted with the goal of designing an efficient, effective, and practical photovoltaic panel. The construction of a photovoltaic panel involves creating a device capable of generating electricity from solar light. This process begins by selecting solar cells made from semiconductor materials, such as silicon. These cells are arranged in a flat structure, forming a photovoltaic module, and then connected. To maximize solar conversion efficiency, the construction of a photovoltaic panel demands careful attention to material quality and precise cell alignment. Following installation, the photovoltaic panel has the capacity to produce clean and renewable energy, leading to a reduction in carbon emissions and the generation of sustainable energy.

Keywords: renewable energy; photovoltaic energy; solar cells;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fontes de energia renovável	18
Figura 2: Esquema de funcionamento de uma Usina Hidrelétrica	19
Figura 3: Representação de uma usina maremotriz	21
Figura 4: Desenho esquemático de uma turbina Eólica.....	22
Figura 5:Energia da Biomassa – Esquema de funcionamento.....	24
Figura 6: Esquema de funcionamento de uma usina geotérmica.....	25
Figura 7: Evolução da fonte solar fotovoltaica no brasil	27
Figura 8: Processos de interação da radiação solar com os principais constituintes atmosféricos.....	29
Figura 9: Componentes da radiação solar.....	29
Figura 10: Esquema simplificado do efeito fotoelétrico em painel fotovoltaico.....	31
Figura 11: célula fotovoltaica	32
Figura 12: Célula solar monocristalina.....	33
Figura 13: Células De Silício Poli-Cristalinas.....	34
Figura 14: Células De Silício Amorfo	35
Figura 15: Composição do Módulo Fotovoltaico	36
Figura 16: Associação em Série	37
Figura 17: Associação em Paralelo.....	37
Figura 18: Esquema do sistema off-grid.....	39
Figura 19: Esquema do sistema on-grid.	40
Figura 20: Célula Fotovoltaica	41
Figura 21: Caneta de Fluxo.....	42
Figura 22: Fita de estanho.....	43
Figura 23: Material PVC	44
Figura 24: Controlador de Carga	45
Figura 25: Bateria	46
Figura 26: Fita De Estanho	47
Figura 27: Fita de estanho soldada na célula	48
Figura 28: conexão entre as células solares parte negativa	49
Figura 29: conexão entre as células solares parte positiva	49
Figura 30: Celulas solares coladas no PVC.....	49
Figura 31: Conexão do bus wire	50
Figura 32:Furos para o bus wire	51

Figura 33: Pannel solar	51
Figura 34: ligações dos fios	52
Figura 35: Sistema off-grid.....	53
Figura 36: Testes em cada linha de células.....	55
Figura 37: Medição no primeiro dia	56
Figura 38: Medição no segundo dia.....	57
Figura 39: Medição no terceiro dia.....	58
Figura 40: Medição da corrente do Pannel	60
Figura 41: Pannel conectado a bateria	61
Figura 42: Ligação da luz de LED no pannel	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Especificações técnicas célula fotovoltaica	42
Tabela 2: - Especificações técnicas célula fotovoltaica.....	43
Tabela 3: Especificações técnicas fita de estanho	44
Tabela 4: Especificações técnicas do controlador de carga.....	45
Tabela 5: Especificações técnicas da bateria	46
Tabela 6: Custo total Placa	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PNE	Plano Nacional de Energia
Si	Silício
GaAs	Arsenato de gálion
On-grid	Na rede
Off-grid	fora da rede
PVC	Policloreto de vinilo
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica.
LED	Diodo Emissor de Luz
UV	ultravioleta

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS.....	16
2.1	Gerais	16
2.2	Específicos.....	16
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
3.1	Energia Renovável	17
3.2	Energia Hídrica	18
3.3	Energia Maremotriz.....	20
3.4	Energia Eólica.....	22
3.5	Biomassa	23
3.6	Energia Geotérmica	25
3.7	Energia Solar Fotovoltaica	26
3.7.1	Radiação Solar	28
3.7.2	Efeito Fotovoltaico	30
3.7.3	Células Solares.....	31
3.7.4	Placas Solares	35
3.7.5	Tipos De Sistemas Fotovoltaicos.....	38
4	MATERIAIS E MÉTODOS	41
4.1	Materiais	41
4.1.1	Células fotovoltaicas;.....	41
4.1.2	Caneta de fluxo;	42
4.1.3	Fita de estanho;	43
4.1.4	Material para fixação do painel;	44
4.1.5	Controlador de carga;.....	44
4.1.6	Bateria;.....	46
5	DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	47
5.1	Montagem das células fotovoltaicas	47
5.2	Construção da moldura do painel	50
5.3	Conexão dos fios do painel	52
5.4	Custo total para construção do painel.....	53
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	54

6.1	Desempenho do protótipo desenvolvido.....	54
6.1.1	Primeiro dia de Testes.....	56
6.1.2	Segundo dia de Testes.....	56
6.1.3	Terceiro dia de testes	57
6.2	Comparação dos valores nominais aos valores reais	59
6.3	Funcionamento da placa na carga da bateria	61
6.4	Principais dificuldades durante a realização do experimento	62
6.5	Principais vantagens oferecidas pelo sistema desenvolvido	63
6.6	Considerações para a expansão do sistema	63
7	CONCLUSÕES	64
	REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história, os seres humanos aumentaram muito o uso de energia para atender às necessidades da sociedade. À medida que a tecnologia avança e a população cresce, surgem desafios para atender a essa demanda crescente, principalmente quando consideramos o uso, ainda predominante, de fontes de energia não renováveis e a superexploração dos recursos naturais da Terra. A incerteza sobre a disponibilidade futura de energia para atender a essa demanda crescente é uma das maiores preocupações da sociedade atual. Para mitigar esses riscos, a diversificação da matriz energética e a adoção de fontes renováveis de energia tornam-se cada vez mais importantes, pois oferecem uma alternativa com menor impacto ambiental. Nesse sentido, tem-se destacado o avanço na implantação de fontes renováveis de energia, como a solar, a eólica e a hidrelétrica.

A energia solar, por exemplo, é considerada uma fonte de energia limpa e sustentável porque é produzida captando a luz solar sem emitir poluentes na atmosfera. A energia eólica, por outro lado, é gerada pelo vento e também é uma opção de energia limpa e renovável. A diversificação da matriz energética a partir de fontes renováveis é um passo importante para reduzir a dependência de fontes não renováveis de energia e minimizar o impacto ambiental da geração de energia elétrica. Além disso, essa mudança para uma economia verde pode criar oportunidades econômicas e ajudar a criar empregos em diversos setores. Tendo em vista essas produções a criação de painéis fotovoltaicos é um campo de estudo muito importante hoje devido ao seu uso crescente na produção de energia.

Os painéis fotovoltaicos são dispositivos que convertem a luz solar em eletricidade por meio do efeito fotovoltaico, o que os torna uma opção sustentável e eficiente para geração de energia elétrica. A tecnologia fotovoltaica tem avançado rapidamente nos últimos anos, permitindo a criação de painéis solares cada vez mais eficientes e econômicos. Com isso, a utilização de energia solar fotovoltaica vem se tornando cada vez mais popular em diversas aplicações, desde pequenos dispositivos eletrônicos até grandes usinas de energia. Os painéis solares fotovoltaicos são compostos por células solares, que capturam a luz do sol e a convertem em eletricidade por meio do efeito fotovoltaico. Essas células solares são feitas de materiais semicondutores, como o silício, que possuem propriedades, o que faz dela especial para a absorção da luz solar. Além da geração de energia elétrica, a utilização de painéis solares fotovoltaicos contribui para a redução da emissão de gases de efeito estufa e para a preservação

do meio ambiente, tornando-se uma opção sustentável e econômica para a geração de energia elétrica.

O presente trabalho busca examinar os principais fatores relacionados à construção de painéis fotovoltaico e tem como objetivo fazer uma análise de sua eficiência e durabilidade, bem como avaliar os benefícios e desvantagens da construção de um painel fotovoltaico caseiro. Portanto, o estudo a ser realizado é fundamental para aprimorar os conhecimentos teóricos existentes no campo da energia, bem como para facilitar o acesso a esses equipamentos em áreas do Brasil que não possuem acesso à energia elétrica, resultando em benefícios sociais e econômicos para o país.

Este estudo foi baseado em uma pesquisa explicativa de livros, artigos científicos, teses e sites. Inicialmente, foi realizada uma análise preliminar do assunto da pesquisa, mapeando dados sobre os principais fatores que causam a perda de eficiência de módulos fotovoltaicos. Em seguida foi feita uma coleta meticulosa de dados para construção do mesmo, organizando as informações da literatura dos últimos anos. Por fim, o trabalho foi escrito usando os dados coletados e com isso, a confecção do painel fotovoltaico.

2 OBJETIVOS

2.1 Gerais

O objetivo principal desse trabalho é construir um painel solar que tem uma capacidade de converter a luz solar em eletricidade de forma eficiente, garantindo a eficácia e longevidade do sistema.

2.2 Específicos

- Analisar os métodos de Fabricação de um painel fotovoltaico;
- Comparar valores nominais aos valores reais de produção de energia;
- Produzir um painel fotovoltaico de baixo custo;

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Energia Renovável

A produção de energias renováveis busca garantir a sustentabilidade do planeta terra usando recursos naturais, tais como; a luminosidade solar, o vento dos litorais, por meio de fontes limpas ou de menor impacto ambiental. Tendo em vistas as mudanças climáticas e a degradação do meio ambiente, torna-se uma das principais vantagens para o aumento de produção em energia. Porém os altos custos exigidos na construção de uma usina, interfere não só na produção de energia, mais como também na poluição, porque consequentemente exigirá mais interação do homem com o ambiente.

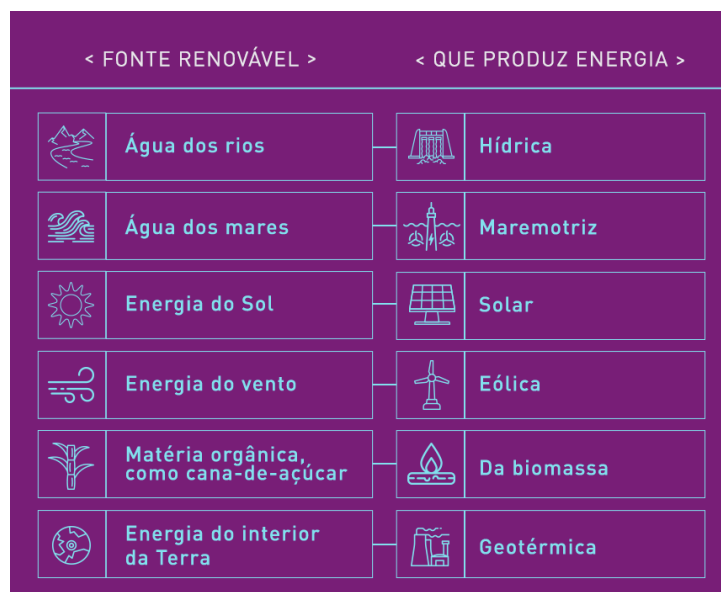
Assim, para diversificar a matriz energética mundial, vem sendo buscadas novas fontes de energia e alternativas para reduzir os efeitos, principalmente de ordem ecológica, resultante da geração, produção e consumo de energia em grande ou pequena escala. A discussão sobre a implementação de energias consideradas renováveis leva em conta esses fatores, com ênfase em aquelas que produzam um impacto cada vez menor na sociedade e no meio ambiente.

O cenário político, econômico e social ainda são umas das principais dificuldades na implementação, isto é, a forma de governo estabelecida foca no alto consumo e produção de energia obtida do petróleo, entretanto, algumas localidades no Brasil já começaram a adquirir a nova forma captação de energia, procurando sempre a manter o equilíbrio no ambiente.

A energia renovável é produzida por meio da utilização dos recursos naturais. Esses recursos naturais possuem um valor imensurável de reservas e uma capacidade espontânea de regeneração. A energia eólica, hidráulica, geotérmica, biomassa, maremotriz e solar são fontes alternativas de energia renovável.

Além disso, é possível observar que o uso de energias renováveis oferece uma variedade de vantagens, incluindo a redução das emissões de gases nocivos para o efeito estufa, o aumento da matriz energética sustentável, a criação de novos empregos e o crescimento da economia local. A figura 01 mostra fontes de energias renováveis.

Figura 1: Fontes de energia renovável



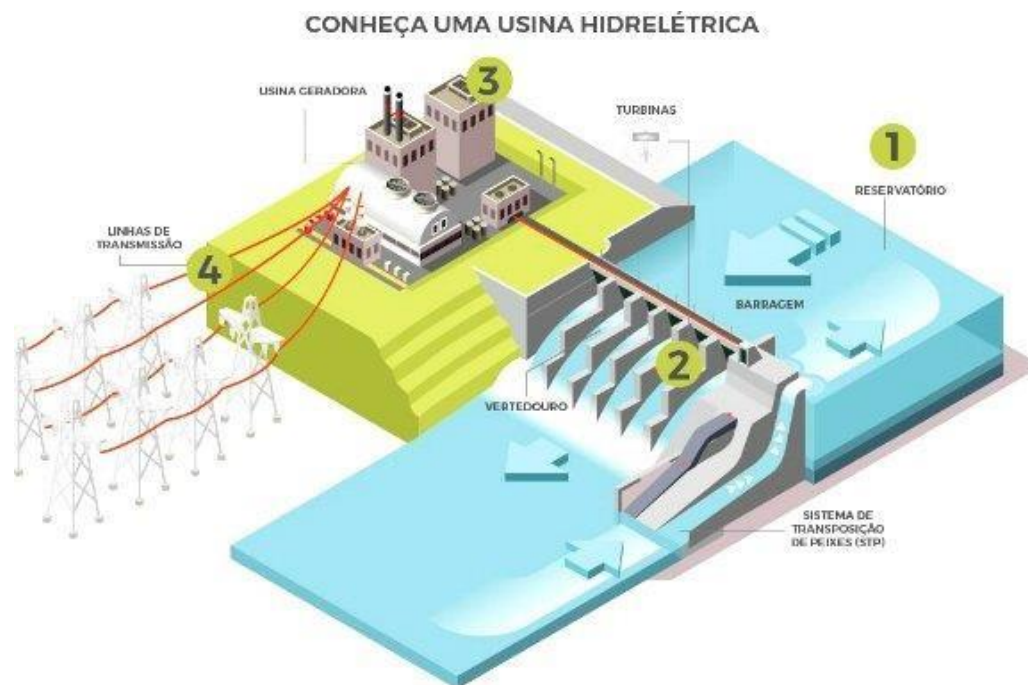
Fonte: Raízen (2021)

3.2 Energia Hídrica

A energia hidráulica foi utilizada como energia mecânica pelas civilizações da Antiguidade Oriental por meio do uso de moinhos e rodas d'água para irrigação e construção civil. Com o surgimento de tecnologias como motores, máquinas a vapor, dínamo, lâmpadas e turbinas hidráulicas nos séculos XVIII e XIX, tornou-se possível transformar a energia mecânica em energia elétrica. Para aproveitar diretamente a energia produzida pelas hidrelétricas, foram construídos moinhos e fábricas próximos aos sítios (PEREIRA; MAGELA, 2015).

As usinas hidrelétricas represam a água em reservatórios ou a direcionam através de turbinas para gerar eletricidade. A energia mecânica da água em movimento gera energia elétrica. Esse método de geração de eletricidade ecologicamente correto e sustentável ajuda a reduzir a dependência de fontes de energia não renováveis e contribui para a mitigação do impacto das mudanças climáticas.

Figura 2: Esquema de funcionamento de uma Usina Hidrelétrica



Fonte: <https://www.todamateria.com.br/usina-hidreletrica/>

Em 1883, segundo PEREIRA; MAGELA, 2015 a primeira usina hidrelétrica foi colocada em operação no Brasil. Construído no ribeirão do Inferno, afluente do rio Jequitinhonha, na cidade de Diamantina (MG). Foi colocada em uma queda de cinco metros e possuía dois dínamos Gramme de 8 HP cada, que produziam energia capaz de mover bombas d'água para remover as formações rochosas das minas de diamante. Posteriormente, a usina passou a produzir energia para abastecer a cidade.

Considerando a eficácia comprovada da energia hidrelétrica na produção de eletricidade, torna-se evidente que ela desempenha um papel fundamental na busca por fontes de energia mais limpas e renováveis. A energia hidráulica mantém sua relevância como uma fonte valiosa de eletricidade renovável, desde que haja um planejamento adequado e um compromisso firme com a preservação do meio ambiente. Essa abordagem não apenas assegurará um futuro mais sustentável, mas também reforçará nossa resiliência energética.

O Plano Nacional de Energia – PNE 2030 registra que a energia elétrica associada à fonte hidráulica corresponde à mais de três quartos da energia gerada no Brasil e que ainda, o país permanece com apenas 26% de aproveitamento do potencial hidrelétrico tecnicamente viável, o que corresponde a 10% do potencial mundial. Em termos de nosso conhecimento do

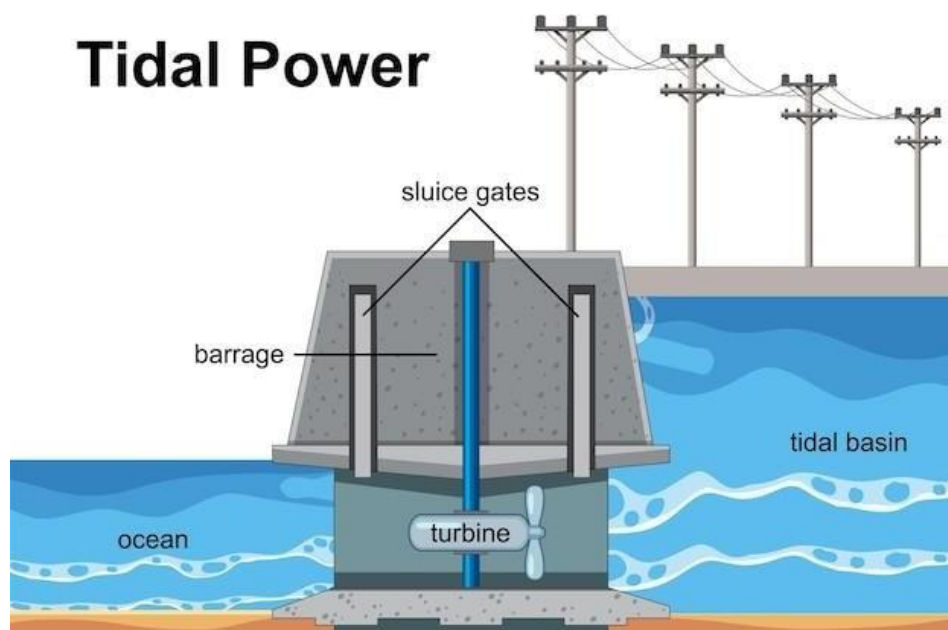
nosso potencial em hidroenergia, dois terços permanecem inventariados ou apenas estimados, sendo a região norte do país a grande detentora de potenciais disponíveis ao aproveitamento. Fica claro o extenso horizonte que ainda existe no desenvolvimento hidrelétrico nacional. Ao mesmo tempo, não há dúvida que cada vez mais, a sociedade precisa buscar formas mais inteligentes e sustentáveis para o necessário uso dos recursos naturais. (MAGELA, 2015, pg. 127).

3.3 Energia Maremotriz

A energia maremotriz é gerada pelo desnível e velocidade das correntes marítimas. Além disso, sabe-se que a atração gravitacional causa a movimentação da maré feita pela lua e pelo sol na Terra. A posição e a rotação do planeta Terra em relação a esses dois fatores determinam a variação da altura das marés. Essas oscilações das marés ocorrem ocasionalmente e, como um fenômeno natural, esse tipo de energia é classificado como renovável e limpa. (GONÇALVES, 2018).

As usinas maremotrizes geralmente são localizadas em locais que são expostos à maré e consistem principalmente em um reservatório, uma barragem e um conjunto de turbogeradores. A conversão ocorre inicialmente na usina por meio do fluxo de água das marés para o conjunto turbogerador, que, por sua vez, é responsável por extrair energia das marés, convertê-la em energia elétrica e, em seguida, transportá-la para rede de transmissão, como mostrado na Figura 3 a seguir.

Figura 3: Representação de uma usina maremotriz



Fonte: <https://br.freepik.com/fotos-vetores-gratis/energia-maremotriz>

A energia maremotriz utiliza-se de tecnologias conhecidas transformando energia cinética das marés em elétrica através de conversores e geradores já utilizados em outros sistemas de obtenção de energia, como hidrelétricas e termoelétrica, outro fator importante para utilizar a mesma, visto que os conhecimentos são disseminados a vários anos e sua manutenibilidade é aplicável com alta eficiência (MOREIRA, 2021, pg. 7).

De acordo com (NETO et al., 2011), a amplitude das marés é fundamental para a captação de energia da usina, além de outros fatores, como as influências da lua e do sol na Terra. Tendo em vista que como as marés são previsíveis e ocorrem diariamente, a energia maremotriz é uma fonte renovável promissora. A construção de instalações de energia maremotriz, no entanto, requer grandes investimentos e a localização de locais adequados com grandes amplitudes de maré.

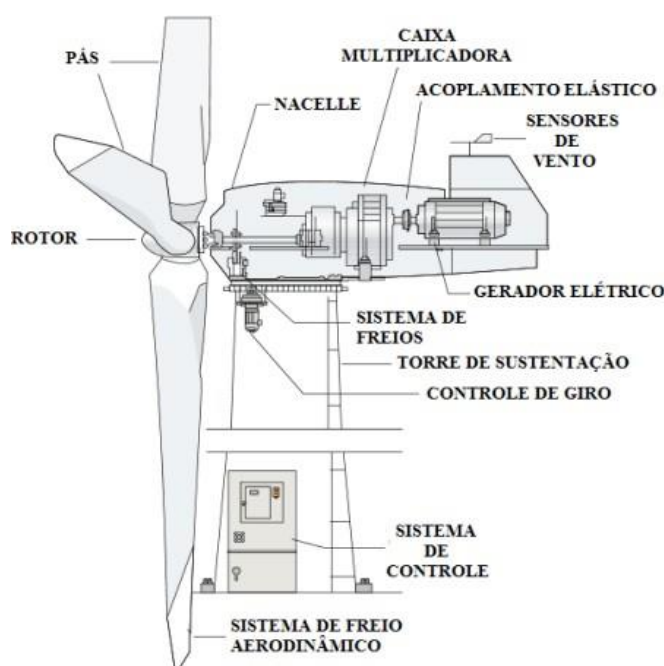
3.4 Energia Eólica

Há mais de três mil anos, a humanidade está transformando a energia cinética dos ventos em energia mecânica. As primeiras aplicações da energia eólica foram com o uso de moinhos de vento para moagem de grãos e bombeamento de água em atividades agrícolas. A energia dos ventos foi fundamental para o desenvolvimento da navegação e o percurso das grandes descobertas de novos continentes. (F.R. Martins¹, R.A. Guarnieri e E.B. Pereira, 2007).

As turbinas eólicas captam e usam a energia eólica para produzir energia elétrica. A energia é produzida por torres transformando a energia cinética dos ventos em força mecânica, que é então convertida em energia elétrica.

Um aerogerador, ou gerador eólico, funciona por meio de suas hélices (ou pás), que giram quando estão em contato com o vento, mas sempre de forma controlada. O movimento das hélices faz girar o rotor e o eixo principal. O eixo principal é conectado a uma caixa multiplicadora, também conhecida como uma caixa de velocidade, para aumentar a velocidade de rotação. Por fim, a energia mecânica resultante da rotação chega ao gerador, onde dois ímãs realizam o processo de indução eletromagnética, que gera eletricidade em corrente elétrica alternada, como é mostrado na figura 4 (CBEE/UFPE,2000).

Figura 4: Desenho esquemático de uma turbina Eólica



Fonte: CBEE/UFPE,2000

Nos últimos anos, as maiores inovações tecnológicas foram a utilização de acionamento direto (sem multiplicador de velocidades), com geradores síncronos e novos sistemas de controle que permitem o funcionamento das turbinas em velocidade variável, com qualquer tipo de gerador. A tecnologia atual oferece uma variedade de máquinas, segundo a aplicação ou local de instalação. Quanto à aplicação, as turbinas podem ser conectadas à rede elétrica ou destinadas ao suprimento de eletricidade a comunidades ou sistemas isolados. Em relação ao local, a instalação pode ser feita em terra firme ou off-shore. (BOYLE, 1996; BTM, 2000; WINDPOWER, 2000; WIND FORCE, 2003)

No entanto, é necessário levar em consideração variáveis que afetam a produção, como altura, a velocidade, a temperatura, a pressão, a rugosidade e os obstáculos localizados no local de instalação do parque eólico. Mesmo assim, Incentivos políticos, investimentos e pesquisas científicas estão aumentando neste setor.

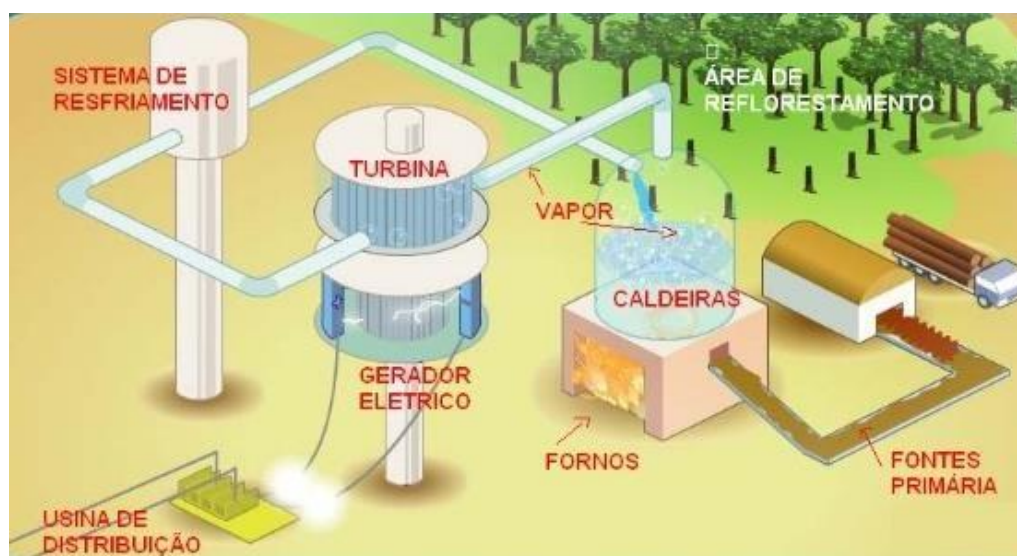
3.5 Biomassa

Segundo José Goldemberg, 2009 a biomassa era praticamente a única forma de energia usada pelo homem, além da força dos ventos, animais domesticados e pequenas quantidades de carvão para aquecimento doméstico. Com a criação das máquinas a vapor no final do século 18, o carvão tornou-se crucial para a Revolução Industrial onde era principalmente usado para aquecer casas onde cresceu rapidamente para 50% no ano de 1850 e aumentou para 15% no fim do século dezanove.

Dependendo da tecnologia utilizada, a biomassa pode ser convertida em eletricidade por meio de diferentes processos de conversão. Por exemplo: Combustão, onde para produzir vapor, a biomassa é queimada em caldeiras ou reatores específicos. Esse vapor é enviado para turbinas que estão conectadas a geradores elétricos, que fazem com que gerem eletricidade. Gaseificação, é um processo que produz gás combustível a partir de biomassa sólida. Esse processo também é conhecido como gás de síntese ou gás de gaseificação. O hidrogênio, o monóxido de carbono e o metano são algumas das substâncias que podem formar esse gás. Fermentação, onde é feito em usinas de biogás, onde bactérias em digestores fermentam a biomassa anaeróbica. A consequência disso é a produção de biogás, que é principalmente composto de metano e dióxido de carbono. Os benefícios e os desafios associados a cada método são distintos, e o método apropriado depende do tipo de biomassa disponível, das condições locais e da infraestrutura já existente.

O sistema de combustão direta é o mais popular e consiste em um compartimento para armazenar a biomassa, uma caldeira que produz vapor de alta pressão e um conjunto turbina-gerador que transforma o vapor produzido em eletricidade. Como segue na figura 5.

Figura 5: Energia da Biomassa – Esquema de funcionamento



Fonte: <https://www.portal-energia.com/o-que-e-energia-biomassa/>

O Brasil, por possuir uma grande área territorial, pode aproveitar bem a biomassa para produção de energia elétrica. A biomassa de origem florestal se destaca por ser uma fonte sustentável, podendo ser produzida em diversos estados do país, reduzindo assim os gastos com as linhas de transmissão. Já a de origem agrícola (milho, arroz, capim-elefante, soja) é de grande importância, pois quase todo o resíduo que sobra, não é aproveitado, contando que o país é um grande produtor desses grãos, pode se tirar vantagem disso para a produção de energia elétrica. A biomassa dos rejeitos urbanos é bastante proveitosa, por ser produzida todos os dias, e não necessitar de investimentos para a produção dessa fonte, além da produção de energia elétrica, pode ser utilizada na produção do biogás. (GUILHERME HENRIQUE FÁVERO SANTOS¹, RAPHAEL SANTOS DO NASCIMENTO², GEZIELE MUCIO ALVES^{3*}, 2016, pg 6)

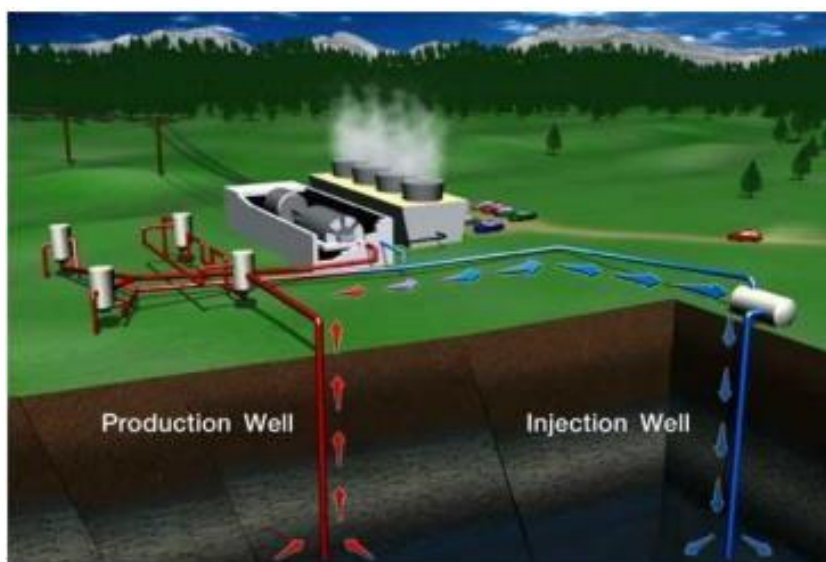
A biomassa brasileira pertence a três categorias: biomassa florestal; biomassa agrícola; e biomassa de rejeitos urbanos e industriais. Em resumo, é necessário que a produção de eletricidade a partir da biomassa seja sustentável do ponto de vista social, econômico e ambiental. É fundamental garantir que os benefícios ambientais sejam garantidos em todas as etapas de produção de biomassa e eletricidade, pois a principal motivação para o uso desta tecnologia é o problema ambiental.

3.6 Energia Geotérmica

A energia geotérmica é uma fonte de energia que pode ser usada como solução para alguns problemas de energia e meio ambiente atuais. A energia geotérmica é produzida pelo calor que emana do interior da Terra. A instalação da usina é feita por meio de perfurações no solo que fornecem uma quantidade significativa de vapor e água quente (Nathana Karina, 2013).

Uma usina geotérmica funciona com o calor das rochas nas camadas internas da Terra para aquecer a água em um reservatório onde é transformada em vapor a uma pressão suficiente que ativa uma turbina e aciona um gerador, isso gerando energia elétrica. Após atravessar a turbina, o vapor é condensado em um trocador de calor, mas não está completamente condensado como é mostrado na figura 6. Em quase todas as usinas geotérmicas, aproximadamente 80% desse vapor é expelido para a atmosfera, enquanto os 20% restantes são injetados novamente no reservatório, juntamente com uma fonte de água líquida externa, o que aumenta o custo de obtenção de energia elétrica gerada (MONTAGNER, 2014).

Figura 6: Esquema de funcionamento de uma usina geotérmica



Fonte: UDESC – Mundo Físico, 2005.

No Brasil, ainda são poucos os estudos referentes a utilização do recurso geotérmico. No entanto, segundo Lund, Freeston e Boyd (2011), muitos países vêm realizando estudos do potencial de utilização de energia geotérmica, os quais estão demonstrando que esta já pode ser desenvolvida praticamente em qualquer lugar, pois em países em que não existe atividade vulcânica, recursos geotérmicos de temperatura baixa ou moderada também podem ser executados através de uso direto, os quais estão demonstrando boa eficiência (Nathana Karina, 2013. Pg 156).

A energia geotérmica é usada para produzir energia elétrica, e sua produção possui muitos fatores que ainda não estão claros. Um desses exemplos é a eficiência energética da turbina que usa o vapor gerado pela energia geotérmica. Devido ao uso de energia geotérmica por muitos países, não apenas para obter energia térmica, mas também como energia elétrica, ainda não está claro se essa energia pode ser obtida em qualquer lugar do mundo (MONTAGNER, 2014).

3.7 Energia Solar Fotovoltaica

A energia solar é a fonte de energia menos poluente e menos finita conhecida até o momento. Disponível para a humanidade desde o surgimento da vida na Terra, nunca foi aproveitada de forma tão eficiente quanto as demais, considerando-se que as outras fontes de energia renováveis sempre apresentam alguma desvantagem. (LOPEZ, 2012).

De acordo com LOPEZ (2012), esse tipo de energia deve ser mais explorado, pois nós traz vários benefícios, assim como também diminui a exploração do meio ambiente para obtenção de energia.

A energia solar é obtida através da conversão da radiação solar em eletricidade por intermédio de semicondutores, esse fenômeno é conhecido como efeito fotovoltaico. Além disso, a eletricidade solar fotovoltaica tem múltiplas aplicações: os módulos necessários à geração da potência requerida podem ser rapidamente instalados. A ampliação da potência é obtida pela simples adição de módulos.

Essa forma de produção de energia elétrica tem uma vantagem que não se encontra em nenhuma outra, ela pode ser produzida em qualquer área, rural ou urbana, que obtém resultados imediatos. As células solares convertem diretamente a energia solar, a mais abundante fonte de energia renovável em eletricidade. O processo de geração, não tem partes móveis, não produz cinzas nem outros resíduos, e por não liberar calor residual, não altera o equilíbrio da biosfera. Como não envolve a queima de combustíveis, evita por completo o efeito estufa.

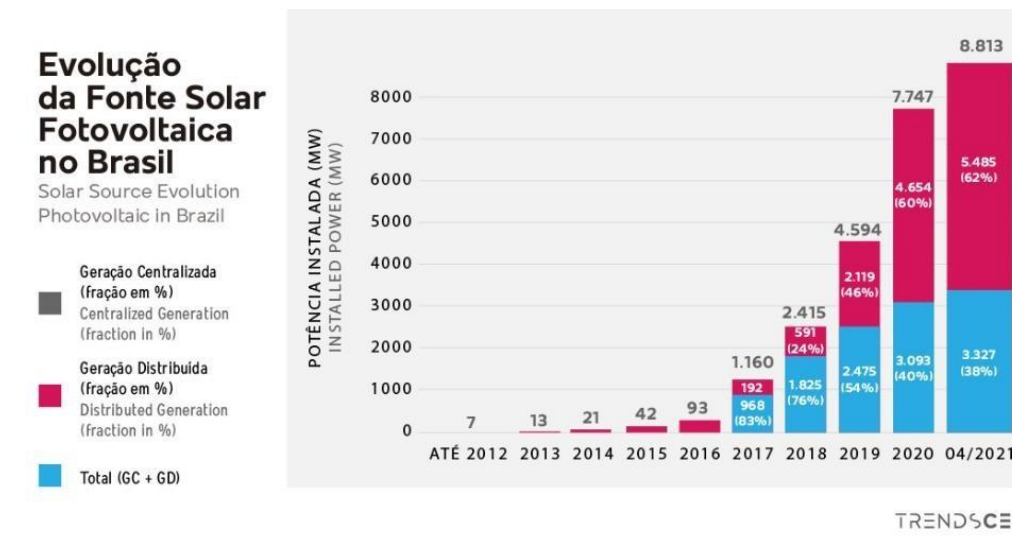
São convenientes para todos os climas, e não é difícil achar locais de produzir instalações. Com efeito, a radiação global convertida pela foto pilhas é superior a radiação direta à qual são sensíveis as centrais termomecânicas. (PALZ, 2002, p. 311) Por exemplo, de acordo com PALZ, essa tecnologia pode ser aderida em qualquer região, pode ser instalada em telhado de

casas. Mas para melhor captação de energia, se torna mais viável em climas semiáridos, devido a radiação estar presente durante boa parte do ano.

Segundo (Antonio Robson/Fabiano Perin, 2016), a energia solar fotovoltaica é uma fonte tecnologicamente avançada de produção de energia elétrica. Os obstáculos encontrados no Brasil em relação à energia solar fotovoltaica vêm sendo gradualmente superados, indicando uma evolução no setor nos últimos anos. Esta fonte de energia renovável ainda enfrenta vários obstáculos. Estabelecida com menos dificuldades, portanto, é crucial criar um panorama desta geração no país.

De 2012 a março de 2021, a geração centralizada e distribuída de energia solar fotovoltaica no Brasil cresceram exponencialmente como mostra na Figura 7. Além disso, esse aumento na produção de energia pode ser atribuído não apenas à redução dos custos de instalação de sistemas fotovoltaicos, ao aumento dos incentivos do governo e das empresas privadas para pesquisa científica e ao aumento da demanda por fontes de energia limpas, mas também à melhoria da confiabilidade e eficiência das placas solares nos últimos anos.

Figura 7: Evolução da fonte solar fotovoltaica no Brasil



Fonte: ANNEL/ABSOLAR, 2021

O levantamento da ABSOLAR indica que, desde 2012, o setor criou mais de 270 mil empregos no Brasil. Além disso, a energia renovável já atraiu mais de R\$ 46 bilhões em investimentos ao país, e tem o potencial de atrair mais R\$ 139 bilhões em novos aportes e criar um milhão de empregos nos próximos anos (ABSOLAR, 2021).

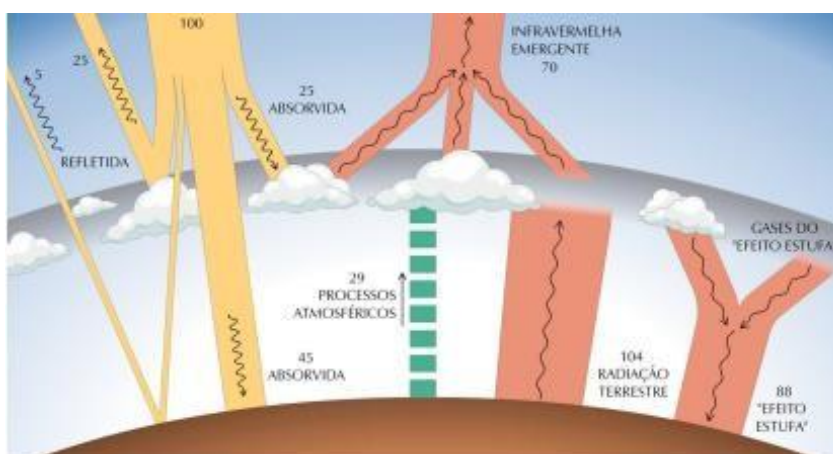
3.7.1 Radiação Solar

Antes de chegar ao solo, a radiação solar é influenciada pelo ar atmosférico, pelas nuvens e pela poluição. Para melhorar a utilização da radiação solar em todo o mundo, é fundamental entender como instalar e orientar os módulos fotovoltaicos. As regras gerais de instalação de módulos solares incluem o seguinte: os módulos fotovoltaicos devem ser orientados para o norte geográfico (nas nações do hemisfério sul) para maximizar a produção diária de energia; ajustar o ângulo de inclinação do módulo em relação ao plano horizontal para maximizar a geração de energia ao longo do ano. (VILLALVA e GAZOLI, 2012).

Segundo (Villalva 2012,) As ondas eletromagnéticas, que são apenas uma pequena porcentagem das ondas captadas pela luz visível, têm a capacidade de afetar vários objetos e seres vivos de várias maneiras. Além disso, as ondas eletromagnéticas penetram em alguns materiais, elas têm a capacidade de transmitir calor, alterar suas propriedades elétricas e causar a formação de tensão e corrente elétrica.

Por causa das características da atmosfera e da superfície do planeta Terra, vários processos físicos ocorrem quando a radiação atravessa a atmosfera. A quantidade de energia solar que temos a nossa disposição muda continuamente ao longo dos dias, semanas, meses e anos, e dependem do local. Todas as variações possíveis devido à geografia da terra, além dos movimentos de rotação e translação afetam a radiação solar. Esses elementos se combinam com os eventos climáticos, gases, partículas climáticas, formação de nuvens e, portanto, as precipitações. Todos esses fatores contribuem para 30% da radiação incidente no topo da atmosfera refletida e apenas 45% absorvida pela superfície da Terra. (PEREIRA, E. B, 2017).

Figura 8: Processos de interação da radiação solar com os principais constituintes atmosféricos.

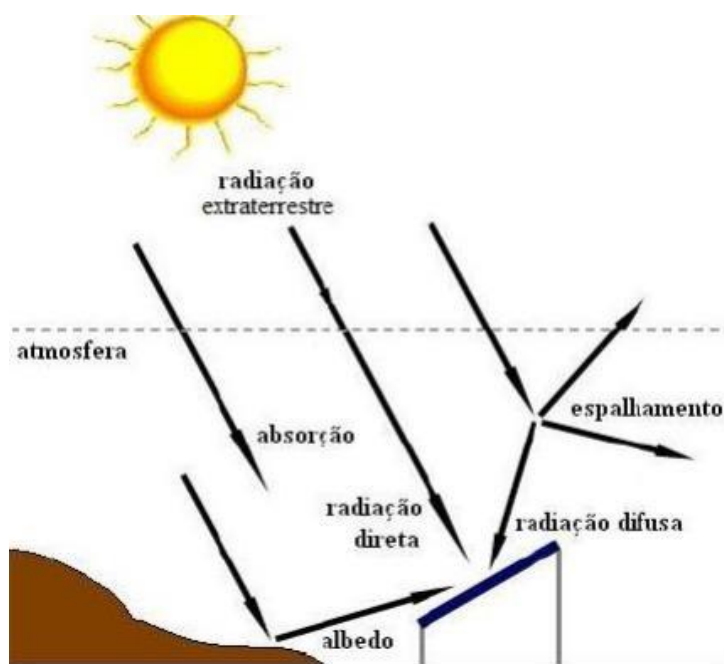


Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2017

É evidente que os espectros solares podem ter um impacto significativo na produção de corrente elétrica dos módulos fotovoltaicos.

Como resultado, é importante ter em mente que as variações de espectro podem ser mais prejudiciais em certos tipos de placas do que em outros. Em outras palavras, as características específicas de cada placa têm um impacto significativo, principalmente devido à capacidade de absorção do espectro solar de cada módulo (Neves, 2016).

Figura 9: Componentes da radiação solar



Fonte: (PINHO, J. T.; GALDINO, M. A., 2014).

A Figura 9 mostra os três componentes que interagem com a superfície. Ela também mostra o esquema de radiação solar sobre a superfície receptora, que é uma resultante da soma do albedo, difuso e direto. O termo para isso é radiação global.

3.7.2 Efeito Fotovoltaico

Em 1839, Becquerel descobriu o efeito fotovoltaico, observando que os eletrodos imersos em uma solução ácida mostravam diferenças de potencial quando os iluminava. W. G. Adams e R. E. Day observaram uma reação semelhante em um dispositivo de estado sólido feito de selênio em 1876. Em 1883, C. E. Frits criou as primeiras células de selênio que podem ser chamadas de células solares ou fotovoltaicas JOÃO TAVARES PINHO, 2014.

Podemos examinar os estudos de Einstein para obter uma melhor compreensão do efeito fotoelétrico. Baseado nas teorias de quantização das ondas eletromagnéticas de Max Planck, o físico criou um novo modelo para explicar a luz. Ele descobriu que a luz se move como partículas de energia, batizando-as de fótons. Como resultado, um elétron absorve um fóton de luz e libera uma parte dessa energia. A energia cinética de ejeção do elétron presente no material constitui o restante. Essa energia é semelhante à frequência dos fótons emitidos pela luz PORTAL SOLAR, 2017.

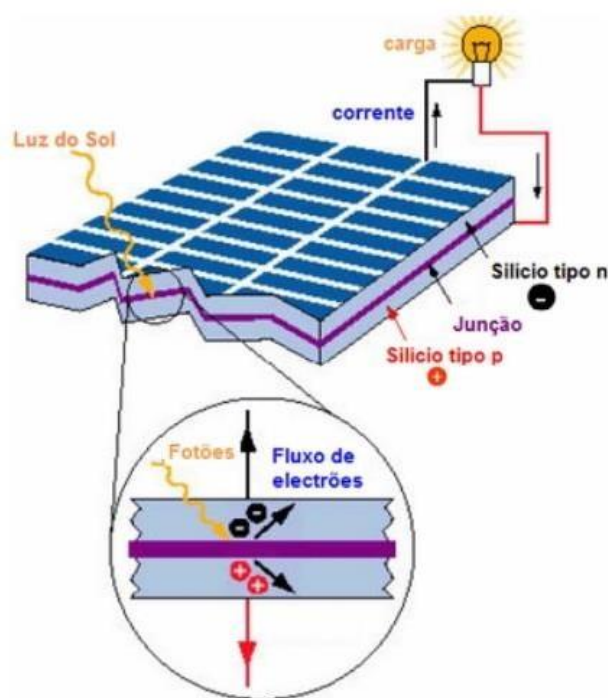
Segundo ZILLES ET AL.2012 as características dos materiais semicondutores que são utilizados na fabricação de dispositivos de conversão fotovoltaica devem ser consideradas, bem como os custos de fabricação e os efeitos ambientais causados pela exploração. O silício (Si); arseneto de gálio (GaAs); telureto de cádmio (CdTe) e disseleneto de cobre e índio (CuInSe₂) são os materiais semicondutores mais utilizados na indústria de células fotovoltaicas.

Segundo CRESESB, 2006 a presença de duas bandas de energia, conhecidas como bandas de valência e condução, que permitem a entrada de elétrons, torna o silício o material semicondutor mais usado em sistemas fotovoltaicos. Como a rede cristalina é composta por átomos com quatro elétrons na banda de valência, um elétron fica em excesso porque não pode ser alocado na estrutura e permanece ligado ao seu átomo de origem. Ao absorver uma pequena quantidade de energia térmica, este elétron pode romper a ligação e se mudar para a banda de condução. Por outro lado, é possível observar que, quando átomos com apenas três elétrons de ligação são inseridos na estrutura, falta um elétron para atender às ligações dos átomos de silício

da rede. A falta de elétron, também conhecida como lacuna ou buraco, ocorre quando um elétron se desloca de um local próximo para preencher uma posição vazia.

Assim, a Figura 10 mostra o esquema do efeito fotovoltaico gerado pela junção dos componentes. Após a exposição da junção à radiação solar, os elétrons são direcionados para fluir da camada P para a camada N mais interna. Como resultado, a energia luminosa é convertida em eletricidade.

Figura 10: Esquema simplificado do efeito fotoelétrico em painel fotovoltaico



Fonte: Segurança na Construção, 2012

3.7.3 Células Solares

Uma junção semicondutora p-n é o componente padrão de uma célula solar. Os materiais semicondutores, sejam dopados ou não, possuem uma faixa de energia proibida ou gap de energia. Ao unir dois semicondutores com a mesma energia de gap, mas com dopagem diferente (tipo p é excesso de cargas positivas, ou buracos, e tipo n é excesso de cargas negativas, ou elétrons), surge um campo elétrico na região da interface como resultado do desequilíbrio de

cargas de cada lado da junção. Quando o equilíbrio é alcançado, as bandas de energia se curvam, resultando em uma região chamada de depleção. Nessa região, não há portadores de carga livres, elétrons ou buracos. A única carga elétrica desta área é a carga das impurezas ionizadas por ação.

O físico Alexandre Edmond Becquerel observou o efeito fotovoltaico pela primeira vez em 1839, na França, fazendo experimentos com uma bateria feita de eletrodos de platina e cobre oxidado imersos em uma solução eletrolítica ácida. Esse fenômeno dá origem às células fotovoltaicas. É comum confundir o efeito fotovoltaico com o efeito fotoelétrico por causa de suas semelhanças. Ambos surgem de fótons de luz nas ondas eletromagnéticas da energia solar, mas são processos diferentes. (Portal solar, 2014).

Para resumir, o funcionamento da célula fotovoltaica é baseado na ação dos raios solares que movem os elétrons do material semicondutor, produzindo corrente elétrica onde é captada pelo circuito que existe no interior do painel solar.

Figura 11: célula fotovoltaica



Fonte: (Portal solar, 2020).

Atualmente, uma variedade de diferentes tipos de células solares está disponível no mercado energético, com diferentes níveis de eficiência. Tendo como principais: Células silício cristalino, Células de silício mono-cristalinas, Células de silício poli-cristalinas e as Células de silício amorfo (Portal Energia, 2008).

3.7.3.1 Células Silício Cristalino

O silício cristalino, também conhecido como silício de grau solar, é o material mais usado na fabricação das células fotovoltaicas. As fatias de lingotes de silício purificado tratadas quimicamente são conhecidas como células de silício cristalino, que são capazes de gerar energia elétrica usando o efeito fotovoltaico do sol. Na maioria das vezes, apenas 13% da radiação solar captada pelas células solares de silício pode ser convertida em energia elétrica. PORTAL SOLAR, 2020.

3.7.3.2 Células De Silício Mono-Cristalinas

As células monocristalinas são as mais eficazes porque são compostas de apenas um cristal de silício. Isso explica o uso do prefixo mono, que vem do grego e significa "único". As células solares de mono-Si e os painéis solares que as utilizam podem ser facilmente identificados por sua aparência uniforme de cor. As células de silício monocristalino têm uma eficiência entre 15% e 18%. PORTAL SOLAR, 2020.

Figura 12: Célula solar monocristalina

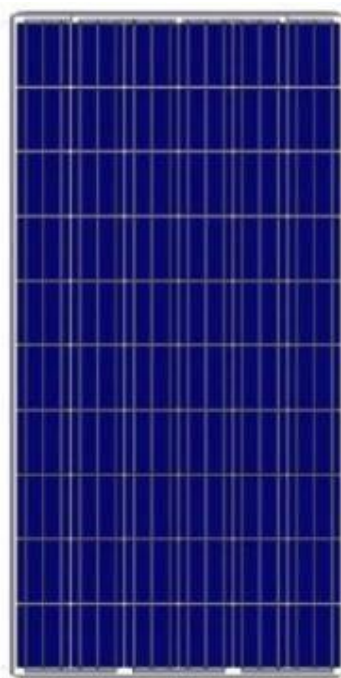


Fonte: Tritec Intervento, 2020

3.7.3.3 Células De Silício Poli-Cristalinas

Ainda que as células solares policristalinas sejam feitas de silício purificado, seu processo de fabricação é um pouco diferente. O silício purificado é moldado em lingotes após ser derretido em um cadinho de quartzo. O bloco se torna sólido durante os processos de resfriamento e aquecimento e consegue formar uma formação cristalina bastante uniformemente. Mas os custos diminuíram com a melhoria dos processos de fabricação de células monocristalinas. Desde 2019, elas vêm ganhando popularidade pois apresentam uma eficiência de 13% a 15%. PORTAL SOLAR, 2020.

Figura 13: Células De Silício Poli-Cristalinas



Fonte: Tritec Intervento, 2020

3.7.3.4 Células De Silício Amorfo

Em vez de ter uma estrutura cristalina, o silício amorfo tem uma rede irregular. Seu produto é o silano gasoso, que é aquecido em reatores de plasma para produzir silício hidrogenado. A célula de silício amorfo é feita com um substrato, sobre o qual é aplicada uma fina camada de cada tipo de material dopado e, em seguida, uma terceira camada de silício intrínseco, que é necessária para captar a passagem de elétrons entre os componentes negativos e positivos. Apresentando uma eficiência de 5% a 9%. PORTAL SOLAR, 2020.

Apesar de terem uma eficiência de conversão de energia solar menor em comparação com as células solares de silício cristalino, elas possuem outras vantagens que as tornam adequadas para determinadas situações e aplicações específicas. Por exemplo: Painéis solares flexíveis e Pequenos dispositivos eletrônicos.

Figura 14: Células De Silício Amorfo



Fonte: Tritec Intervento, 2020

3.7.4 Placas Solares

Segundo Villalva 2015, O painel fotovoltaico é a parte mais importante de um sistema fotovoltaico. Essa parte é responsável pela geração de energia elétrica a partir da radiação solar. Os painéis fotovoltaicos, ou módulos fotovoltaicos como podem ser também chamados, são compostos por várias células que, por si só, têm uma baixa capacidade de produzir energia.

Um painel solar usa uma fina faixa condutora que conecta uma célula fotovoltaica à outra. As tiras são feitas de modo a formar um circuito elétrico quando são montadas. A sequência de células formadas é então coberta por um vidro temperado e tratado com substâncias antirreflexos e antiaderentes. Como mostra a Figura 15, no final do módulo fotovoltaico são colocados dois condutores que vêm da caixa de junção e conectam um módulo ao outro. Isso forma uma série. (PORTAL SOLAR, 2020).

Figura 15: Composição do Módulo Fotovoltaico

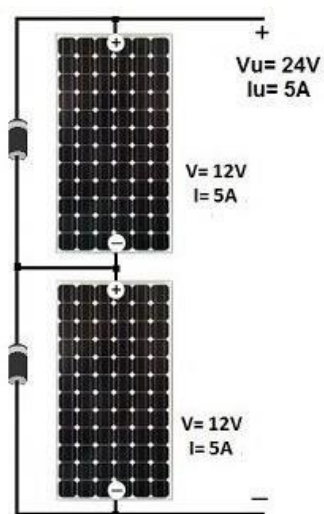


Fonte: PORTAL SOLAR, 2020

Dependendo do objetivo pretendido, os módulos fotovoltaicos podem ser conectados em série ou paralelo.

Em série: Em uma conexão em série, os módulos estão conectados uns aos outros em seus terminais opostos; na Figura 16, o terminal negativo de um módulo está conectado ao terminal positivo do outro e vice-versa. Esse tipo de associação faz com que a corrente da associação seja igual a de um módulo, o que significa que a tensão de saída é a soma das tensões de cada módulo. Como a corrente do conjunto será igual à do menor módulo nesse sistema, é necessário evitar sombreamento PINHO; GALDINO, 2014.

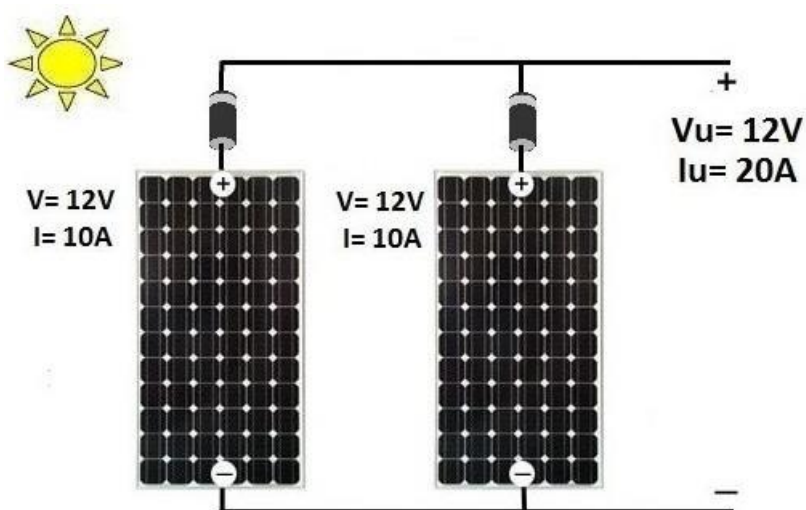
Figura 16: Associação em Série



Fonte: MpptSolar, 2011

Em paralelo: nesse tipo de associação ocorre o inverso, os módulos são conectados uns aos outros com seus polos positivos e o mesmo ocorre com os polos negativos, conforme ilustrado na Figura 17. A tensão do sistema nessa associação é a mesma de um único módulo, enquanto a corrente total é a soma das correntes de cada módulo. PINHO; GALDINO, 2014.

Figura 17: Associação em Paralelo



Fonte: MpptSolar, 2011

3.7.5 Tipos De Sistemas Fotovoltaicos

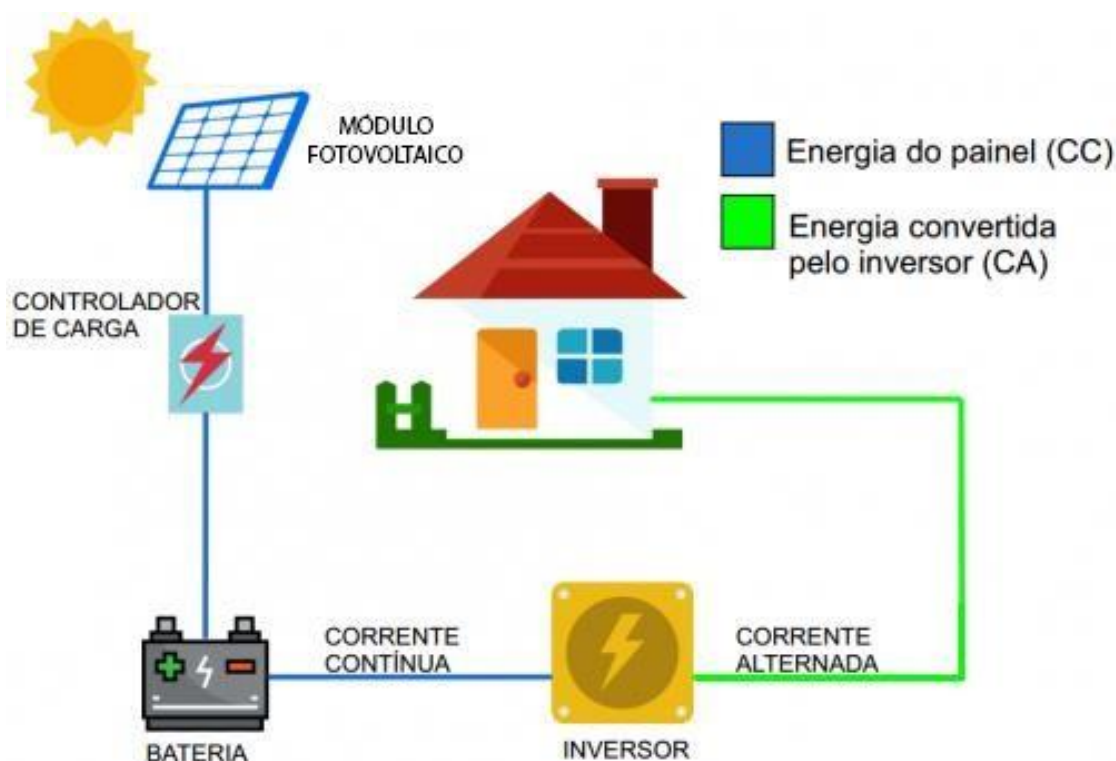
Os sistemas fotovoltaicos são confiáveis e podem ser instalados em locais com uma considerável incidência de radiação luminosa. Os sistemas desse tipo também têm muitos benefícios porque não dependem de combustíveis para produzir energia, têm poucas partes móveis, precisam de pouca manutenção e não produzem ruídos acústicos ou eletromagnéticos SOUZA, 2017. Sendo esses sistemas divididos em três tipos: conectados à rede (*on grid*), isolados (*off grid*) ou híbridos.

Os três tipos de sistemas geram energia de maneira semelhante. Os módulos solares são normalmente instalados nos telhados de casas e coletam a luz do sol é convertida em corrente elétrica. Um dispositivo chamado inversor transforma a corrente alternada produzida pelos módulos em corrente contínua. Assim, a energia solar pode alimentar os equipamentos elétricos de casas ou negócios PORTAL SOLAR, 2020.

As distinções entre esses sistemas são as seguintes: o sistema *on-grid* se conecta à rede elétrica, aproveitando a energia da fornecedora durante períodos com pouca luz solar ou à noite, ao mesmo tempo em que acumula créditos energéticos por meio do excedente de geração diurna. Em contraste, o sistema *off-grid* não mantém conexão com a rede elétrica e, em vez disso, recorre a baterias para armazenar o excesso de energia solar e usá-lo quando a geração não é viável. Enquanto isso, o sistema híbrido combina ambos os aspectos onde permanecem conectado à rede elétrica e é equipado com baterias para armazenamento energético adicional (PORTAL SOLAR, 2020).

Segundo (VILLALVA, 2012), no sistema *off-grid*, quando os módulos fotovoltaicos recebem a radiação solar, eles podem produzir corrente e tensão contínuas para este sistema que não está conectado à rede. A energia gerada é então armazenada em um banco de baterias. Também há um controlador de carga que controla a quantidade de carga que as baterias absorvem e as protege contra carga excessiva, prolongando assim sua vida útil. Por fim, a energia gerada pelas placas é distribuída aos consumidores finais, que geralmente incluem o sistema de iluminação da casa e os aparelhos elétricos da casa. Um inversor de tensão faz isso transformando a tensão contínua em tensão alternada. Como é mostrado na figura 18.

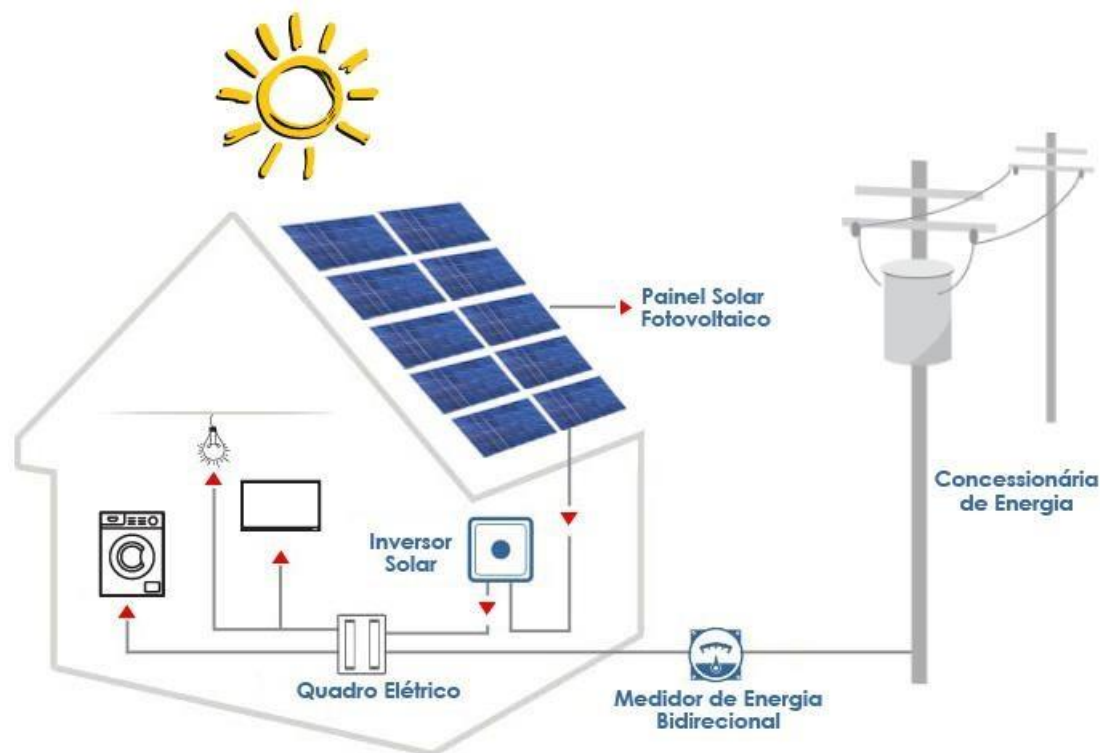
Figura 18: Esquema do sistema off-grid



Fonte: Trx solar 2019

No sistema conectado à rede elétrica, (*on-grid*), sistemas solares residenciais ou comerciais estão integrados à rede de distribuição local. Essa rede de distribuição supre energia para sua residência durante períodos sem luz solar, como à noite ou em dias nublados. Qualquer energia excedente gerada pelos painéis solares e não utilizada é direcionada para a rede elétrica, transformando-se em créditos energéticos. Esses créditos podem ser aproveitados para diminuir o consumo de energia durante os períodos de menor geração solar, como à noite PORTAL SOLAR, 2020. Observamos que o sistema é composto por um módulo solar, um inversor de frequência (DC/AC), um quadro de disjuntores, um medidor bidirecional (que regula tanto a energia consumida quanto a injetada na rede), a rede elétrica da concessionária e, em alguns casos, o consumo local. Como vemos na figura 19.

Figura 19: Esquema do sistema on-grid.



Fonte: Soligado, 2019

Os sistemas fotovoltaicos que possuem bancos de bateria em sua estrutura podem perder a capacidade de geração em situações em que as baterias estiverem totalmente carregadas e não houver local de carga. Isso ocorre porque o controlador de carga desconecta-se dos geradores e a energia produzida não é alocada. Isso ocorre dependendo do dimensionamento projetado do sistema. É importante observar que os sistemas (*on-grid*) têm um armazenamento infinito de energia, especialmente a rede de distribuição local, por isso este tipo de situação não ocorre neles (ZILLES ET AL.2012).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesse capítulo serão apresentados todos os componentes utilizados nas montagens e suas especificações técnicas. Também serão abordados os métodos que foram utilizados para a aplicação do sistema.

4.1 Materiais

4.1.1 Células fotovoltaicas;

As células fotovoltaicas são fabricadas nos EUA, Japão, Canadá e China, sendo as mais utilizadas no setor energético as de silício policristalino e monocristalino. Todavia, ao realizar a compra das células deve ser observadas as seguintes características: A tensão, corrente elétrica, eficiência e custo. É necessário, analisar o número de células a serem compradas conforme a potência desejada e os imprevistos, em virtude de serem extremamente frágeis e possuírem uma tendência a quebrar quando manuseada. A célula usada nesse trabalho foi a de silício policristalina como ilustrado na figura 20.

Figura 20: Célula Fotovoltaica



Fonte: Autoria própria, (2023).

As especificações técnicas dessa placa seguem na Tabela 1

Tabela 1: Especificações técnicas célula fotovoltaica

Célula fotovoltaica	Policristalina
Tamanho	52x52mm
Potência	0.46w
Tensão	0.5V
Corrente	0.86A
Eficiência	17%

Fonte: Autoria própria, (2023).

4.1.2 Caneta de fluxo;

4.1.3

Para a solda das células solares, a caneta de fluxo é uma ferramenta extremamente útil, que remove a oxidação e promove uma conexão mais confiável entre os materiais e melhora a qualidade da solda. O fluxo é um componente químico usado para limpar a superfície dos materiais que são soldados. Ele remove óxidos, sujeira e outros contaminantes da superfície, deixando-a assim, limpa e preparada para a solda. O fluxo também melhora a distribuição da solda e a qualidade da conexão. A Figura 21 mostra a caneta de fluxo.

Figura 21: Caneta de Fluxo



Fonte: Autoria própria, (2023).

As especificações técnicas desse material seguem na Tabela 2

Tabela 2: - Especificações técnicas célula fotovoltaica

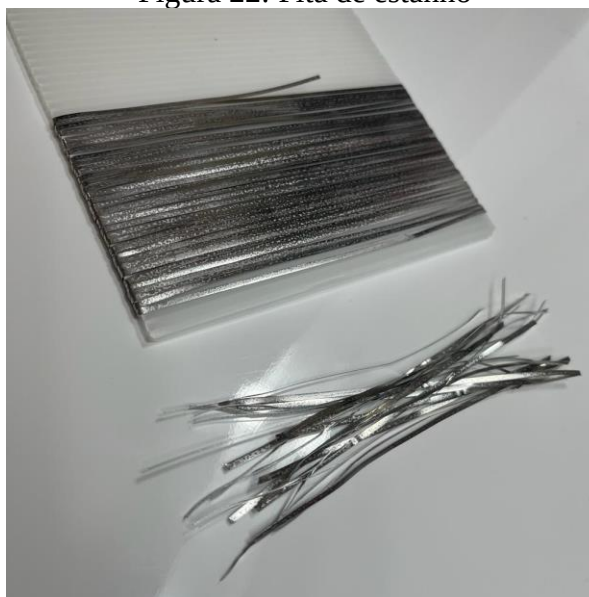
Material da ponta	Esponja
Diâmetro da ponta	4 mm
Capacidade	10ml
Tamanho	1.5cm x 14cm/0.59x5.51

Fonte: Autoria própria, (2023).

4.1.4 Fita de estanho;

A etapa crucial do processo de construção de painéis solares é a solda das células solares. As fitas condutoras das células são soldadas, permitindo que a corrente elétrica flua entre elas e, em seguida, para os cabos que conduzem a eletricidade produzida. Alguns pontos importantes sobre a solda de células solares são que: As células solares geralmente usam solda de estanho, que é um material adequado para uso em ambientes externos porque é condutor e resistente à corrosão. Para estabelecer conexões elétricas sólidas, a solda de estanho é aplicada às fitas condutoras das células como mostra na Figura 23. Tendo em vista que, como as células solares são compostas principalmente de materiais sensíveis ao calor, o processo de soldagem é extremamente cuidadoso.

Figura 22: Fita de estanho



Fonte: Autoria própria, (2023).

As especificações técnicas desse acessório são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3: Especificações técnicas fita de estanho

Material	cobre estanho
Tamanho do fio	1,8 * 0,16 mm

Fonte: Autoria própria, (2023).

4.1.5 Material para fixação do painel;

A princípio deve-se adquirir uma placa base composta por um material isolante ou não condutor de eletricidade (vidro temperado, madeira, plástico, acrílico ou PVC), depois coloca-se as células solares sobre o material escolhido, retira-se a medição das dimensões e realiza-se o corte da placa base, tendo a placa espessura entre 4 mm a 14 mm. Neste trabalho o material escolhido para ser a placa base foi o material PVC conforme mostra a Figura 25.

Figura 23: Material PVC



Fonte: Autoria própria, (2023).

4.1.6 Controlador de carga;

O Controlador de Carga e Descarga de Bateria Solar é um dispositivo projetado para gerenciar automaticamente o processo de carga e descarga de baterias em sistemas fotovoltaicos ou em fontes de energia em geral. Ele desempenha um papel muito importante na proteção das baterias, otimizando o processo de carga, e prolongando sua vida útil. O controlador tem como principal função gerenciar a carga e descarga das baterias de forma automática, garantindo que

elas sejam carregadas adequadamente quando há energia disponível gerada por painéis solares e evitando situações como sobrecarga, descarga excessiva, polaridade invertida e curto-circuito. Na Figura 26 mostra o controlador usado nesse trabalho.

Figura 24: Controlador de Carga



Fonte: Autoria própria, (2023).

As especificações técnicas desse acessório são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4: Especificações técnicas do controlador de carga

Tensão de Uso	12V ou 24V
Tensão Mínima para Funcionamento	10,8V ou 21,6V
Corrente	20A
Temperatura de Funcionamento	-20 °C a +50 °C
Corrente de Carga Nominal	20A
Tensão de Carga em Operação	12V ou 27V
Tensão de Início de Carga	11,8V ou 23,6V

Fonte: Autoria própria, (2023).

4.1.7 Bateria;

As baterias são essenciais para sistemas de energia solar, especialmente para sistemas fotovoltaicos autônomos, também conhecidos como sistemas *off-grid*. As baterias são usadas principalmente para armazenar a energia produzida pelos painéis solares para uso posterior quando a luz solar não incide nas placas. Na Figura 25 temos a bateria utilizada nesse trabalho.

Figura 25: Bateria



Fonte: Autoria própria, (2023).

As especificações técnicas desse acessório são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5: Especificações técnicas da bateria

Marca	Pioneiro
Vtagem	12V
Capacidade Ah	8,6 AH

Fonte: Autoria própria, (2023).

5 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

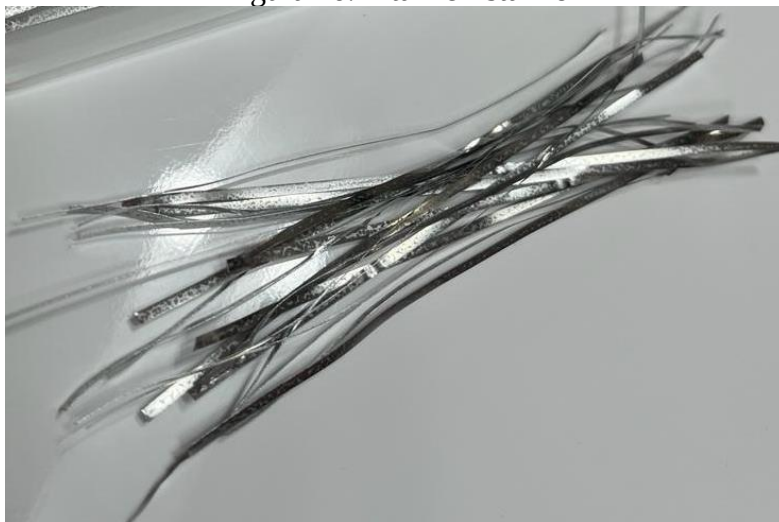
O desenvolvimento do projeto foi dividido em duas etapas principais, sendo a primeira delas uma pesquisa bibliografia relacionada a montagem de um painel fotovoltaico. A pesquisa foi realizada na Universidade Federal Rural do Semi-árido - UFERSA, campus de Caraúbas-RN. Essa etapa do projeto foi realizada entre os meses de fevereiro a setembro 2023.

A segunda etapa do estudo, foi a parte experimental, na qual foi feita a montagem do painel, foram realizados todos os testes, até que fosse colocado em funcionamento. Essa parte do projeto foi desenvolvida na cidade de Martins-RN. Os ensaios deste experimento foram realizados durante os meses de julho a agosto de 2023, tendo o mês de setembro para ajustes e testes finais.

5.1 Montagem das células fotovoltaicas

O processo de construção começa com a medida e corte preciso das fitas de estanho (*tab wire*), conforme ilustrado na figura 27, que serão utilizadas para conectar as células fotovoltaicas entre si. Em seguida, é fundamental aplicar cuidadosamente uma caneta de fluxo sobre a célula solar. Isso tem como objetivo aprimorar o processo de soldagem e reduzir ao mínimo a possibilidade de oxidação devido ao calor da solda, tornando-o um dos passos essenciais na soldagem das células.

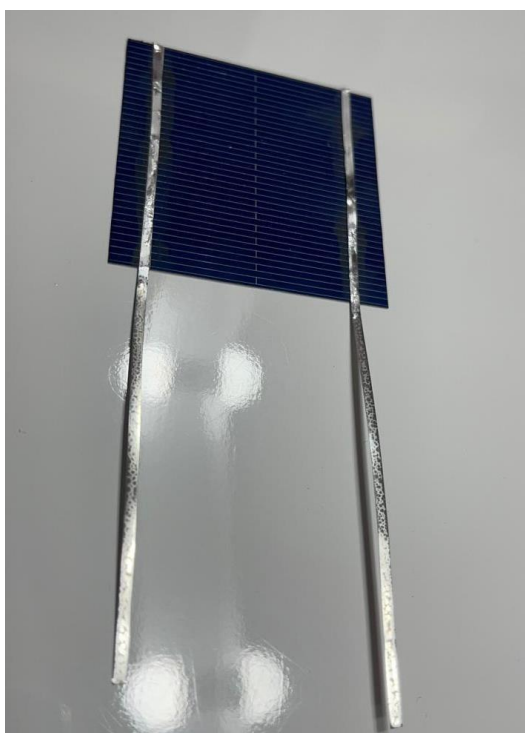
Figura 26: Fita De Estanho



Fonte: Autoria própria, (2023).

Logo após esse processo, é efetuado o método de soldagem da fita de estanho *tab wire*, no qual é derretida uma camada de solda sobre as fitas que estão dispostas nas células solares, de forma a prende-las entre si. A Figura 27 mostra em detalhe como é feita essa montagem. Esse processo deve ser feito com bastante cuidado, pois as células solares são muito frágeis e podem ser quebradas facilmente.

Figura 27: Fita de estanho soldada na célula



Fonte: Autoria Própria, (2023)

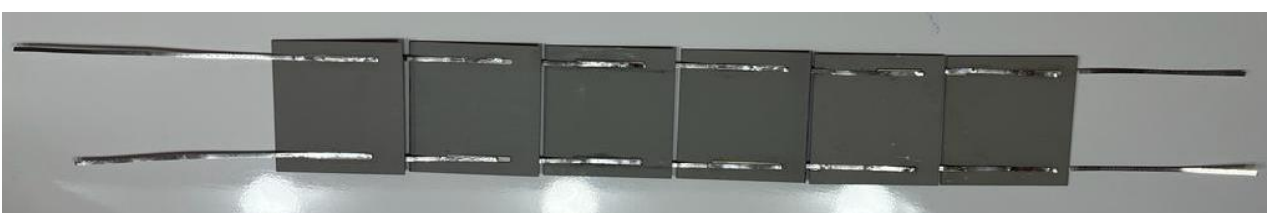
Nesta seção, conforme ilustrado na figura 29, ocorre o procedimento de interligação das células solares. Esse processo envolve a soldagem das fitas de estanho da parte posterior de uma célula à parte frontal da célula seguinte, continuando assim até o final da fileira formada. É importante destacar que a parte superior da célula representa a polaridade negativa, enquanto a parte inferior é a polaridade positiva. Neste painel solar, foram empregadas 36 (trinta e seis) células fotovoltaicas, distribuídas em seis fileiras com seis células cada uma.

Figura 28: conexão entre as células solares parte negativa



Fonte: Autoria própria, (2023).

Figura 29: conexão entre as células solares parte positiva



Fonte: Autoria própria, (2023).

Após a conclusão desse estágio, utiliza-se cola ou resina UV para aderir as células à placa base escolhida. Mesmo após o processo de fixação, filas de fios de tabulação permanecem expostos e soltos, prontos para a etapa de soldagem entre as células. A Figura 30 ilustra de maneira abrangente todo esse procedimento.

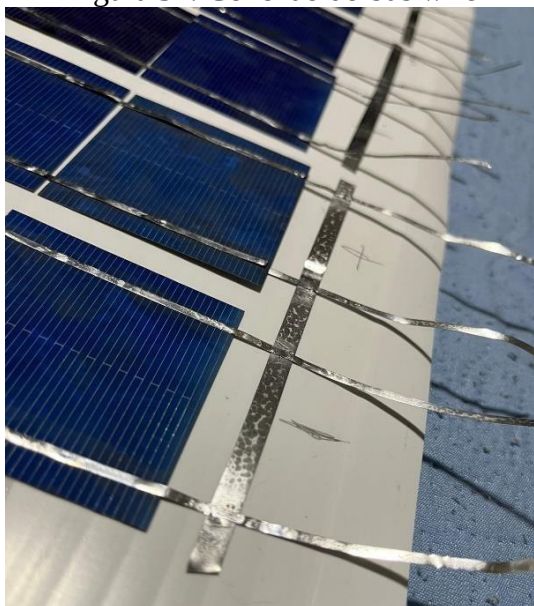
Figura 30: Células solares coladas no PVC



Fonte: Autoria própria, (2023).

O passo seguinte assume uma importância significativa, pois envolve a soldagem da fita de estanho mais larga, conhecida como *bus wire*, na primeira célula da fileira. Essa conexão desempenha um papel essencial na interligação das fileiras e, conseqüentemente, na conexão dos fios. Em última análise, o *bus wire* é utilizado para conectar todas as fileiras entre si. É crucial observar que as junções das fileiras apresentam polaridades opostas, conforme ilustrado na Figura 31.

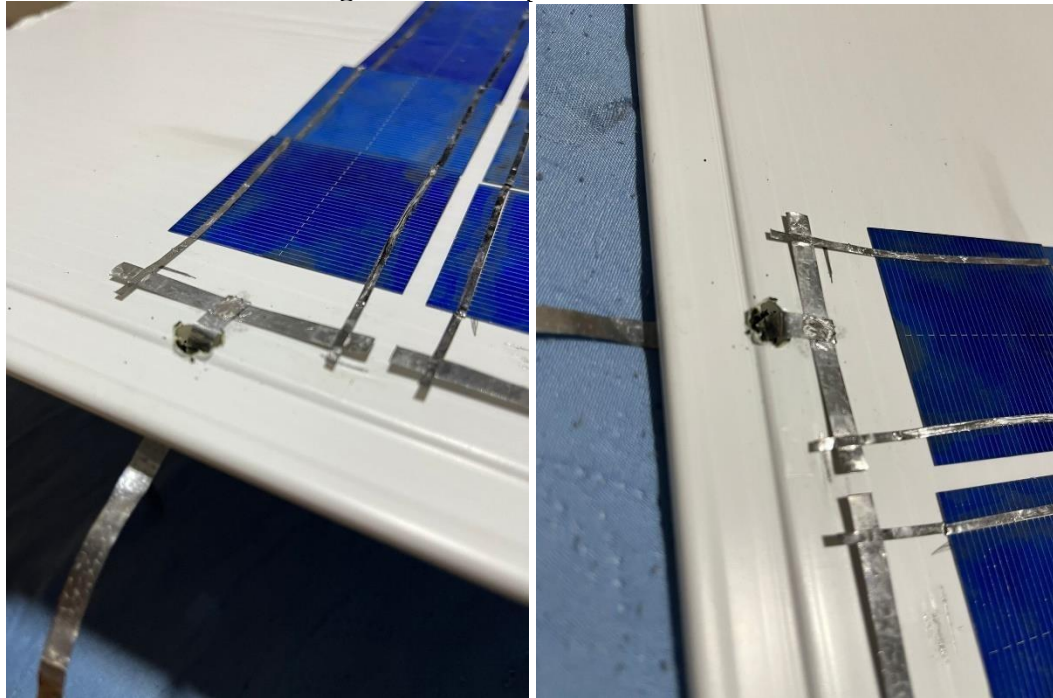
Figura 31: Conexão do bus wire



Fonte: Autoria própria, (2023).

5.2 Construção da moldura do painel

Deve-se colar o módulo fotovoltaico na moldura, verificar se as células estão presas corretamente e perfurar dois furos na parte de trás do painel para deslocar o *bus wire*, que irá ser utilizado para a ligação dos fios, como segue na Figura 32.

Figura 32:Furos para o *bus wire*

Fonte: Autoria própria, (2023).

No processo de construção da moldura de um painel é fundamental colocar as células sobre uma base, mede-se a área do painel solar para então cortar base, onde nesse caso usamos o material PVC com comprimento de 40cm de largura por 50cm de comprimento, deixando-se um espaço a mais nas laterais para ligação dos fios e para proteção das células, conforme mostra a figura 34.

Figura 33: Painel solar



Fonte: Autoria própria, (2023).

5.3 Conexão dos fios do painel

Nesta etapa final é necessário fazer as ligações dos fios de condução da placa, considerando-se o fio azul (-) negativo e o fio branco (+) positivo. O exemplo é mostrado na figura 35.

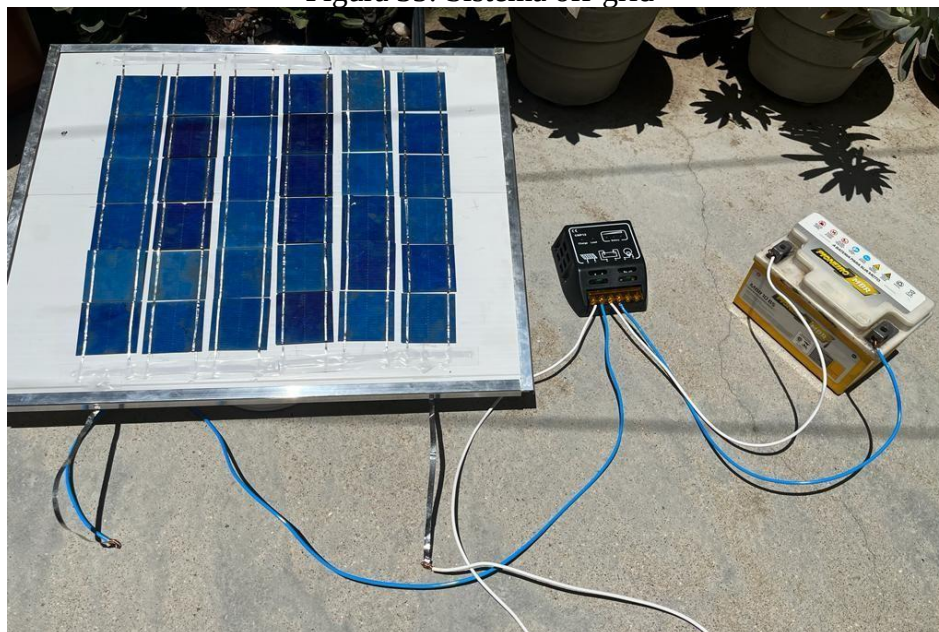
Figura 34: ligações dos fios



Fonte: Autoria própria, (2023).

Após isto, os polos positivo e negativo do painel são conectados a um controlador de carga. Tal equipamento é responsável por controlar a tensão elétrica (V) de saída do módulo fotovoltaico ao dispositivo final (armazenador de carga). Por fim, o controlador de carga é ligado a uma bateria que é responsável por armazenar a energia gerada pelo sistema fotovoltaico, podendo tal energia também ser utilizada de forma instantânea. Fazendo assim um sistema de energia autônomo que não está conectado à rede elétrica, sistema *off-grid*. A figura 36 mostra como foi feita a ligação.

Figura 35: Sistema off-grid



Fonte: Autoria própria, (2023)

Todavia, é fundamental que durante o processo de montagem de uma placa solar seja utilizada luvas, pois, a gordura corporal pode danificar as células e também é recomendável usar-se como material auxiliar um multímetro digital, para a medição de corrente e tensão do circuito a ser desenvolvido.

5.4 Custo total para construção do painel

De acordo com os materiais utilizados para a montagem do painel, é possível estimar um custo total para o projeto, conforme mostrado na Tabela 6. Os valores abaixo mensurados foram pesquisados em sites na internet, e considera apenas o valor líquido do produto, ou seja, para aquisição desses componentes deve-se ainda incluir o valor cobrado de frente dependendo da sua região. Diante disso, é mostrada uma estimativa do custo total.

Tabela 6: Custo total Placa

Descrição	Referência	Valor (R\$)	Quant.	Valor total (R\$)
Célula solar	Site aliexpress	71,21	1	71,21
Fita de estanho	Site aliexpress	15,50	1	15,50
Caneta de Fluxo	Site aliexpress	11,20	1	11,20
Material PVC	Site aliexpress	23	1	23
Fio condutor	Material de construção	1,75 / metro	2	3,50
Custo total do produto				124,41

Fonte: Autoria própria, (2023)

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse capítulo são abordados os resultados e discussões relacionados ao procedimento realizado com o painel fotovoltaico desenvolvido de maneira prática e de forma artesanal.

6.1 Desempenho do protótipo desenvolvido

No decorrer do procedimento experimental, no qual o protótipo desenvolvido foi submetido a um caso prático, observou-se que o sistema, de forma geral, se comportou perfeitamente bem. Todo o conjunto apresentou um excelente desempenho, principalmente aqueles cujo funcionamento é indispensável para a eficiência do projeto.

Levando em conta todos os materiais utilizados, a célula solar desempenhou um papel fundamental no painel, evidenciando eficiência. Diante disso, antes de conectar todo o painel, realizamos testes em cada linha de células, que eram compostas por seis células fotovoltaicas. Todas as linhas exibiram valores médios de tensão muito próximos umas das outras. Utilizamos um multímetro para conduzir esses testes, conforme ilustrado na Figura 36.

Figura 36: Testes em cada linha de células



Fonte: Autoria própria, (2023).

Conhecendo a tensão nominal de cada células e que o painel era composto por trinta e seis células com uma tensão de 0,5 V cada, foi feito um simples cálculo para calcular a tensão nominal do painel.

Tendo que:

$$TN = NC \times TC$$

TN é a tensão nominal,

NC é o número de células,

TC é a tensão de cada célula,

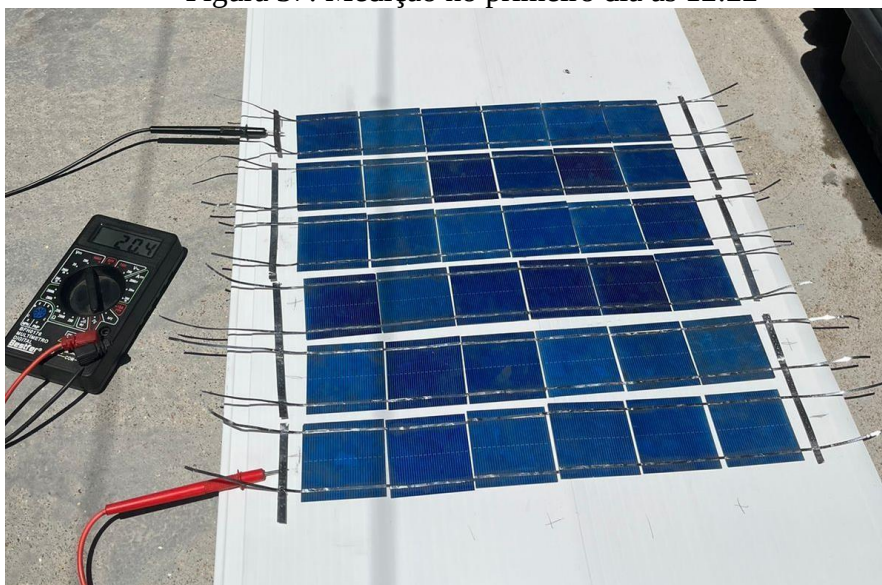
$$TN = 36 \times 0,5$$

$$TN = 18 V$$

6.1.1 Primeiro dia de Testes

Após calcular a tensão nominal do painel, realizamos observações em diferentes horários ao longo de três dias para fins de comparação entre a tensão nominal e a tensão real. No primeiro dia dessa análise, o painel foi observado às 12:22, resultando em uma produção efetiva de 20,4 volts. A figura 38 ilustra a medição realizada com um multímetro

Figura 37: Medição no primeiro dia as 12:22

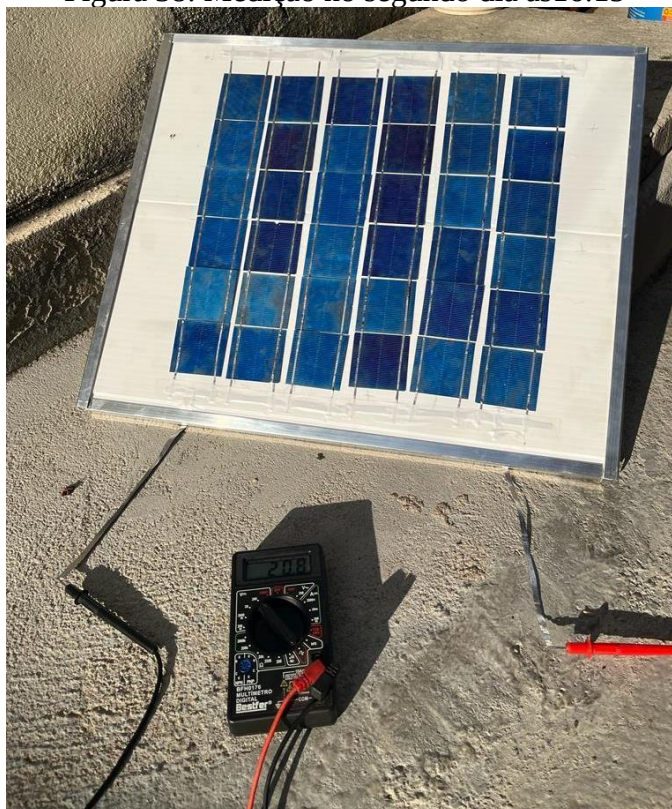


Fonte: Autoria própria, (2023)

6.1.2 Segundo dia de Testes

No segundo dia de análise, ocorreu a inspeção do painel por volta das 16:15, o que resultou em uma produção efetiva de 20,8 volts. Notavelmente, essa tensão foi praticamente idêntica àquela obtida no teste realizado no primeiro dia. A figura 39 fornece detalhes sobre a medição realizada com um multímetro.

Figura 38: Medição no segundo dia as 16:15



Fonte: Autoria própria, (2023).

6.1.3 Terceiro dia de testes

No terceiro e último dia de análise, realizou-se a verificação do painel por volta das 9h30, resultando em uma produção efetiva de 19,5 volts. É importante destacar que essa tensão foi praticamente idêntica àquela obtida nos testes realizados nos dois dias anteriores. A figura 40 apresenta detalhes da medição feita com um multímetro.

Figura 39: Medição no terceiro dia as 9:30



Fonte: Autoria própria, (2023).

Com base nos três testes realizados ao longo de três dias para comparar a tensão nominal do painel com a tensão real, pode-se tirar algumas conclusões: No primeiro dia a produção efetiva de 20,4 volts é próxima à tensão nominal do painel, indicando que o painel estava funcionando quase conforme o esperado naquele momento.

No segundo dia a produção efetiva de 20,8 volts também é muito próxima à tensão nominal e semelhante à medida do primeiro dia. Isso sugere que, mesmo em um horário diferente, o desempenho do painel foi consistente. No terceiro e último dia de testes e observações a produção efetiva de 19,5 volts, mais uma vez, é praticamente idêntica àquelas dos dois dias anteriores. Isso indica uma certa consistência no desempenho do painel solar em diferentes momentos do dia.

Em resumo, com base nos resultados desses testes, podemos concluir que o painel solar demonstrou uma notável estabilidade em sua produção de tensão ao longo desses três dias. Isso sugere que o painel está funcionando de maneira consistente e próxima à sua tensão nominal, independentemente da variação de horário. No entanto, é importante lembrar que esses testes são apenas uma parte da avaliação do desempenho de um painel solar, e outras medições e análises podem ser necessárias para uma compreensão completa de seu funcionamento.

6.2 Comparação dos valores nominais aos valores reais

Os valores nominais e reais de uma placa solar podem diferir dependendo de vários fatores, incluindo as condições ambientais, a orientação da placa, a eficiência do sistema e a qualidade dos componentes.

A diferença dos valores nominais e reais podemos analisar pela potência nominal e a potência real, onde:

Potência nominal: É a potência máxima que uma placa solar pode produzir sob condições ideais de teste, geralmente medida em laboratório com uma temperatura ambiente controlada e uma irradiância solar específica geralmente 1000 watts por metro quadrado - W/m^2 e uma temperatura da célula de 25°C. Essa é a potência que o fabricante informa na placa solar.

Segundo o fornecedor a célula solar tem 0,46w. Nosso painel é composto por 36 células fotovoltaicas. Tendo esses valores, basta fazer um simples calculo que teremos a potência nominal.

Onde:

$$Potencia\ Nominal = N^o\ Células \times Potencia\ da\ Célula$$

$$Potencia\ Nominal = 36 \times 0,46$$

$$Potencia\ Nominal = 16,56\ W$$

Potência real: É a potência real que uma placa solar produz em condições do mundo real. Essa potência pode variar significativamente devido a vários fatores, incluindo a localização geográfica, a inclinação e orientação da placa, sombreamento, sujeira e variações de temperatura.

Na potência real é preciso medir o valor da tensão e da corrente que o painel fotovoltaico produz para termos o valor da potência real. Feito teste no painel como mostra o item 6.1 analisamos o painel 3 dias em horários diferentes. Tendo assim conseguido uma tensão média de 20,8 V. Analisamos também a corrente do painel como mostra na figura 40, onde foi medido uma corrente de 0,86 A.

Figura 40: Medição da corrente do Painei



Fonte: Autoria própria, (2023)

Tendo medido os valores de tensão e corrente, podemos fazer um simples cálculo para encontrar a potência real gerada pelo painel.

Onde:

$$Potencia Real = V \times I$$

V= Tensão real medida

I= Corrente real medida

$$Potencia Real = 20,8 \times 0,86$$

$$Potencia Real = 17,9 W$$

É importante entender que os valores nominais fornecidos pelo fabricante são apenas referências e não refletem necessariamente o desempenho real da placa solar em condições do mundo real. O valor real vai depender da montagem do sistema, a localização, a irradiação no momento de medição e outros fatores que podem afetar a produção de energia real de um sistema de energia solar.

6.3 Funcionamento da placa na carga da bateria

A placa solar carrega a bateria armazenando a energia solar convertida em eletricidade na bateria. Essa energia armazenada pode ser usada para alimentar dispositivos e aparelhos elétricos quando a energia solar não está disponível, como durante a noite ou em dias nublados. O controlador de carga desempenha um papel crucial na regulação desse processo, protegendo a bateria e garantindo um funcionamento eficiente do sistema.

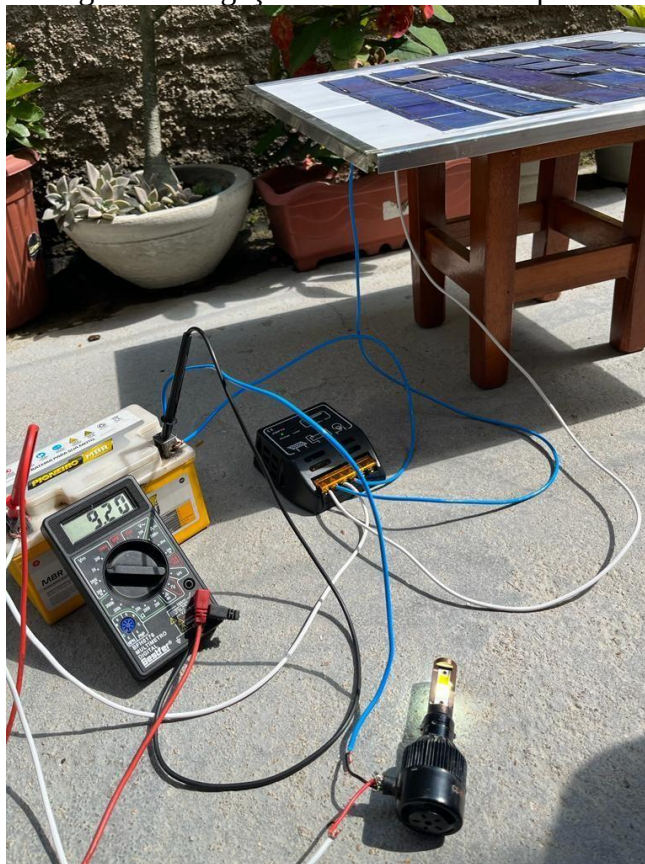
Nesse cenário, utilizamos uma bateria que estava descarregada como uma forma de teste para verificar se o painel solar estava conectado corretamente e funcionando adequadamente. A bateria tinha uma tensão inicial de 8,60 V. Em seguida, conectamos a bateria a um controlador de carga que estava ligado ao painel fotovoltaico. Para acompanhar o processo, usamos um multímetro para medir a tensão da bateria após ela ter sido carregada pelo painel solar, conforme ilustrado na figura 41. Após o processo mencionado, realizamos testes adicionais na bateria usando uma luz de LED. Conduzimos esses testes tanto com a placa solar conectada como desconectada, a fim de avaliar o desempenho da bateria em ambas as condições. A figura 42 mostra o resultado obtido através desse teste.

Figura 41: Painel conectado a bateria



Fonte: Autoria própria, (2023)

Figura 42: Ligação da luz de LED no painel



Fonte: Autoria própria, (2023).

6.4 Principais dificuldades durante a realização do experimento

A montagem de um painel solar é um processo que abrange diversas etapas e enfrenta vários desafios, desde a fase de planejamento até a instalação final do painel. Uma das dificuldades cruciais que surgiram ao longo desse projeto está relacionada à montagem e conexão das células solares. Isso se deve, em parte, à fragilidade dos materiais utilizados na fabricação das células e à necessidade de extrema precisão durante o processo de soldagem, a fim de assegurar que todas as conexões elétricas sejam realizadas de forma adequada. Em resumo, a fabricação de painéis solares envolve uma série de desafios técnicos, de qualidade, ambientais e regulatórios que precisam ser abordados para produzir painéis solares eficientes e confiáveis. Outra dificuldade reside na busca dos materiais necessários para a construção do painel solar, como, por exemplo, a aplicação de uma resina UV sobre as células solares no final da montagem, que é essencial para garantir a durabilidade das células. Contudo, esse material muitas vezes é de difícil obtenção.

6.5 Principais vantagens oferecidas pelo sistema desenvolvido

Ao realizar este experimento, pôde-se aproveitar as vantagens proporcionadas pelo sistema. O processo de montagem de um sistema solar se revela uma oportunidade extraordinária de aprendizado, permitindo a aquisição de um conhecimento prático a respeito do funcionamento e instalação de sistemas solares. Esse aprendizado possibilita a habilidade de projetar e ajustar um sistema solar de acordo com necessidades energéticas específicas, adaptando-o de maneira precisa ao consumo de eletricidade. A montagem de suas próprias placas solares também se destaca como uma opção economicamente vantajosa quando comparada à aquisição de painéis solares pré-fabricados. Isso se traduz em economia significativa ao adquirir células solares em grande quantidade e construir os painéis por conta própria

6.6 Considerações para a expansão do sistema

Dado que usinas gigantescas já estão em operação, é possível expandir e aprimorar o sistema desenvolvido para atender às necessidades de consumo. A quantidade de painéis fotovoltaicos exigidos para o funcionamento eficaz do sistema varia conforme a complexidade do projeto. Cada empreendimento possui suas próprias especificações, incluindo o número de componentes a serem incorporados e as especificações técnicas, que são determinadas pelos resultados almejados. É fundamental ressaltar que, para assegurar uma otimização eficiente do processo, um planejamento sólido é indispensável para que se garanta uma melhor eficiência nesse processo.

7 CONCLUSÕES

O trabalho desenvolvido foi fundamentado em estudos relacionados ao tema proposto, no qual, foi feita uma abordagem sobre energias renováveis e suas principais fontes. Ao longo desta pesquisa, abordamos os elementos essenciais da construção de um painel fotovoltaico, desde os fundamentos da conversão de energia solar em eletricidade até as etapas práticas de design, construção e teste de um sistema fotovoltaico.

Primeiramente compreendemos a importância da energia solar na transição energética global. Os sistemas solares se tornaram uma opção viável e sustentável para a geração de eletricidade devido aos avanços tecnológicos e à crescente conscientização sobre os efeitos das fontes de energia convencionais no meio ambiente. Além disso, exploramos os componentes essenciais de um painel fotovoltaico, desde as células solares, controladores de carga e baterias, quando aplicáveis. A seleção adequada desses componentes e a consideração de fatores como a localização geográfica e a inclinação do painel são cruciais para o desempenho ideal do sistema.

Diante de todo o processo também percebemos a importância da qualidade dos materiais e da mão de obra. A eficiência e a durabilidade do sistema dependem de uma montagem precisa e de materiais resistentes às condições ambientais, como radiação solar, vento e chuva.

Podemos verificar a eficácia de nosso painel fotovoltaico caseiro durante nossos experimentos práticos. Os resultados mostraram que a luz solar pode produzir eletricidade eficiente e confiável de forma limpa e renovável com cuidados adequados na montagem e configuração.

Em última análise, este estudo reforça a importância da energia solar como uma alternativa sustentável às fontes de energia convencionais e mostra que a construção de um painel fotovoltaico pode ser uma iniciativa viável para aqueles que desejam ajudar a reduzir as emissões de carbono e promover fontes de energia limpas.

Por fim, esta pesquisa serve como um ponto de partida para estudos e avanços futuros sobre energia solar, à medida que continuamos a procurar maneiras de aproveitar o potencial inesgotável da energia solar.

REFERÊNCIAS

A PRODUÇÃO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. São Paulo: Revista Eletrônica Direito E-Nergia, 2012.

ALDINO, João Tavares Pinto/ Marco Antonio. **Manual de Engenharia Para Sistemas Fotovoltaicos.** 2012. 530 f. TCC (Doutorado) - Curso de Engenharia Eletrica, Ufpa/Cepel, 2012, 2012.

ARBOIT, Nathana Karina Swarowski. **POTENCIALIDADE DE UTILIZAÇÃO DA ENERGIA GEOTÉRMICA NO BRASIL.** São Paulo: Revista do Departamento de Geografia – Usp, 2013.

BIOMASSA COMO ENERGIA RENOVÁVEL NO BRASIL. Maringá: Revista Uningá, 2016.

COMO construir um painel solar. **WikiHow.** Disponível em: <
<https://pt.wikihow.com/Construir-um-Painel-Solar>>. Acesso em: 12 março 2021.

ENERGIA EÓLICA E OS IMPACTOS AMBIENTAIS: UM ESTUDO DE REVISÃO. Maringá: Uningá, 13 jul. 2023.

ENERGIA MAREMOTRIZ. Paraná: Revista Técnico-Científica, 03 ago. 2023.

ESCOBAR, Rafael Montagner. **ESTUDO DE USINA GEOTÉRMICA A VAPOR, EFICIÊNCIA E CUSTOS NO BRASIL.** 2014. 57 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Instituto Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2014.

EVES, G. M. **Influência do espectro da radiação solar em módulos fotovoltaicos.** Tese (Mestrado em engenharia e tecnologias espaciais), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São Paulo, 2016. 240 p.

GOLDEMBERG, José. **Biomassa e energia.** São Paulo: Universidade de São Paulo, 2009.

LANA, Thiago Rocha. **ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: REVISÃO BIBLIOGRAFICA**. Minas Gerais: Fic/Unis, 2020.

LOPES, Cinthya Borges. **ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO FONTE DE GERAÇÃO DE ENERGIA COMPLEMENTAR NA INDÚSTRIA PARAIBANA: UM ESTUDO DE CASO**. João Pessoa: Cear /Deer/ Probex., 2012.

MARTINS, Fernando. **O aproveitamento da energia eólica**. São José dos Campos: Revista Brasileira de Ensino de Física, 2007.

MAUAD, Frederico Fábio. **Energia Renovável no Brasil**: análise das principais fontes energéticas renováveis brasileiras. São Carlos: Eesc/Usp, 7.

ORTIGNON, Simone. **Painéis solares: Ligação em Paralelo**. 2011. Disponível em: <https://www.mpptsolar.com/pt/paineis-solares-em-paralelo.html>. Acesso em: 10 ago. 2023.

PEREIRA, E. B. (2017). **Atlas Brasileiro de Energia Solar- 2ª edição**. São José dos Campos: INPE.

PEREIRA, Enio Bueno. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. São José dos Campos - Brasil: Inpa, 2017.

PEREIRA, Geraldo Magela. **HISTÓRIA DAS USINAS HIDRELÉTRICAS**. Brasília: Universidade de Brasília, Df, Brasil., 2015.

PEREIRA, Vitor Manoel de Souza. **ANÁLISE DAS PERDAS DE EFICIÊNCIA EM MÓDULOS FOTOVOLTAICOS**. 2021. 74 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência e Tecnologia, Ufersa, Caraúbas, 2021.

PINHO; GALDINO, JOÃO TAVARES; MARCO ANTONIO. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Cepel – Cresesb, 2014

PINTO, Marina Aparecida. **UTILIZAÇÃO DE PAINÉIS SOLARES FOTOVOLTAICOS NO SEGMENTO RESIDENCIAL**. 2015. 70 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Unesp, Guaratinguetá - Sp, 2015.

RODRIGUES, Gabriel Sopran Rocha/ Odiney Silva. **ESTUDO DE VIABILIDADE DE UM SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PELO EFEITO FOTOVOLTAICO**. 2019. 66 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Unievangélica, Anápolis / Go, 2019.

SOLAR, Portal. **Efeito fotoelétrico x efeito fotovoltaico: quais as diferenças?** 2014. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/efeito-fotoeletrico-efeito-fotovoltaico>. Acesso em: 18 ago. 2023.

UFJF, Pet Elétrica. **Como funciona: Energia Solar Fotovoltaica**. 2016. Disponível em: <https://energiainteligenteufjf.com.br/como-funciona/energia-solar-fotovoltaica/>. Acesso em: 15 ago. 2023.

VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**. 1ª ed. Editora Érica, São Paulo, 2012.

WOLF, Thais Machado Vieira¹ Gabriele. **CONSTRUÇÃO DE PROTÓTIPO DE PAINEL SOLAR FOTOVOLTAICO**. Florença: Unifasipe, 2018.

ZIDORO, Erick Santos. **Painel Solar: uma alternativa para a geração de energia**. Fluminense: Painel Solar, 2010.

ZILLES, Roberto et al. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica**. 1. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2012. 208 p.