

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA POLITÉCNICA E DE ARTES/ ENGENHARIA ELÉTRICA
Trabalho Final de Curso II

Lazaro Barbosa de Moraes Filho
Rafael Henrique Porto Barros

ESTUDO COMPARATIVO DA GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA EM
DIFERENTES PERÍODOS ANUAIS

Trabalho Final de Curso II como parte dos requisitos para
obtenção do título de bacharel em Engenharia elétrica,
apresentado à Pontifícia Universidade Católica de Goiás.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Cassio Hideki Fujisawa – Orientador. ENG-PUC Goiás.

Prof. Dr. Antonio Marcos Melo Medeiros. ENG-PUC Goiás.

Prof. Dr. Luís Fernando Pagotti. ENG-PUC Goiás

Goiânia, 2 de Junho de 2022

Estudo comparativo da geração de energia fotovoltaica em diferentes períodos anuais

MORAES FILHO, L.B.; BARROS, R.H.P.; FUJISAWA, C.H.

RESUMO – Com o objetivo de realizar um estudo de caso sobre como as variações sazonais ao longo do ano podem influenciar a produção de energia solar, apresentando informações obtidas durante uma base de dados real em uma usina fotovoltaica já existente. Os estudos têm como propósito mostrar desde o início de como funciona a energia fotovoltaica e suas demandas, mostrar os materiais usados, métodos utilizados, gráficos obtidos, além disso, a análise de resultados e experiências adquiridas durante todo esse processo. Também se leva em conta a irradiação solar pesquisada e analisada que teve uma suma importância para a conclusão deste trabalho além de acrescentar o aprendizado acadêmico obtido para a realização do mesmo.

Palavras-chave – Energia Fotovoltaica; Análise de resultados; Energia solar; Energia renovável; Irradiação solar.

ABSTRACT - In order to conduct a case study on how seasonal variations throughout the year can influence solar energy production, we aim to present information obtained from a real dataset in an existing photovoltaic power plant. The studies are intended to demonstrate the functioning of photovoltaic energy and its requirements from the outset, including the materials used, methods employed, graphs obtained, as well as the analysis of results and experiences gained throughout this process. The researched and analyzed solar irradiation is also taken into account, as it played a crucial role in the conclusion of this work, in addition to contributing to the academic learning acquired for its realization.

Keywords – Photovoltaic Energy; Results of the analysis; Solar energy; Renewable energy; Solar irradiation

I. INTRODUÇÃO

Em virtude do desenvolvimento econômico do Brasil e o crescimento populacional, resultou-se um alto consumo energético no país e uma preocupação em suprir essa demanda de energia no Brasil e a partir disso surgiu um crescimento na demanda por energias renováveis.

Um dos principais pontos para a produção de energia fotovoltaica é a facilidade de construção de usinas sem haver a dependência de um local inerente e a preocupação de utilização de recursos finitos, pode-se dizer como exemplo as outras fontes de energias mais utilizadas no Brasil, conforme mostrado na figura 1, e os impactos ambientais que são causadas por elas.

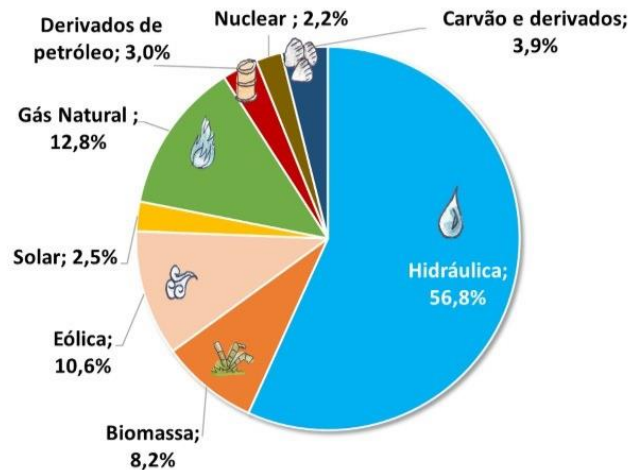


Figura 1, Matriz Elétrica Brasileira 2021 [BEN, 2022]⁷

A energia hidráulica para a execução se dá pelas construções de hidrelétricas para a interceptação de água com a formação de um reservatório [EDUARDO & MOREIRA, 2010]¹³, [CEMIG, 2012]¹⁵ sabe-se que o custo de combustível (a água) é zero e a emissão de CO₂ nula, todavia para esse tipo de usina gera grandes consequências ambientais e também sociais como, a destruição vegetal, assoreamento dos leitos dos rios, extinção de algumas espécies de peixes, deslocamento populacional de pessoas que residiam no local onde vai ser inundado são algumas das desvantagens dessa fonte de energia [QUEIROZ et al., 2013]¹⁷.

A energia eólica por sua vez tem a concepção de geração pelos aerogeradores (semelhante a um moinho de vento, o aerogerador é composto de pás que se movimentam com a velocidade dos ventos, fazendo o rotor girar) em locais onde pode-se ter um aproveitamento de vento [ATLAS, 2008]²² [CEMIG, 2012]¹⁵ e como nas usinas hídricas, não há queima de combustíveis e com isso não há emissão de CO₂, contudo as hélices dos geradores modificam a paisagem e ameaçam aves que possam estar migrando [CEMIG, 2012]¹⁵; [SILVA & BRITO, 2016]¹⁴, vale lembrar que a construção de usinas eólicas precisam de locais onde se tem um incidência de ventos constantes e fortes, para conseguirem girar as hélices dos geradores.

A energia produzida da derivação da biomassa, é originária de matéria orgânica e seus insumos [EDUARDO & MOREIRA, 2010]¹³; [MONTEIRO et al., 2013]¹⁶ com um sistema que produz ao mesmo tempo energia e calor, com o processo de combustão direta, gaseificação, pirólise, digestão anaeróbica, fermentação e a transesterificação [ATLAS, 2008]²²; [WWF, 2012]¹⁸; [CEMIG, 2012]¹⁵, que não se torna uma usina viável.

A energia solar tem um potencial superior que as outras fontes de energia, pois seu processo acontece coletando os

raios solares em módulos deixando que as células de silício façam a produção de energia [EDUARDO & MOREIRA, 2010]¹³; [DANIEL et al., 2016]¹⁹, que utiliza de uma fonte livre de combustíveis fósseis e, na operação, não emitindo gases de efeito estufa [RAHMAN; ALAM; AHSAN, 2019]²⁰, e de mínima manutenção, um sistema com uma vida útil prolongada, contudo as placas não produzem energia a noite e é necessário áreas sem ocorrência de sombra para não diminuir a geração de energia [EDUARDO & MOREIRA, 2010]¹³; [DANIEL et al., 2016]¹⁹.

Devido no Brasil ter um alto índice de irradiação solar variando entre 1200 e 2400 kWh/m² por ano, recorrente da maior parte do país se encontrar na linha do equador, tornando extremamente viável a produção de energia solar fotovoltaica.

Após uma análise o objetivo de um estudo comparativo da geração de energia fotovoltaica em diferentes períodos anuais realizados em uma usina real, localizada na cidade de Senador Canedo, no qual se investiga esse impacto e suas consequências. Busca-se compreender como as variações sazonais ao longo do ano podem influenciar na produção de energia solar. Por meio de uma coleta de dados, investigando e examinando as mudanças nos níveis de irradiação solar, desempenho dos painéis solares e a eficiência global do sistema durante diferentes épocas e meses do ano. Este estudo contribuirá para um melhor entendimento dos fatores que afetam a geração de energia fotovoltaica, fornecendo insights relevantes para o desenvolvimento e aprimoramento de projetos solares na região para suprir a crescente demanda energética do país.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

A. Princípios de funcionamento

O sistema fotovoltaico é baseado na utilização de painéis fotossensíveis que são capazes de transformar a energia dos raios do sol em corrente elétrica (corrente contínua), essa corrente contínua gerada pelos painéis solares é então direcionada para o inversor, um equipamento fundamental nesse sistema. O inversor é responsável por converter a corrente contínua em corrente alternada, que é o padrão utilizado pela rede elétrica da concessionária.

Após a conversão, a energia gerada pelos painéis solares, agora em forma de corrente alternada, é injetada na rede elétrica da residência. Isso significa que a energia solar gerada pelo sistema fotovoltaico é integrada ao suprimento de energia já existente na casa, permitindo que o consumidor utilize essa energia solar diretamente em suas atividades diárias., conforme mostrado na Fig.2.

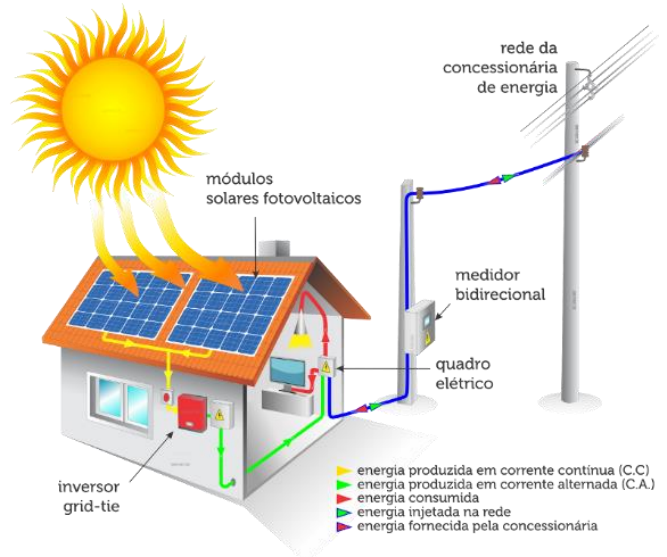


Figura 2, Diagrama esquemático de um sistema fotovoltaico [Luz Solar]²⁶

B. Locais de aproveitamento

A localidade é um fator importante que influencia a geração de energia fotovoltaica no Brasil. As regiões mais favoráveis para essa produção são aquelas com alta irradiação solar, como o Nordeste e algumas regiões do Centro-Oeste e Sudeste.

Entre os estados com maior potencial de produção de energia solar, destacam-se a Bahia, o Piauí e Pernambuco. Segundo estudos realizados esses estados possuem altas taxas de irradiação solar fatores que favorecem a produção de energia fotovoltaica. onde há uma grande disponibilidade de radiação solar e a produção de energia fotovoltaica tem crescido rapidamente nos últimos anos. [OLIVEIRA, L. F. 2018.]²⁵

No entanto, outras regiões também possuem bom potencial para geração de energia fotovoltaica, como o Centro-Oeste e o Sudeste, especialmente os estados de Minas Gerais e São Paulo. Em Minas Gerais, por exemplo, a energia solar fotovoltaica é a fonte renovável que mais cresce, com investimentos em projetos de grande porte em várias regiões do estado.

Embora todos os estados brasileiros possuam potencial para a geração de energia solar, a produção ainda é muito concentrada em algumas regiões do país. De acordo com a ABSOLAR, em 2020, o Nordeste e o Sudeste juntos representavam cerca de 85% da capacidade instalada de energia solar no Brasil. Portanto, é fundamental que haja políticas públicas que incentivem o investimento em energia solar em todas as regiões do país, a fim de aproveitar todo o seu potencial renovável.

De uma forma geral, os módulos instalados para o sul se encontram em regiões nos hemisférios norte, como Europa e Estados Unidos, essa razão é para maximizar a captura de luz solar tendo uma maior geração de energia durante um maior tempo possível, já em localizações no hemisfério sul como Brasil, os módulos são instalados voltados para o norte, e com isso para obter os mesmos benefícios citados anteriormente como geração de energia por um tempo maior.

C. Base de dados

Uma das bases de dados que teve uma grande importância para comparação de dados no estudo feito é o CRESESB que por sua vez tem como principal objetivo promover os estudos, pesquisas, testes, dados obtidos e projetos piloto relacionados a energia renovável, além de fornecer suporte técnico e capacitação para interessados neste tipo de energia.

CRESESB é uma sigla para “Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito” que trata de uma instituição brasileira dedicada à estudos e a utilização de outras fontes de energia principalmente as renováveis em especial a solar e a eólica de energia renovável, trazendo como alternativas sustentáveis e mais limpas para suprir a demanda energética passada no país atualmente. O CRESESB busca incentivar o uso sustentável e eficiente das fontes renováveis de energia, contribuindo para a redução da dependência de outros combustíveis, principalmente os fósseis e para a minimizar os impactos ambientais causados pela geração de energia do modo convencional.

Criado em 1984 e está vinculado ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que é uma unidade de pesquisa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações do Brasil. CRESESB-CENTRO de Referência para Energia Solar e Eólica.

Os dados que foram utilizados são da usina Harada, uma indústria localizada na região de Senador Canedo – GO, que estão representados na Tabela 1. O nome da localidade fica exposto bem na estação de apresentação da tabela, onde vem seguido com as informações de Município, Estado e país, acompanhado de latitude e longitude.

A tabela tem o objetivo de mostrar a média de irradiação solar durante os meses a partir de janeiro, até o mês de dezembro, exibindo assim os valores da menor irradiação média mensal (mínimo), assim como os maiores valores de irradiação média mensal (máximo), da irradiação do período completo anual (**Média**) e da diferença entre a máxima e a mínima (**Delta**).

Município	UF	País	Lat.	Long.	Dist.
Sen. Canedo	GO	BRASIL	16.701°S	49.149°O	2,5 km
Goiânia	GO	BRASIL	16.601°S	49.149°O	8,6 km
Sen. Canedo	GO	BRASIL	16.701°S	49.049°O	10,6km
Irradiação solar diária média [kWh/m ² . dia]					
Jan	5,48	5,51	5,60		
Fev	5,59	5,56	5,66		
Mar	5,17	5,15	5,19		
Abr	5,10	5,11	5,12		
Mai	4,81	4,84	4,84		
Jun	4,58	4,58	4,61		
Jul	4,77	4,80	4,79		
Ago	5,66	5,69	5,67		
Set	5,55	5,51	5,56		
Out	5,51	5,58	5,62		
Nov	5,38	5,32	5,37		
Dez	5,49	5,43	5,49		
Média	5,27	5,29	5,28		
Delta	1,09	1,11	1,06		

Tabela 1, dados Cresesb disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/>. Acesso em: 14 mai. 2023

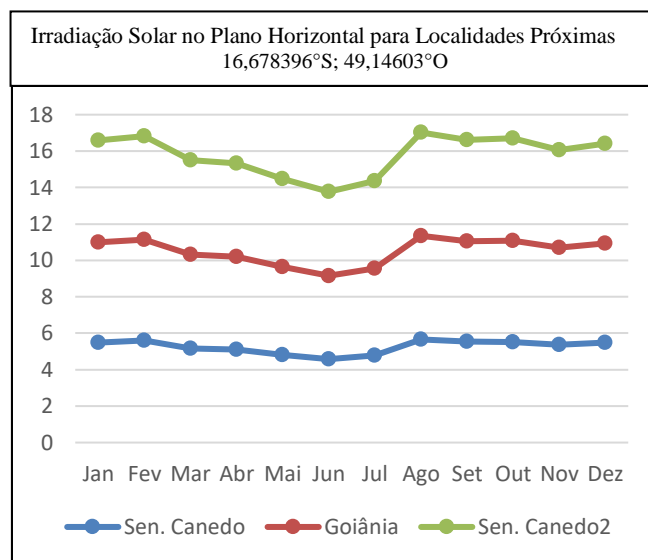


Figura 3, Gráfico de Irradiação Solar

Pode-se perceber que na Tabela 1 é apresentado 3 pontos de variação, isso vem por alguns fatores, o primeiro deles é que o CRESESB nos dá esse tipo de informação automática. Já outros fatores podem ser notados por conta da variação diurna, que a geração de energia solar varia ao longo do dia devido à posição do sol no céu. Durante as primeiras horas da manhã e as últimas horas da tarde, a intensidade da radiação solar é menor devido ao ângulo de incidência mais oblíquo dos raios solares, a variação sazonal que é a quantidade de radiação solar que atinge a superfície da Terra também varia ao longo das diferentes estações do ano, e a variação climática que podem as condições gerais como a presença de nuvens e a ocorrência de chuvas, também afetam a quantidade de radiação solar disponível.

Esses três pontos de variação demonstram que a geração de energia solar não é constante ao longo do tempo e pode ser influenciada por diversos fatores e com isso vem motivo de ser apresentado 3 pontos de latitude e longitude de forma automática, com isso é importante considerar essas variações antes de qualquer apresentação de resultados e gráficos para adquirir uma área maior e ser mais preciso nos resultados.

Os resultados desta análise foram obtidos a partir de programas computacionais que monitoram o funcionamento de dois modelos diferentes de inversores em uma usina de telhado “on grid” (conectado à rede elétrica) localizada na região de Senador Canedo, e vale destacar que os equipamentos na mesma são os seguintes:

	CONJUNTO 1	CONJUNTO 2
INVERSOR	SIW500H-ST040	SIW500H ST100 M1
MARCA	WEG	WEG
POTENCIA NOMINAL INVERSOR	40.000 W	100.000 W
PAINEIS SOLARES	TSM-DE18M 510W	TSM-DE18M 510W
QUANTIDADE DE PAINEIS	119	274
POTENCIA SISTEMA	60.690 Wp	134.740 Wp

Tabela 2, componentes da usina Harada

Destaca-se que os painéis solares totalizam uma potência de 200,43 kWp e a usina Harada está em funcionamento a quase 2 anos.

Todos os dados foram coletados por aparelhos de monitoramento, tendo medições a cada 5 minutos, para uma melhor revisão, e foram estudados relacionando diferentes períodos anuais localizado na subseção B deste artigo

III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A. Dados exportados do inversor

A corrente da fase A, apresenta o valor da magnitude da fase A, em que é nula antes das 5:00 e depois das 19:00, pois como era esperado ela só existe com a presença do sol. Ela tem um valor bem variável, atingindo um valor máximo às 12:00 e por conta de sombras geradas ao longo do dia sobre as placas fotovoltaicas, como por exemplo as causadas por nuvens. E quando se analisa as outras correntes B e C pode-se confirmar que o inversor de frequência entrega as correntes equilibradas do sistema trifásico.

A tensão de linha AB é a tensão elétrica medida entre as fases A e B de um sistema trifásico de energia elétrica. Ela é uma medida da diferença de potencial elétrico entre essas duas fases e é utilizada para alimentar equipamentos que requerem uma tensão de fase a fase, segue o mesmo conceito que o anterior onde é nula antes das 5:00 e depois das 19:00, pois como era esperado ela só existe com a presença do sol, porém mesmo apresentando sombras sobre o painel, ele ainda apresenta funcionamento e gerando energia e quando se analisa as outras tensões de linha BC e CA, pode-se confirmar que o inversor de frequência entrega as tensões equilibradas do sistema trifásico.

A frequência CA é alimentada com uma corrente alternada (CA) senoidal com frequência de 60 Hz, o que significa que a direção e o valor da corrente se alternam 60 vezes por segundo. Essa frequência é padronizada e adotada em todas as instalações elétricas residenciais, comerciais e industriais do país e assim como esperado o gráfico representa a frequência de 60Hz no sistema.

A energia CA (corrente alternada) é uma forma de energia elétrica que é medida na saída do inversor e distribuída por meio de sistemas de corrente alternada., essa energia é gerada a partir da integral do gráfico de potência CA. Sua geração de energia começa ao nascer do sol com baixa potência e, próximo ao meio-dia, a potência aumenta, resultando em uma inclinação crescente na curva de energia. Essa inclinação sempre tende a aumentar ao longo do tempo, já que os dados do gráfico são acumulativos.

A potência CC (corrente contínua) é a medida da taxa na qual a energia elétrica é transferida em um sistema de corrente contínua. Em um sistema fotovoltaico, os módulos solares vão produzir essa energia elétrica CC que irá fluir em uma única direção e de forma contínua até chegarem aos inversores, que como o nome já diz, vão inverter essa corrente contínua em alternada. A potência CC é medida em Watts (W) e é considerada constante, caso o sistema tenha “fuga de correntes”, ou seja, baixa eficiência por conta da geração de energia, o problema pode estar no caminho entre os módulos solares e o inversor.

A potência CA (corrente alternada) é a medida da taxa na qual a energia elétrica é transferida em um sistema de corrente alternada é gerada e fornecida pelo sistema para uso

em residências, edifícios ou na rede elétrica., a potência CA é obtida após a conversão da energia CC (corrente contínua) gerada pelos painéis solares em energia CA. Como era esperado ela só existe com a presença do sol e tem o comportamento parecido com as correntes de fase, tendo em vista que está transformando a energia recebida de forma contínua pelos painéis solares para energia alternada.

Em um sistema fotovoltaico, não existe um padrão fixo entre a potência CC e a potência CA, pois ela varia dependendo de vários fatores, como o tamanho do sistema, inversor utilizado, eficiência de componentes e até mesmo das necessidades específicas do projeto.

B. Períodos do ano

O estudo comparativo da geração de energia fotovoltaica em diferentes períodos anuais é de extrema importância para entendermos o desempenho da energia solar em diferentes estações do ano. No estudo foram escolhidos um mês de cada estação do ano, um mês considerado o mais seco e um mais chuvoso no estado de Goiás, dentre os meses de janeiro, março, julho, agosto, outubro e dezembro permitirá uma análise abrangente de todas as estações.

As estações do ano são definidas de acordo com as características climáticas que prevalecem em cada período. Embora as estações sejam mais sutis em algumas regiões do país, há uma divisão geralmente aceita que classifica os meses de acordo com as quatro estações tradicionais: primavera, verão, outono e inverno.

A primavera no Brasil abrange os meses de setembro, outubro e novembro, o verão ocorre nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março, o outono no Brasil compreende os meses de março, abril e maio e o inverno ocorre nos meses de junho, julho e agosto

Em relação ao regime de chuvas, Goiás possui um clima predominantemente tropical, com uma estação seca e outra chuvosa. Os meses mais secos tendem a ser julho e agosto, coincidindo com o inverno, enquanto os meses mais chuvosos costumam ser dezembro e janeiro, correspondendo ao verão. [Weatherspark,2023]²⁸. Essa variação nos padrões de chuva pode afetar indiretamente a geração de energia fotovoltaica, uma vez que a presença de nuvens e chuvas pode reduzir a disponibilidade de radiação solar.

Portanto, ao realizar um estudo comparativo da geração de energia fotovoltaica em diferentes períodos anuais em Goiás, é essencial considerar as variações sazonais, incluindo os períodos das estações do ano de verão, outono, inverno e primavera, bem como a influência dos meses mais secos e chuvosos. Essas informações podem contribuir para o desenvolvimento de estratégias eficientes de uso da energia solar e para a maximização de sua geração ao longo do ano.

A usina solar deste estudo apresenta os seguintes dados de média de energia gerada durante alguns períodos do ano, conforme a Tabela 3.

Estação	Mês	Inversor#1	Inversor#2	Irradiação solar média kWh/m ²
Verão	Jan/23	5.978,8	16.353,5	5,53
Outono	Mar/23	5.568,7	15.125,5	5,17
Inverno	Jul/22	4.377,7	Sem Dados	4,78
Inverno	Ago/22	5.743,4	16.056,7	5,67
Primavera	Out/22	6.675,8	19.620,1	5,57
Verão	Dez/22	5.975,1	16.681,1	5,47

Tabela 3: Energia gerada em kWh por inversor.

É possível notar que houve umas pequenas variações de ganho e perda de energia durante todos os períodos medidos. Esse motivo é pela perda de energia pelos próprios componentes eletrônicos, geração de calor, fios, entre outros motivos físicos e componentes eletrônicos que fazem parte da usina geradora. Onde os cálculos foram feitos tirando a diferença mensal entre o primeiro e o último dia de cada mês estudado (janeiro, março, julho, agosto, outubro, dezembro) obtendo os valores de energia perdida durante todo o período mensal.

Para uma melhor avaliação dos resultados também foi levado em conta a localização da usina em Senador Canedo-GO, a variação anual de perda de energia foi de 5859,25W no primeiro inversor medido e de 16353,5W no segundo inversor tirando a média dos 6 meses analisados. Os meses de junho e julho é perceptível que no local da usina de Latitude -16.678396 e Longitude -49.146030, no período houve uma queda de irradiação solar explícito comparado com os outros meses. Com isso uma menor irradiação, também há uma menor geração de energia alternada, e principalmente por ser uma menor geração, comprova que dependente do local e período anual, uma usina tem uma geração de energia reduzida por motivos climáticos, nesse caso diminuindo de forma perceptível a sua geração, o período anual faz com o que a geração fotovoltaica mude. Isso também vale para períodos de maior geração, como na tabela abaixo:

Estação	Mês	Inversor#1	Inversor#2	Irradiação solar média kWh/m ²
Verão	Jan/23	27.929,0	47.226,5	5,53
Outono	Mar/23	28.775,0	75.319,0	5,17
Inverno	Jul/22	27.619,5	Sem dados	4,78
Inverno	Ago/22	30.254,0	88.424,5	5,67
Primavera	Out/22	39.391,5	107.843,5	5,57
Verão	Dez/22	41.056,0	109.826,0	5,47

Tabela 4: Média da potência CC em W.

A Tabela 1 apresentada juntamente com o seu gráfico da Fig. 3, mostra a geração de energia contínua, ou seja, a energia produzida pelos módulos fotovoltaicos. Pode-se ver que no período entre agosto e outubro as gerações são maiores do que no período inicial do ano, e é confirmado no gráfico fornecido pela CRESESB que agosto foi o mês de maior irradiação solar, onde os meses de setembro e outubro não ficaram para trás, e também tiveram um nível superior

em comparação aos outros meses do ano, isso também volta a confirmar que o período anual faz com o que a geração de energia fotovoltaica pode ser alterada por fatores climáticos, nesse caso aumentando a sua geração.

IV. CONCLUSÃO

A cidade de Senador Canedo mostrou um grande potencial de irradiação solar global, com sua sazonalidade bem definida entre o período de inverno e verão com picos de geração de energia solar, suficientes para investimentos em sistemas fotovoltaicos.

Portanto, a comunidade não só científica, mas todos os indivíduos possam ter acesso e conhecimento de tecnologias para que obtenham discernimento acerca dos problemas ambientais e principalmente fontes de energias sustentáveis. Visto que, muitas pessoas ainda não compreendem a importância e a viabilidade econômica e ambiental de se ter uma fonte de energia inesgotável e sustentável como a energia solar fotovoltaica, tendo um potencial de irradiação solar global bem distribuído em todos os meses do ano para Senador Canedo.

Este estudo comparativo da geração de energia fotovoltaica em diferentes períodos anuais destaca a importância de considerar as variações sazonais na irradiação solar ao projetar sistemas solares, permitindo um planejamento mais eficiente e uma melhor estimativa da produção de energia ao longo do ano. É importante considerar fatores sazonais e climáticos ao planejar e dimensionar sistemas de energia solar fotovoltaica. Além disso, o uso de dados históricos e informações sobre a irradiação solar em uma determinada região ao longo do ano é fundamental para estimar a produção de energia e otimizar o desempenho dos sistemas fotovoltaicos.

V. REFERÊNCIAS

- [1] Konzen, Anne Dalla Vechia and Pereura, Andrea Franco. "GESTÃO DE RESÍDUO FOTOVOLTAICO: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE O CENÁRIO DE FIM DE VIDA DO SISTEMA.", Publicado em 2020. Web. Acessado em 15/09/22 às 22:46
- [2] Müller, Anja, Karsten Wambach, and Erik Alsema. "Life Cycle Analysis of Solar Module Recycling Process." MRS Proceedings 895 (2005): MRS Proceedings, 2005, Vol.895. Web. Acessado em 15/09/22
- [3] Silveira, Nicoll Sperança and Junior, Jair Urbanetz. "CADEIA DE VALOR NA RECICLAGEM DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.", Publicado em Maio de 2022, Web. Acessado em 15/09/22 às 23:05.
- [4] Maia, Antonio Gabriel Fernandes. "Avaliação do potencial de conservação de energia a partir do descarte de módulos fotovoltaicos". Publicado em 2021. Web. Acessado em 15/09/22 às 23:17
- [5] FTHENAKIS, V. (2000), "End-of-Life Management and Recycling of PV Modules," Energy Policy, Vol. 28, pp. 1051- 1058, Elsevier, Amsterdam.
- [6] IRENA. END-OF-LIFE MANAGEMENT: Solar Photovoltaic Panels, 2016. Disponível em: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA_IEAPVPS_End-of-Life_Solar_PV_Panels_2016.pdf. Acesso em: 27 /09/22 as 18:16.
- [7] BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL. [S. l.: s. n,2020. Anual. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-528/BEN2020_sp.pdf. Acesso em: 27 /10/22 as 19:04.
- [8] VÉRONIQUE MONIER. European Commission. Study on Photovoltaic Panels Supplementing the Impact Assessment for a Recast of the WEEE Directive. Paris, 2011.
- [9] Green, M. Third Generation Photovoltaics: Advanced Solar Energy Conversion. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2003.
- [10] Green, M., Zhao, J., Wang, A., Wenham, S. R. IEEE Transactions on Electron Devices. Vol. 46, nº 10, 1999, pp. 1940-1947.
- [11] Shockley, W., Queisser, H. Journal of Applied Physics. Vol. 32, nº 3, 1961, pp. 510-519.

- [12] Philipps, S. Photovoltaics Report: 2020. Fraunhofer ISE. Disponível em: <https://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/studies/photovoltaics-report.html> >. Acesso em 15 Novembro de 2021 as 10:07.
- [13] EDUARDO, C.; MOREIRA, S. Fontes alternativas de energia renovável, que possibilitam a prevenção do meio ambiente. Revista de Divulgação do Projeto Universidade PETROBRAS/IF Fluminense, v. 1, p. 397-402, 2010.
- [14] SILVA, M.S.T.; BRITO, S.O. Impactos ambientais associados á construção de empreendimentos elétricos no setor de distribuição de energia. Revista Faroeciência, v. 1, n. 1, p. 266-280, 2016.
- [15] - CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais. Alternativas energéticas: Uma visão da Cemig. Belo Horizonte: CEMIG, 2012.
- [16] MONTEIRO, M.; FERREIRA, M.; SANTOS, D. Energia da Biomassa. Revista de Divulgação do Projeto Universidade PETROBRAS/IF Fluminense, v. 3, 2013.
- [17] QUEIROZ, R. et al. Geração de energia elétrica através da energia hidráulica e seus impactos ambientais. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 13, n. 13, p. 2774- 2784, 2013
- [18] WWF - Fundo Mundial para a Natureza. Além de grandes hidrelétricas: Políticas para fontes renováveis de energia elétrica no Brasil. Relatório Técnico. Brasília, 2012
- [19] DANIEL P et al. Paradigmas da energia solar no Brasil e no mundo. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 20, n. 1, p. 241-247, 2016.
- [20] RAHMAN, Mustafizur; ALAM, Chowdhury Sadid; AHSAN, Abir. A Life Cycle Assessment Model for Quantification of Environmental Footprints of a 3.6kWp Photovoltaic System in Bangladesh. International Journal of Renewable Energy Development, v. 8, n. 2, p. 113-118, 2019
- [21] ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasili.cfm>. Acessado em 16/09/22 as 20:35
- [22] Atlas de energia elétrica do Brasil / Agência Nacional de Energia Elétrica. 3. Ed. – Brasília: ANEEL, 2008
- [23] BRASIL. Boletim de Monitoramento do sistema elétrico –. Ministério de Minas e Energia. Boletins de Monitoramento do Sistema Elétrico. 2019b. Disponível em: mme.gov.br/web/guest/secretarias/energia-eletrica/publicacoes/boletimde-monitoramento-do-sistema-eletrico/2019. Acesso em: 15/09/22 as 21:47.
- [24] COELHO, Thays Fernandes; SERRA, Juan Carlos Valdés. Tecnologias para Reciclagem de Sistemas Fotovoltaicos: Impactos Ambientais. Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade, Curitiba, v.15, n.7, p. 83-99, jun./dez. 2018. Disponível em: . Acesso em: 07 jun. 2020.
<[Congresso Brasileiro de Energia Solar - CBENS \(emnuvens.com.br\)](http://congresso-brasileiro-de-energia-solar-cbens.emnuvens.com.br) > Acessado em 15/09/22 as 22:59
- [25] OLIVEIRA, L. F. e cols. Análise do potencial solar do Nordeste do Brasil usando irradiância horizontal global e redes neurais artificiais. Energia, v. 160, pág. 289-299, 2018.
- [26] <https://luzsolar.com.br/como-funciona-o-sistema-fotovoltaico/>. Acesso em 02 de junho de 2023
- [27] CRESESB-CENTRO de Referência para Energia Solar e Eólica. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/>. Acesso em: 14 mai. 2023.
- [28] WEATHERSPARK. Clima característico em Goiás, Brasil, durante o ano. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/29864/Clima-caracter%3ADstico-em-Goi%C3%A1s-Brasil-durante-o-ano>. Acesso em: 04 jun. 2023.

RESOLUÇÃO nº 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O(A) estudante Lazaro Barbosa de Moraes Filho
do Curso de Engenharia Elétrica, matrícula 2018.2.0038.0008-3
telefone: (62) 9 8233-2889 e-mail lazaro.bfilho@gmail.com,
na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei
dos Direitos do Autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás)
a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado
Problemas dos ~~causados~~ resíduos causados pelo sistema foto
voltado no decorrer dos anos, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos,
conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de
computadores, no formato especificado (Texto(PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som
(WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da
área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção
científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 06 de março de 2023.

Assinatura do autor: Lazaro Barbosa de Moraes Filho

Nome completo do autor: Lazaro Barbosa de Moraes Filho

Assinatura do professor-orientador: Cassio H. S.

Nome completo do professor-orientador: CASSIO HIDEKI FUSISANA

RESOLUÇÃO nº 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O(A) estudante Paulo Henrique Porto Barros
do Curso de Engenharia Elétrica, matrícula 20161003800321,
telefone: 62 992008166 e-mail Paulo.Henrique3233@gmail.com,
na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei
dos Direitos do Autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás)
a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado
Problemas dos Resíduos Gerados pelo Sistema: Fatoração
nº de 01 de maio ^{anos}, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos,
conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de
computadores, no formato especificado (Texto(PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som
(WAVE, MPEG, AIFF, SND); Video (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da
área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção
científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 06 de maio de 2023.

Assinatura do autor: Paulo Henrique Porto Barros

Nome completo do autor: Paulo Henrique Porto Barros

Assinatura do professor-orientador: Cássio H. S.

Nome completo do professor-orientador: CASSIO HIYUKI FUJISAWA