

ESTUDO DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EM UMA ESCOLA MUNICIPAL DE ANGICOS-RN

João Victor Albuquerque Pereira¹, Gislene Micarla Borges de Lima²

Resumo: O crescimento permanente da necessidade energética, a limitação da disponibilidade de combustíveis fósseis, e principalmente, a intensificação do efeito estufa devido à emissão de gases poluentes vêm gerando uma busca por soluções tecnológicas que não só atendam às demandas econômicas da sociedade mas que sejam menos agressivas ao meio ambiente. Nessa perspectiva, as fontes de energias limpas e renováveis tais como, o sol e o vento aparecem com grande destaque atualmente. Neste artigo, será dada atenção ao processo de geração de energia elétrica por meio de um sistema fotovoltaico *off-grid*, abordando os aspectos de engenharia inerentes ao processo. O estudo trata-se de uma análise experimental de um projeto desenvolvido em uma escola municipal de Angicos-RN, no qual foram feitas comparações da eficiência energética do módulo solar fotovoltaico entre a posição fixa 4° N e com variação de sua posição geográfica e inclinação angular. Com base nessas análises, pode-se notar que o município apresenta grande potencial energético para utilização de sistemas fotovoltaicos, como também o sistema móvel apresenta melhor desempenho energético comparado a posição fixa analisada.

Palavras-chave: Energia Limpa ; Energia Solar; Angicos-RN, Sistema Fotovoltaico.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos últimos anos, a dependência da sociedade moderna por recursos energéticos vêm se tornando cada vez mais acentuada. O crescimento dos espaços urbano-industriais, impulsionados pelos notórios avanços científicos e tecnológicos mundiais, resultaram em um intenso aumento no uso da energia elétrica. Dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) indicam que a demanda de energia no Brasil irá crescer 3,6% ao ano até 2029 (EPE, 2017). A matriz elétrica mundial, conjunto de fontes disponíveis unicamente para a produção de energia elétrica (EE), é baseada, predominantemente, por combustíveis fósseis, tais como, carvão, óleo e gás natural. As explorações de reservas de combustíveis fósseis ocasionam um cenário preocupante para a geração atual e para as próximas, tais matérias-primas são consideradas não renováveis, pois levam milhões de anos para serem geradas e são finitas e, durante o processo de combustão, vários prejuízos ainda são produzidos ao meio ambiente, como por exemplo, a liberação de dióxido de carbono na atmosfera que contribui, significativamente, para intensificação do efeito estufa, aumentando potencialmente o aquecimento global.

Diante da abundância de recursos hídricos e do baixo custo na produção de EE, o Brasil destaca-se por ter uma matriz mais renovável, uma vez que parte da EE brasileira tem como origem usinas hidrelétricas. Contudo, apesar das usinas hidroelétricas fazerem uso de uma fonte natural renovável, o processo de construção das usinas pode provocar alterações significativas na paisagem e grandes desmatamentos que podem provocar prejuízos à fauna e à flora. Além dos impactos ambientais provenientes do processo de geração, existe, também, o problema da baixa nos níveis de água em reservatórios proveniente de fatores climáticos a qual impulsionou, no país, a busca pelo uso de novas fontes energéticas (DE CASTRO LIMA et al., 2019).

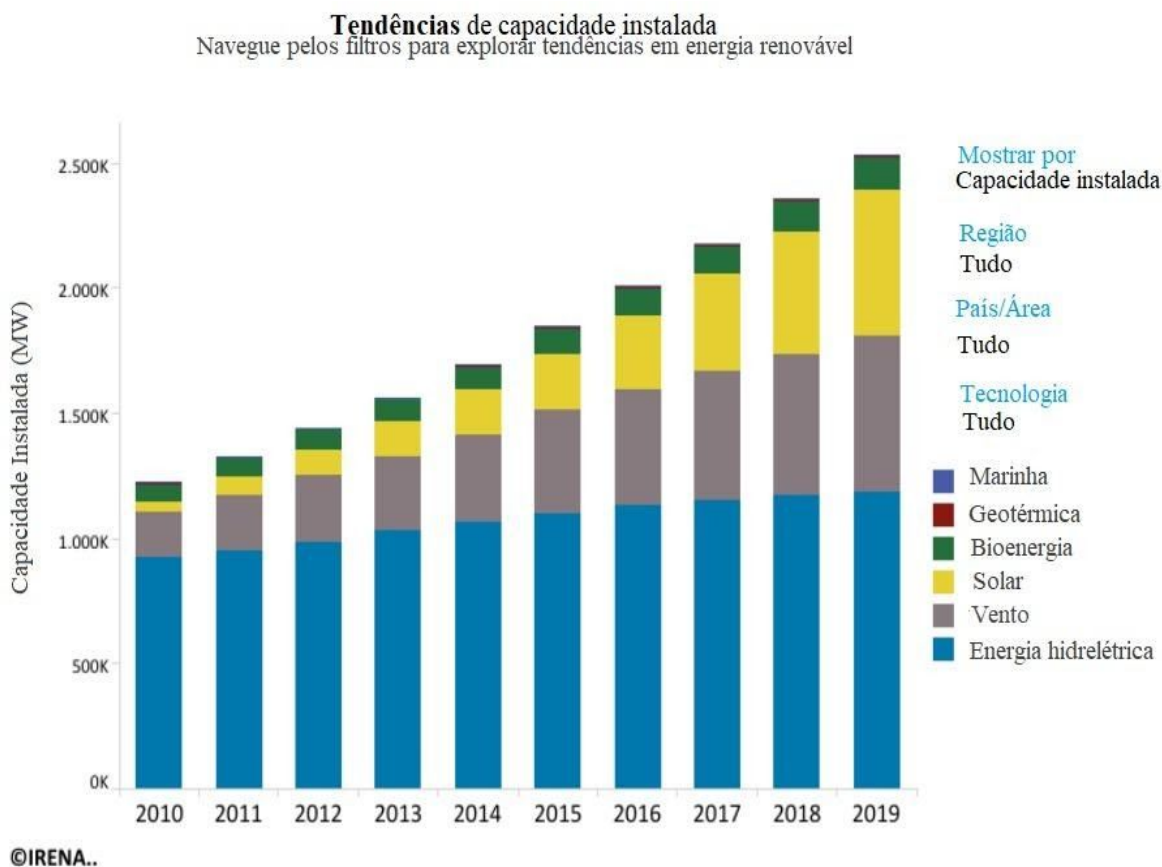
Neste contexto, países do mundo inteiro buscam por fontes energéticas consideradas limpas, a fim de reduzir danos provocados ao meio ambiente, redução da dependência de combustíveis fósseis e tantos outros benefícios. As energias renováveis ultrapassam o crescimento das fontes fósseis em 2019, com a energia solar e eólica dominando a expansão em relação às outras fontes de energias renováveis (NAÇÕES UNIDAS, 2020). Neste trabalho, serão feitos apontamentos gerais sobre a implementação de um sistema de obtenção de energia elétrica usando células fotovoltaicas, como também, serão estudadas algumas variáveis que influenciam no processo de produção e distribuição da energia elétrica gerada. Na seção seguinte, será apresentado o referencial teórico que direcionou à construção desse estudo, na terceira seção a metodologia utilizada na execução do projeto será discutida e, por fim, serão feitos os apontamentos conclusivos.

2. APONTAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Fontes de energia renováveis e tendências do uso

Fontes renováveis são aquelas que têm a capacidade de se manter disponível durante longos períodos de tempo, através de recursos naturais que se regeneram ou se mantêm ativos, como por exemplo, o sol e os ventos. Dentre as fontes de energias renováveis mais usadas para produção de energia elétrica destacam-se: **(i)** A água disposta em situação de queda, neste caso, as hidrelétricas utilizam a energia potencial gravitacional da água que em seguida, se transforma em EE a fim de fazer girar as pás de uma turbina interligada a um gerador elétrico e que, consequentemente, pelo princípio de indução eletromagnética, produz EE; **(ii)** O vento, neste tipo de sistema para o processo de geração de EL, são utilizados aerogeradores que através de suas pás captam a energia do vento e a transformam em EE; **(iii)** O sol: a radiação emitida pelo sol é captada por painéis compostos por células fotovoltaicas que têm a capacidade de converter a luz (**radiação**) em EE; **(iv)** A biomassa, o processo de geração se dá através da combustão da biomassa, consequentemente, o vapor produzido é direcionado para mover a turbina de um gerador elétrico, gerando eletricidade (INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY, 2020). De acordo com relatório feito pela Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA), a capacidade de instalação de energias renováveis estão cada vez mais baratas quando comparadas as gerações a partir de fontes fósseis, o relatório mostra que a capacidade renovável instalada em 2019 obteve gastos mais baratos que as usinas de carvão mais baratas em operação que existem e que os custos de eletricidade da energia solar fotovoltaica em escala de utilidade caíram 13% ano a ano, chegando a quase sete centavos de dólar (USD 0,068) por quilowatt-hora (kWh) em 2019 (INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY, 2020). Podemos observar abaixo a tendência da geração de EL por fontes renováveis até o ano de 2019:

Figura 1: Tendência da capacidade de energias renováveis instalada (Adaptada da IRENA).



Fonte: Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA).

O gráfico da Figura 1 mostra o crescimento das energias renováveis entre os anos de 2010 e 2019, pode-se notar que a energia hidrelétrica lidera na geração de energia entre as renováveis, contudo as energias solar e eólica foram as que mais cresceram entre esses anos, seguindo essa mesma tendência de crescimento, logo irão liderar a matriz energética mundial.

2.1 Parâmetros no processo de produção

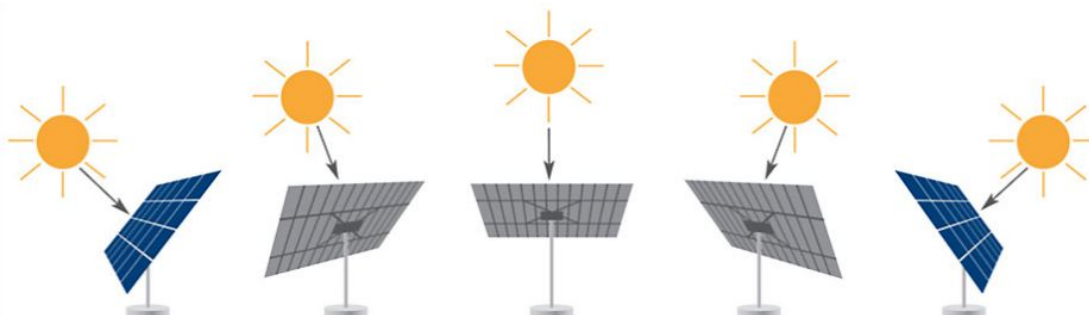
Atualmente, a radiação proveniente do sol consiste em uma das mais importantes fontes de energia renovável (A. LIMA et al., 2020). Principalmente, a faixa espectral da luz infravermelha e visível, capaz de ser convertida, diretamente, em calor ou em energia elétrica (EE) por meio de dispositivos adequados. As células fotovoltaicas são dispositivos capazes de transformar a energia proveniente da radiação solar em EE e, nesse processo, estudos mostram que na produção deve-se levar em consideração alguns fatores tais como: localização geográfica a qual a placa fotovoltaica está disposta, tipo de placa utilizada, e variações climáticas locais (A. LIMA et al., 2020).

Localização geográfica

Em situações de maior iluminação, as superfícies do planeta terra recebem do sol uma densidade de potência de aproximadamente 1000 Watts/metros², ocorrendo variações em função da estação do ano, hora e do dia, além da localização geográfica, sendo a incidência superior em regiões com menor latitude (DE OLIVEIRA FERNANDES et al., S.d). Ao atentarmos um pouco sobre a energia solar, o Brasil se mostra ótima opção para implementação de sistemas fotovoltaicos devido sua posição geográfica privilegiada, atualmente, o país utiliza a energia solar em indústrias, comércios e residências. Por conta das enormes vantagens para a maioria dos consumidores de energia elétrica, principalmente os residenciais, a tecnologia fotovoltaica cresce a passos largos. Os sistemas de energia solar fotovoltaica têm uma tendência de chegar ao final de 2024 com mais de 886.700 mil sistemas instalados (COLAFERRO, 2018).

Em usinas fotovoltaicas a implementação de seguidores solar é cada vez mais comum, esses dispositivos alteram a posição dos painéis várias vezes ao longo do dia, acompanhando a angulação do sol com o objetivo de captar o máximo de incidência solar, aumentando, significativamente, a produção de energia elétrica (PASSOS, 2016).

Figura 3: Seguidor solar



Fonte: Solar Motors

Sistemas com seguidores solares proporcionam um desempenho melhor na geração de energia do que os sistemas fixos, isto ocorre devido ao aumento da exposição direta aos raios solares, esse ganho pode alcançar valores de 25 a 45%. De certa forma, e com as devidas características, faz sentido dizer que um sistema com seguidor solar que aumenta em 30% o ganho de energia é semelhante a um sistema fixo 30% maior (PORTAL SOLAR, 2020).

Característica das placas

As placas solares comumente usadas são as de silício policristalino e as de silício monocristalino, a placa de silício policristalino é mais utilizada no mercado brasileiro devido seu preço ser mais barato, além de ter um excelente custo-benefício, esse tipo de placa é formada por vários cristais de silício, por isso, o nome policristalino, ela é mais resistente às altas temperaturas, todavia a de silício monocristalino é mais eficiente, sendo feita de um único cristal de silício puro, esse tipo de placa ocupa um menor espaço, gerando a mesma

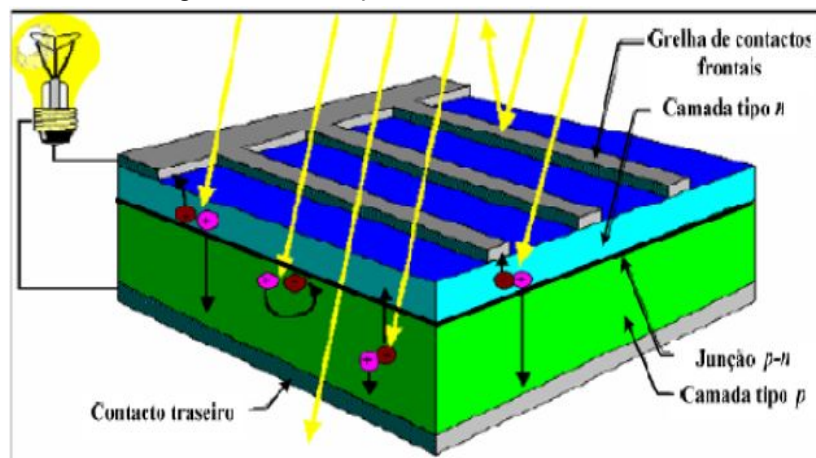
quantidade de eletricidade, em locais de menor intensidade solar elas também são mais eficientes (ENEL X, 2020).

2.2 Funcionamento das placas solares

O efeito fotovoltaico foi descoberto por um físico francês chamado Edmond Becquerel, que após estudos com placas metálicas observou que quando as placas eram mergulhadas em um líquido condutor e expostas à luz solar geram uma pequena corrente elétrica (M. VALLÈRA, 2006). Em 1873, o cientista Willoughby Smith observou que o elemento selênio respondia à luz, em seguida no ano de 1880 Charles Fritts construiu a primeira célula solar de selênio, sua criação comprovou que é possível produzir eletricidade sem usar combustíveis, apesar de sua célula ter apenas 1% de eficiência energética. Em 1950, pesquisadores dos Bell Laboratories, em Murray Hill, New Jersey, nos Estados Unidos da América, investigaram as qualidades do elemento silício, esse interesse pelo silício em especial, se deu devido o material ser o segundo mais abundante na terra, ocupando aproximadamente 28% da crosta, através desse estudo concluiu-se que o silício tratado, quimicamente, reagia aos raios solares gerando uma corrente elétrica (BALFOUR et al., 2016).

A célula fotovoltaica é constituída por um material semicondutor, o silício, no qual são adicionadas impurezas de dois tipos para que as células produzam o efeito fotovoltaico. As células são compostas por duas camadas: camadas do tipo-p e do tipo-n, que possuem, respectivamente, excesso de cargas positivas e excesso de cargas negativas. Na camada tipo-p são introduzidos impurezas com menos elétrons na camada de valência do que o material semicondutor da base, da mesma forma acontece com a camada tipo-n. No entanto, com impurezas com excesso de cargas negativas, ao juntar as camadas p e n dos semicondutores impuros é formada uma região de transição chamada junção p-n, onde é criado um campo elétrico que separa as cargas positivas e negativas contidas nos dois tipos de camadas. Quando os raios solares incidem na célula, os fótons são absorvidos pelos elétrons, arrancando os elétrons do material e faz com que, consequentemente, sejam conduzidos pelo campo elétrico deslocando-se para camada tipo-n, fazendo com que ocorra a passagem de corrente elétrica CC (ALVES FREITAS, 2008).

Figura 4: Constituição interna de uma célula fotovoltaica.



Fonte: Alves Freitas (2008)

Na Figura 4 é possível observar as camadas do tipo-p e tipo-n, a junção p-n onde é criado o campo elétrico que separa as cargas positivas e negativas, e os fótons atingindo a placa, mostrando como o efeito fotovoltaico acontece, assim como foi explicado no parágrafo anterior.

3 - Metodologia

O sistema de energia solar fotovoltaica implementado foi do tipo *off-grid* (do inglês: fora da rede), no qual não existem conexões com a rede de distribuição de energia elétrica da concessionária local. A princípio teria como finalidade a alimentação de uma bomba d'água, que opera em corrente contínua, não havendo necessidade do inversor de corrente, dispositivo capaz de converter a corrente elétrica contínua produzida pelo painel solar em corrente elétrica alternada, que é a que usamos em nossas residências, comumente utilizado em

sistemas *off-grid*. Ao longo do projeto foram desenvolvidos os seguintes processos: a captação da energia solar, distribuição da energia elétrica, medição com o painel fixo e com variação de angulação. O processo de captação da energia solar neste trabalho, ocorreu por meio de um painel solar fotovoltaico, com base em estudos preliminares o módulo fotovoltaico escolhido foi um de 60 Watts de potência da marca Yingli. O projeto foi desenvolvido, de forma a ter uma capacidade de produção de no mínimo 12V de tensão, para que fosse possível atender à necessidade energética de um sistema de irrigação de hortaliças automatizado. O coletor solar, conforme informações do fabricante, apresenta as seguintes especificações técnicas: potência máxima (P_{max}) igual a 60W, tolerâncias de saída de potência de aproximadamente 5%, eficiência do módulo igual a 14.40%, tensão de máxima potência (V_m) igual a 18,5 V, corrente de máxima potência (I_m) igual a 3,25 A, tensão de circuito aberto (V_{oc}) igual a 22,90 V, corrente de curto-circuito (I_{sc}) igual a 3,44 A e células de silício policristalino.

Figura 5: Painel solar Fotovoltaico



Fonte: Autoria Própria (2020)

Depois que a energia solar é absorvida, ela é direcionada para o controlador de carga, entre os dois aparelhos foi adicionando ainda um disjuntor de proteção a fim de evitar danos ao circuito em caso de curtos e sobrecargas, o disjuntor ideal para proteção do circuito seria um disjuntor Dc Cc bipolar. No entanto, em decorrência da ausência do equipamento no comércio local da cidade onde foi desenvolvido o projeto, não foi possível a incorporação do mesmo, sendo utilizado um disjuntor monopolar Ac com as seguintes especificações: Corrente nominal 16 A, 1 Polo, Tensão emprego 440Vca/250Vcc, e Frequência 50/60 Hz.

Figura 6: Disjuntor Ac monopolar



Fonte: Autoria Própria (2020)

O controlador de carga serve para alimentar e proteger o banco de baterias, agindo como um regulador das cargas que chegam e saem das baterias, já que a energia elétrica que chega é variável, pois transformada de acordo com a variação da incidência solar sendo danosa as baterias quando ligada diretamente. O controlador solar utilizado foi o 30 A PWM da marca Y-solar para painéis solares com entrada de 12 até 24 volts, foi escolhido levando em consideração sua compatibilidade com o painel e com o sistema de baterias, além de apresentar o melhor custo-benefício do mercado, algumas especificações sobre este equipamento: tensão 12V/24V DC auto, autoconsumo de 30 mA, temperatura de trabalho -35° C a + 55°C, potência em Watts suportada placa solar: 12V/390w - 24V/780w, Modo De Carga (24 horas, 12 horas, 0 horas).

Figura 7: Controlador de carga.



Fonte: Autoria Própria (2020)

Depois que as cargas elétricas são estabilizadas pelo controlador de carga, elas são direcionadas ao banco de baterias, no sistema foram utilizadas 4 baterias do tipo íons de lítio de 4V ligadas em série com intuito de somar as tensões para a alimentação do equipamento desejado, características das baterias: química com íons de lítio, capacidade de armazenamento igual a 3500 mAh, capacidade mínima de armazenamento igual a 3400 mAh, tensão de aproximadamente 4,0 V, sua vida útil é de aproximadamente 1000 Ciclos e dimensões de 18mm x 65mm. Com as baterias abastecidas, o sistema de energia elétrica fotovoltaico está pronto para ser usado para os fins desejados.

Figura 8: Banco de baterias ligadas em série



Fonte: Autoria Própria (2020)

Como medida de proteção o sistema conta com aterramento do módulo solar, a fim de evitar acidentes causados por diferença de potencial, arcos elétricos, segurança do equipamento, proteção contra descargas atmosféricas entre outros.

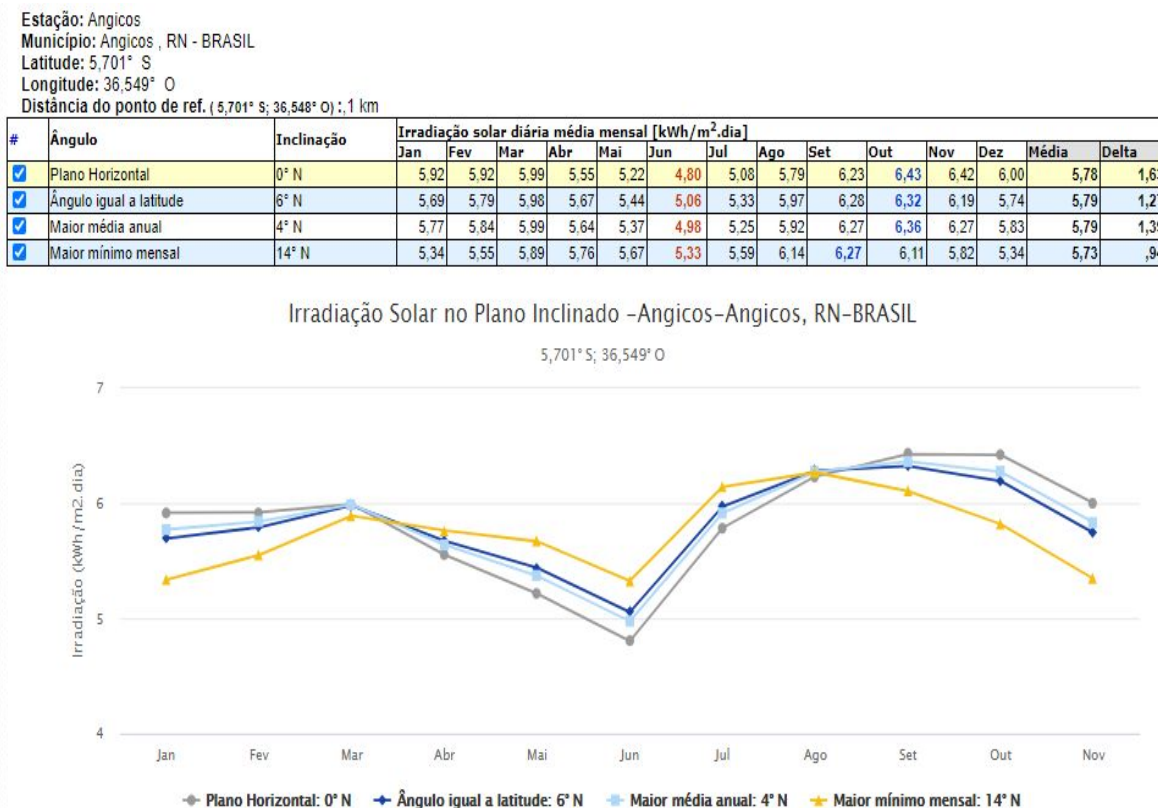
Figura 9: Sistema de aterramento do módulo solar.



Fonte: Autoria Própria (2020)

O estudo da eficiência do painel solar na posição fixa foi feito no dia 22 de setembro de 2020, a partir de dados colhidos pelo centro de energias solar e eólica Sérgio de S. Brito (CRESESB). Com o fornecimento das coordenadas geográficas do local, o site disponibiliza dados estatísticos de qual deve ser a melhor inclinação angular e posição geográfica na qual o painel fotovoltaico deve estar para que se possa absorver o máximo de incidência solar, de acordo com o gráfico fornecido, podemos observar que a melhor inclinação/posição é de 4° N ou 6° N, sendo adotado por este estudo a primeira opção 4° N (CRESESB, 2018).

Figura 10: Melhor ângulo de inclinação do módulo fotovoltaico para maior absorção de irradiação solar diária no município com base em coordenadas fornecidas do município de Angicos-RN.



Fonte : (CRESESB, 2018).

Por outro lado para o plano com variação de angulação, tendo como base o sol nascendo no Leste e se pondo no Oeste, foi feito uma simulação de como o seguidor solar funciona, acompanhando a inclinação de sol a partir das 7 horas da manhã, iniciando com uma angulação 60° Leste devido o maior desempenho nesta posição, seguindo com variações de 10° com intervalos de uma hora até as 17:00 horas da tarde no dia 23 de setembro.

4 - Resultados e Discussões

A Tabela 1 apresenta os resultados de tensão, corrente e potência elétrica produzida ao longo do dia pelo módulo fotovoltaico, com inclinação fixa de 4° N (sistema fixo) como recomendado pelo CRESESB, e especificações técnicas do módulo fotovoltaico fornecidas pelo fabricante.

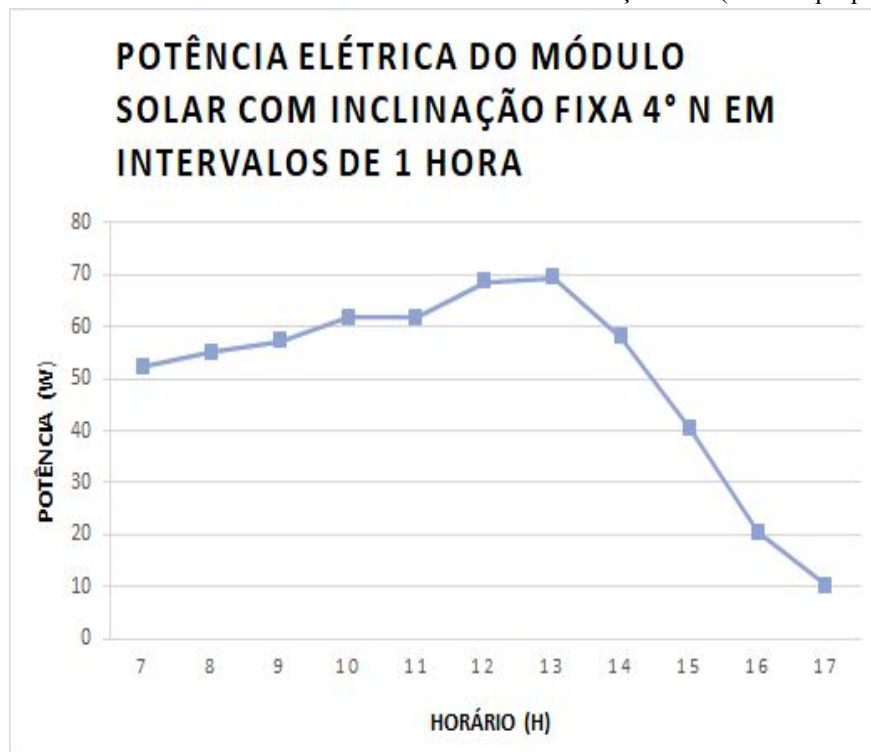
Tabela 1: Especificações técnicas e variáveis elétricas encontradas ao longo do dia pelo módulo solar com inclinação fixa. (autoria própria).

Especificações Técnicas do fabricante com erro de +/- 5%.			Dados encontrados no experimento com angulação fixa 4° N.			
Tensão máxima (v)	corrente máxima (A)	Potência máxima (w)	Horário (H)	Tensão (v)	Corrente (A)	Potência (w)
18,5	3,25	60	07:00	20,4	2,56	52,22
			08:00	21,0	2,62	55,02
			09:00	20,9	2,74	57,27
			10:00	20,4	3,03	61,81
			11:00	20,6	3,00	61,80
			12:00	19,8	3,47	68,71
			13:00	19,7	3,52	69,34
			14:00	19,9	2,91	57,91
			15:00	20,3	2,00	40,6
			16:00	20,0	1,02	20,4
			17:00	19,0	0,54	10,26

Tensão média (V)	Corrente média (A)	Potência média (W)
20,18	2,49	50,49

No lado esquerdo da tabela 1 são apresentadas as especificações técnicas de tensão, corrente e potência fornecidas pelo fabricante e ao lado direito vemos estas mesmas variáveis colhidas no experimento em campo e logo abaixo foi obtido uma média das variáveis encontradas no experimento. Em seguida é mostrado no gráfico 1 o desempenho energético do sistema fixo ao longo do dia.

Gráfico 1: Potencial elétrico do módulo solar com inclinação fixa. (autoria própria).



De acordo com os dados encontrados no experimento e apresentados na tabela 1 e no gráfico 1, podemos observar que o módulo fotovoltaico em posição fixa supera a eficiência energética máxima estabelecida pelo fabricante durante o período das 10:00 horas às 13:00 horas enquanto que nos outros horários permanece abaixo do máximo estipulado. Contudo seu desempenho médio obtido está acima do estipulado se mostrando eficaz diante da tendência de geração de eletricidade esperada, abaixo na tabela e no gráfico são apresentados os dados colhidos no experimento referente ao sistema móvel que simula a função de seguidor solar.

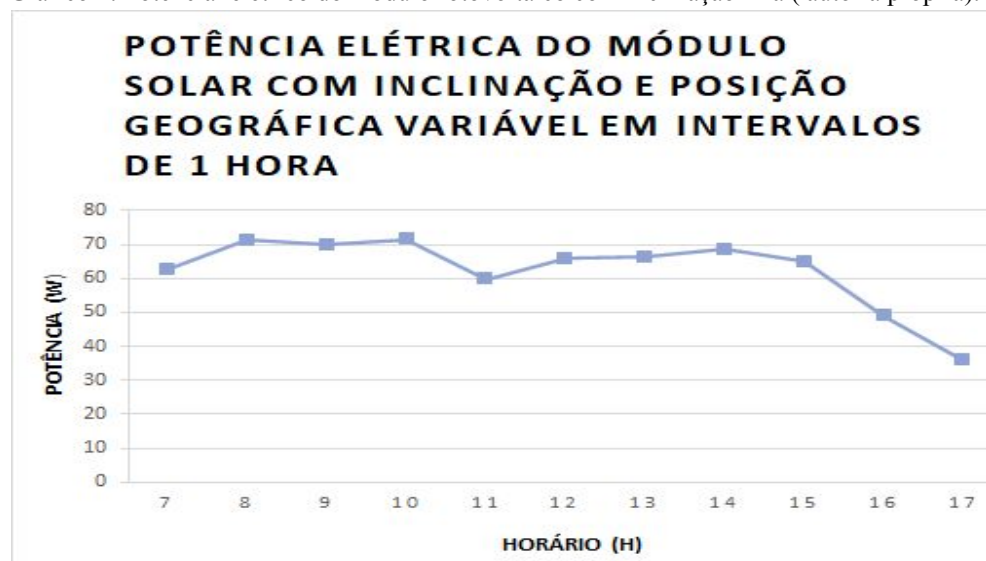
Tabela 2: Especificações técnicas e variáveis elétricas encontradas ao longo do dia pelo módulo solar com ângulo e posição geográfica variável (autoria própria).

Especificações técnicas do fabricante			Dados observados com variação angular e posição geográfica do módulo fotovoltaico				
Tensão máxima (v)	Corrente máxima (A)	Potência máxima (w)	Horário (H)	Angulação e posição geográfica	Tensão (v)	Corrente (A)	Potência (w)
18,5	3,25	60	07:00	60 ° L	21,10	2,97	62,67
			08:00	50 ° L	20,60	3,46	71,28
			09:00	40 ° L	20,10	3,48	69,95
			10:00	30 ° L	19,90	3,59	71,44
			11:00	20 ° L	19,60	3,05	59,78
			12:00	4 ° N	19,00	3,46	65,74
			13:00	20 ° O	19,50	3,40	66,3
			14:00	30 ° O	20,40	3,36	68,54
			15:00	40 ° O	20,30	3,20	64,96
			16:00	50 ° O	20,30	2,41	48,92
			17:00	60 ° O	20,20	1,77	35,75

Tensão média (V)	Corrente média (A)	Potência média (W)
20,09	3,10	62,30

Na tabela 2 são apresentadas as variáveis elétricas encontradas pelo sistema móvel, da mesma maneira que a tabela 1, também foi obtido uma média das variáveis encontradas nesse sistema. Abaixo no gráfico 2 observamos o desempenho energético do sistema móvel ao longo do dia.

Gráfico 2: Potencial elétrico do módulo fotovoltaico com inclinação fixa (autoria própria).



Com base nos dados apresentados na tabela e gráfico 2, notamos que o desempenho do sistema móvel também supera o estabelecido pelo fabricante, ficando abaixo do máximo energético estipulado apenas nos horários das 11, 16 e 17 horas . Em seguida, é apresentada uma comparação entre os índices energéticos de ambos os sistemas.

Tabela 3: Comparação entre os índices energéticos obtidos nos dois sistemas (Autoria Própria).

Sistema Fixo (SF)			Sistema Móvel (SM)			Sistema que apresentou melhor desempenho/diferença obtida.		
Tensão Média (V)	Corrente média (A)	Potência média (W)	Tensão Média (V)	Corrente média (A)	Potência média (W)	Tensão Média (V)	Corrente média (A)	Potência média (W)
20,18	2,49	50,49	20,09	3,10	62,30	SF/ 0,09	SM/ 0,61	SM/ 11,81

A tabela 3 apresenta uma comparação entre os dois sistemas, tendo em mente que buscamos obter o maior rendimento possível, temos que atentar para eficiência energética produzida pelo módulo fotovoltaico nos dois cenários, constata-se que o sistema móvel apresenta um desempenho superior ao outro sistema, com o seu rendimento chegando a ser aproximadamente 23,4% maior que o sistema fixo, o que nos garante ser a melhor escolha entre os dois.

Considerações finais.

Em virtude dos aspectos desenvolvidos e analisados neste experimento, percebe-se que os objetivos foram alcançados satisfatoriamente, o sistema de energia fotovoltaica foi instalado com êxito na escola municipal Maria Odila no município de angicos-RN.Com base nos potenciais energéticos fornecidos pelos dois sistemas estudados, podemos comprovar que o seguidor solar, realmente é uma alternativa viável para ser implementado em painéis fotovoltaicos para quem deseja potencializar a eficiência energética.

Foi comprovado também que o site do CRESESB é de grande valia para determinar a inclinação do módulo fotovoltaico, com sua ajuda obtivemos a melhor inclinação angular da placa e posição geográfica aumentando a eficiência energética do painel do estudo.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] EPE (Brasil). Projeção da demanda de energia elétrica. Epe.gov.br, [S. l.], p. 1-95, 5 jan. 2017. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-245/topico-261/DEA%2001_2017%20-%20Proje%C3%A7%C3%B5es%20da%20Demanda%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202017-2026_VF%5B1%5D.pdf. Acesso em: 27 nov. 2020.
- [2] DE CASTRO LIMA, Cláudia *et al.* Quais são os prós e contras do modelo energético do Brasil. FORBES, [S. l.], p. 1-1, 6 jul. 2019. Disponível em: <https://forbes.com.br/negocios/2019/07/quais-sao-os-pros-e-contras-do-modelo-energetico-do-brasil/>. Acesso em: 1 dez. 2020.
- [3] NAÇÕES UNIDAS. Energia renovável ultrapassou crescimento de fontes fósseis em 2019. ONU NEWS, [S. l.], p. 1-1, 21 abr. 2020. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2020/04/1711052>. Acesso em: 11 nov. 2020.
- [4] INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. Renewable Power Generation Costs in 2019. IRENA - International Renewable Energy Agency, [S. l.], p. 1-1, 9 jun. 2020. Disponível em: <https://www.irena.org/publications/2020/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2019>. Acesso em: 13 nov. 2020.
- [5] DE OLIVEIRA FERNANDES, Carlos Arthur *et al.* Energia Solar. [Http://www.fem.unicamp.br](http://www.fem.unicamp.br), [s. l.], p. 1-1, S.d. Disponível em: <http://www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/esolar/esolar.html>. Acesso em: 2 dez. 2020.
- [6] COLAFERRO, Luis. Energia Solar no Brasil: Um panorama para [Você] entender tudo. **BlueSolar**, [S. l.], p. 1-1, 3 jul. 2018. Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/energia-solar-no-brasil-panorama/>. Acesso em: 5 nov. 2020.
- [7] PASSOS, Fabiano. SEGUIDOR SOLAR – TRACKER: VANTAGENS E DESVANTAGENS PARTE 1. Portal Solar, [S. l.], p. 1-1, 13 out. 2016. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/painel-solar/seguidor-solar---tracker-vantagens-e-desvantagens-parte-1.html>. Acesso em: 11 nov. 2020.
- [8] PORTAL SOLAR. Energia Solar no Brasil. **Portal Solar**, [S. l.], p. 1-1, S. D. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/energia-solar-no-brasil.html>. Acesso em: 5 nov. 2020.
- [9] ENEL X. Tipos de Placas Solares: Entenda as Diferenças. Enel x, [S. l.], p. 1-1, S.d. Disponível em: <https://www.enelx.com.br/pt/conteudos/historias/tipos-de-placas-solares--entenda-as-diferencas>. Acesso em: 27 nov. 2020.
- [10] VALLÊRA, ANTÔNIO. MEIO SÉCULO DE HISTÓRIA FOTOVOLTAICA. **GAZETA DE FÍSICA**, [s. l.], p. 1-6, 11 jan. 2006. Disponível em: <http://solar.fc.ul.pt/gazeta2006.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2020.
- [11] BALFOUR, Jonh *et al.* Introdução ao projetos de sistemas fotovoltaicos. [S. l.: s. n.], 2016. Disponível em: [tps://outlook.live.com/mail/inbox](https://outlook.live.com/mail/inbox). Acesso em: 21 nov. 2020.
- [12] ALVES FREITAS, Susana Sofia. Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos. 2008. Relatório de projecto (Mestrado em Engenharia Industrial) - Instituto Politécnico de Bragança, [S. l.], 2008. Disponível em: <https://br.123dok.com/document/yeer6k7y-projecto-realizado-orientacao-professora-doutora-fernanda-departamento-electrotecnia.html>. Acesso em: 10 nov. 2020.
- [13] CRESESB. Potencial Solar. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito, [S. l.], p. 1-1, 25 jan 2018. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>. Acesso em: 14 out. 2020.