

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
CAMPUS CAJAZEIRAS

EUGENIO PEREIRA FILHO

**PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO
CONECTADO NA REDE ELÉTRICA, DESTINADA ÀS UNIDADES
CONSUMIDORAS ATENDIDAS POR PROGRAMAS SOCIAIS NO MUNICÍPIO
DE TRIUNFO, PARAÍBA.**

Cajazeiras-PB
2023

EUGENIO PEREIRA FILHO

**PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO
CONECTADO NA REDE ELÉTRICA, DESTINADA ÀS UNIDADES
CONSUMIDORAS ATENDIDAS POR PROGRAMAS SOCIAIS NO MUNICÍPIO
DE TRIUNFO, PARAÍBA.**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-*Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil, sob Orientação do Prof. José Tavares de Luna Neto.

Cajazeiras-PB
2023

IFPB / Campus Cajazeiras
Coordenação de Biblioteca
Biblioteca Prof. Ribamar da Silva
Catalogação na fonte: Cícero Luciano Félix CRB-15/750

P436p Pereira Filho, Eugênio.
Proposta de implementação do sistema fotovoltaico conectado na rede elétrica, destinada às unidades consumidoras atendidas por programas sociais no município de Triunfo, Paraíba / Eugênio Pereira Filho.– 2023.

21f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, 2023.

Orientador(a): Prof. Me. José Tavares de Luna Neto.

1. Energia renovável. 2. Sistema fotovoltaico. 3. Energia solar. 4. Sustentabilidade. I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. II. Título.

IFPB/CZ

CDU: 621.383.51(043.2)

CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

Artigo apresentado à coordenação do curso como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil

PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO NA REDE ELÉTRICA, DESTINADA ÀS UNIDADES CONSUMIDORAS ATENDIDAS POR PROGRAMAS SOCIAIS NO MUNICÍPIO DE TRIUNFO, PARAÍBA.

Eugenio Pereira Filho (discente)
eugenio.pereira@academico.ifpb.edu.br
José Tavares de Luna Neto
jose.luna@ifpb.edu.br

RESUMO

No contexto atual, onde se busca desenvolvimento e sustentabilidade, é impossível não falarmos de energias renováveis. Dentre as várias existentes, destacamos a energia fotovoltaica, popularmente conhecida como energia solar, que consiste na captura e transformação da irradiação solar em energia elétrica. Este trabalho visa realizar o levantamento e analisar o consumo elétrico médio por residência, de um conjunto formado por 39 unidades, provindo de um programa habitação social no Município de Triunfo, no Estado da Paraíba e, com a posse dos dados, dimensionar um sistema fotovoltaico capaz de suprir a demanda de consumo por moradia e utilizar métodos de análise de investimento como VPL, *payback* descontado, entre outros, para verificar a viabilidade do projeto. A metodologia adotada consiste no levantamento dos gastos com a conta de luz, utilizando como referência as faturas mais recentes e, após, realizar uma visita técnica a comunidade, onde buscou-se determinar a viabilidade de uma usina solar ou um sistema unitário por residência com o auxílio da ferramenta disponibilizada pelo Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia (LABREM), foi possível determinar o índice de irradiação solar do local. Em seguida, foi produzido o dimensionamento do sistema solar, bem como o orçamento dos insumos essenciais para a implantação, finalizando com um estudo sobre a viabilidade e retorno do investimento.

Palavras-Chave: Triunfo-PB; sistema fotovoltaico; energia solar; energia renovável; programa social.

ABSTRACT

In today's world, where development and sustainability are sought, it is impossible not to talk about renewable energies. Among the various existing ones, we highlight photovoltaic energy, popularly known as solar energy, which consists of capturing and transforming solar radiation into electrical energy. This work aims to carry out a survey and analyze the average electrical consumption per residence, of a set formed by 39 units, providing a social housing program in the Municipality of Triunfo in the State of Paraíba and, with the possession of the data, to dimension a system photovoltaic capable of supplying the consumption demand for housing and using investment analysis methods such as NPV, discounted payback, among others, to verify the viability of the project. The methodology adopted consists of surveying the expenses with the electricity bill, using the most recent invoices as a reference and, after carrying out a technical visit to the community, where we sought to determine the feasibility of a solar plant or a unitary system per residence with the aid of the tool made available by the Laboratory of Modeling and Studies of Renewable Energy Resources (LABREM), it was possible to determine the solar irradiation index of the place. Then, the dimensioning of the solar system was produced, as well as the budget for the essential inputs for the implementation, ending with a study on the feasibility and return on investment.

Keywords: Triunfo-PB; photovoltaic system; solar energy; renewable energy; social program.

1 INTRODUÇÃO

Na atualidade em que se discute a sustentabilidade, é indispensável falarmos nas formas de energia renovável. Com base em dados coletados do boletim anual de 2021 da Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica), temos que a energia elétrica provida de hidrelétricas é predominante com uma porcentagem de 56,4% (103 GW) da energia produzida no país, seguida pela eólica com 11,8% (21,6 GW), biomassa 8,9% (16,2 GW), PCH e CGH 3,5% (6,4 GW) e fotovoltaica 2,5% (4,6 GW).

Do ponto de vista mundial, conforme os dados da BP Statistical Review of World Energy de 2019, constata-se que o uso de energia elétrica gerada por combustíveis fósseis (84%) ainda é a principal fonte energética mundial e que os sistemas de energia renovável representam apenas 10% da energia produzida no mundo (hidrelétrica 6%; eólica 2%; biocombustível 1%; solar 1%).

Embora a energia solar seja pouco difundida no Brasil e no mundo, ela é uma das melhores opções em termos de energia renovável, tendo em vista as características conhecidas da nossa região. Além disso, estudos realizados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e pela Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR) no ano de 2019 revelaram que o nosso planeta tem uma capacidade de produção de energia proveniente do sol equivalente a 512,3 GW.

Segundo Santos, Souza e Dalfior (2016, p. 03) “O Brasil vive um momento hostil no qual apresenta inúmeros desafios para a sociedade. Um destes desafios está relacionado com o fornecimento de um serviço que traz impactos de todos os níveis e a toda sociedade: a energia elétrica”.

Conforme os dados divulgados pela Associação Brasileira dos comercializadores de Energia (ABRACEEL), nos últimos anos, a tarifa referente ao consumo de energia elétrica residencial teve um aumento maior do que a inflação no Brasil. Se considerarmos apenas o ano de 2021, temos um aumento de 114% na tarifa da conta de luz contra 48% da inflação. Tal aumento pode ser explicado, em parte, pela escassez de chuvas que atingem algumas regiões quase que de forma corriqueira, ocasionando um déficit no fornecimento de energia, levando as concessionárias de energia a recorrerem às usinas termelétricas.

Dessa forma, surgiu o conceito de Geração Distribuída (GD), que busca diminuir a dependência de um único sistema de geração de energia elétrica através da coligação de um sistema de energia renovável conectado diretamente à rede de distribuição. Com o objetivo de regulamentar essa prática, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) criou os módulos conhecidos como Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST).

Segundo Ferronato (2014):

(...) o módulo 1 do PRODIST, a micro geração distribuída é constituída por centrais geradoras de energia elétrica com potência instalada menor ou igual a 100 kW e que utilizam fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras (Ferronato, 2014, p. 26).

O presente projeto pretende analisar a viabilidade da implantação do sistema fotovoltaico em um conjunto habitacional cedido por um programa social no Município de Triunfo-PB. A escolha do tema justifica-se pela obtenção de dados e parâmetros que permitam avaliar a viabilidade de sistemas renováveis para consumidores de baixa renda, bem como fundamentar pesquisas ou investimentos futuros relacionados ao tema.

Com base no tema proposto, será possível realizar levantamentos e pesquisas sobre o uso do sistema fotovoltaico, de modo a fundamentar estudos ou investimentos futuros em relação à temática, na delimitação territorial de Cajazeiras-PB, mesorregião do Sertão Paraibano.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesse capítulo será exposto às literaturas utilizadas para embasar nosso trabalho.

2.1 PROGRAMAS DE HABITAÇÕES SOCIAIS

A Fundação Casa Popular (FCP) foi o primeiro programa federal de caráter social criado com o intuito de solucionar o déficit de moradias no país, como afirmam Lagoeiro, Castro e Mesquita:

A Fundação da Casa Popular foi o primeiro órgão federal brasileiro na área de moradia com a finalidade de centralizar a política de habitação, criado em 1º de maio de 1946, durante o governo do presidente Eurico Gaspar Dutra e foi extinta em 1964 durante o

regime militar. FCP previa a produção em massa de habitação social, através da centralização das reservas das carteiras prediais dos IAPs; apoio a pesquisas sobre processos construtivos e tendências regionais de moradia; Serviço social e o financiamento de obras de infraestrutura e indústrias de material de construção (Lagoeiro; Castro; Mesquita, 2021, p. 03).

Embora saibamos que existiram programas anteriores, como os Institutos de Aposentadoria e Pensão (IAPs), segundo Bonduki (2004), foram ações que visavam a capitalização, destituído de qualquer interesse social. Dando um salto temporal, chegamos em 2009, ano no qual foi criado o Programa Minha Casa Minha Vida, conforme afirma Silva:

(...) como uma política habitacional que busca inserir a população de baixa renda no mercado tradicional de crédito através de fortes subsídios por parte do Governo Federal e assim gerar o desenvolvimento socioeconômico esperado com um programa habitacional em escala nacional (Silva, 2013, p. 16).

Em 2020, surgiu o programa Casa Verde e Amarela, em substituição ao Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) que, apesar de algumas mudanças, mantinha o objetivo de facilitar a adesão de famílias de baixa renda à moradia própria.

Recentemente, em 2023, o programa Minha Casa Minha Vida foi retomado. Conforme a Agência Senado, a Medida Provisória 1.162/2023 busca atender famílias com renda mensal de até R\$ 8 mil, em áreas urbanas, enquanto, na zona rural, a renda anual não deve ultrapassar R\$ 96 mil. Além disso, dá prioridade às unidades que tenham a mulher como responsável familiar, seguida de unidades que contenham pessoas com deficiência, idosas, crianças ou adolescentes em situação de risco e vulnerabilidade.

Segundo o Governo Federal, através do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), entre 2019 e 2022, foram entregues por volta de 1,6 milhões de moradias, no qual beneficiaram mais de 6 milhões de pessoas, das quais 301,138 residem na Região Nordeste e 44.250 na Paraíba.

2.2 TARIFA SOCIAL PARA CONSUMIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA

A Tarifa Social de Energia Elétrica (TSEE) foi instituída pela Lei 12.212/10 e Resolução Normativa 414/10 da ANEEL, que confere descontos na conta de energia de consumidores classificados como baixa renda. Ela é escalonada por faixas de consumo, aplicando-se da seguinte forma, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Tarifa Social de Energia Elétrica – TSEE.

PARCELA DE CONSUMO MENSAL	PERCENTUAL DE DESCONTO	TARIFA PARA A APLICAÇÃO DA REDUÇÃO
Menor ou igual a 30 kWh	65%	B1 SUBCLASSE BAIXA RENDA
Maior que 30 kWh e menor ou igual a 100 kWh	40%	
Maior que 100 kWh e menor ou igual a 220 kWh	10%	
Maior que 220 kWh	0%	

Fonte: ANEEL, 2022

Para famílias indígenas e quilombolas pertencentes ao grupo beneficiado, o desconto pode chegar a 100% do valor a depender do consumo, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2 - Tarifa Social de Energia Elétrica – TSEE (Indígenas e quilombolas).

PARCELA DE CONSUMO MENSAL	PERCENTUAL DE DESCONTO	TARIFA PARA A APLICAÇÃO DA REDUÇÃO
De 0 a 50 kWh	100%	B1 SUBCLASSE BAIXA RENDA
De 51 kWh a 100 kWh	40%	
De 101 kWh a 220 kWh	10%	
A partir de 221 kWh	0%	

Fonte: ANEEL, 2022

Até 2021 cerca de 24 milhões de famílias teriam direito a TSEE, mas apenas 65% estavam cadastradas no benefício, com isso surge a Lei n.º 14.203/2021, que estabelece a inscrição automática de grupos familiares que se enquadrem no programa. Com a nova lei estima-se 11,5 milhões de famílias aderiram à tarifa.

2.3 GERAÇÃO SOLAR NO BRASIL: SURGIMENTO E EVOLUÇÃO

Energia solar fotovoltaica foi definida por Ferreira como: “Chama-se de energia solar fotovoltaica a energia elétrica obtida por conversão da energia solar através de células solares, produzidas a partir de materiais semicondutores” (Ferreira, 1993, p.22).

A energia surge em 1939, através do físico francês Edmond Becquerel, consoante a Machado e Miranda (2015, p. 127): “Em 1839, Edmond Becquerel, um físico francês, observou que duas placas de latão imersas em um eletrólito líquido produziam eletricidade quando expostas à luz solar. A esse fenômeno deu-se o nome de efeito fotovoltaico”.

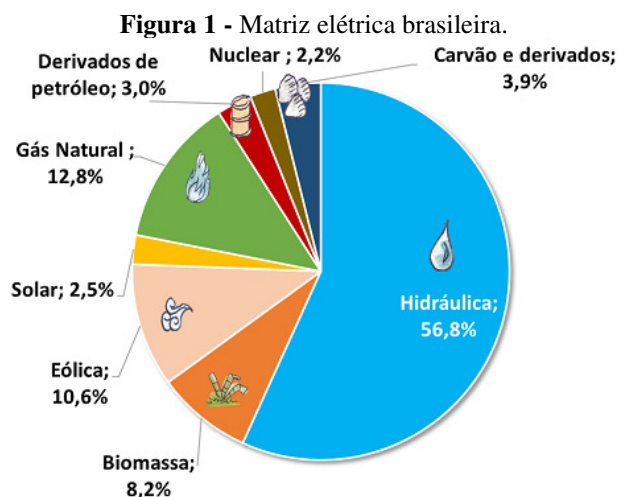
Dessa forma, ainda segundo Machado e Miranda (2015), só em 1883 foi construída a primeira bateria solar, fabricada a partir de folhas de selênio pelo inventor americano Charles Fritts que, apesar da baixa eficiência de conversão, teve grande repercussão. É importante salientar o ano de 1954, quando cientistas da *Bell Labs* construíram a primeira célula solar de silício que obteve uma eficiência de conversão de 6%, e que, até os dias atuais, é o material de maior destaque.

No Brasil, os estudos sobre energia solar surgem em 1952, como afirma Ferreira:

Esse relato inicia-se em 1952, onde se tem conhecimento da primeira tentativa de implantação de um centro de pesquisa no campo da energia solar, pelo CEMA-Centro de Mecânica Aplicada, do Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio, através de Teodoro Oniga. Nessa mesma época, o Dr. Jaime Santa Rosa apresentou, no X Congresso Brasileiro de Química, no Rio de Janeiro, um estudo sobre o assunto. (Ferreira, 1993, p 49).

Mas não foram tratados de forma relevante, como mostra Ferreira, que as pesquisas sobre o tema estiveram quase que inteiramente restritas às universidades e centros de pesquisa, e, na maioria das vezes, eram apenas abordados em programas de pesquisa em ciências aplicadas.

A utilização de energia solar no Brasil ocorreu apenas em 2011, com a instalação de uma usina solar no Município de Tauá, no Estado do Ceará. Segundo dados obtidos pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), em 2021 a matriz elétrica do Brasil estava distribuída conforme a Figura 1:



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (EPE), 2022.

Conforme dados divulgados pela Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR) em março de 2023, a produção de energia solar ultrapassou a marca de 26 gigawatts (GW), que equivale a 11,6% da matriz elétrica instalada no país.

2.4 SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO NA REDE ELÉTRICA SURGIMENTO E AVANÇO

Até 1990, os sistemas fotovoltaicos eram exclusivamente isolados da rede elétrica, mas, a partir do início desta década, surgiu o conceito de um sistema fotovoltaico *on grid*, popularmente conhecido como sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica que, diferente do sistema *off grid*, não requer controlador de carga e baterias para armazenar a energia. Nesse mesmo ano tivemos o primeiro sistema *on grid* instalado na Alemanha.

Em 17 de abril de 2012, a resolução normativa ANEEL n.º 482/2012, permitiu que tanto pessoas físicas como jurídicas criassem e conectassem o seu próprio sistema de energia elétrica a partir de fontes renováveis à rede de distribuição. Com as normas vieram os conceitos de Microgeração, sistema que poderia ter uma potência instalada menor ou igual a 100 kW, e Minigeração, sistema que poderia ter potência instalada maior que 100 kW e menor que 1 MW.

Com o decorrer dos anos, essa resolução sofreu algumas alterações, sendo a mais recente a resolução normativa ANEEL n.º 1.059, de 7 de fevereiro de 2023, que reafirmou as alterações nos valores de potência de microgeração para até 75 kW e minigeração para maior que 75 kW e menor ou igual a:

- 5 MW para as centrais geradoras de fontes despacháveis;
- 3 MW para as demais fontes não enquadradas como centrais geradoras de fontes despacháveis;
- 5 MW para unidades consumidoras já conectadas em 7 de janeiro de 2022 ou que protocolarem solicitação de orçamento de conexão, nos termos da Seção IX do Capítulo II do Título I, até 7 de janeiro de 2023, independentemente do enquadramento como centrais geradoras de fontes despacháveis.

A ABSOLAR aponta como principais vantagens desse sistema, “[...]é possível citar a não-polução da atmosfera, baixa necessidade de manutenção, o baixo custo do sistema, considerando sua vida útil – 25 anos –, a fácil instalação, economia de até 90% da conta de luz, valorização do imóvel, a geração de empregos e a fácil reciclagem do material.” (ABSOLAR, 2021).

Além das vantagens citadas acima, podemos destacar:

- Sem necessidade de baterias para armazenamento de energia;
- Menor perda de cargas nas redes de transmissão e distribuição;
- O sistema pode ser ampliado caso haja necessidade e espaço;
- É uma fonte de energia inesgotável.

2.6 EQUIPAMENTOS QUE COMPOEM UM SISTEMA SFCR.

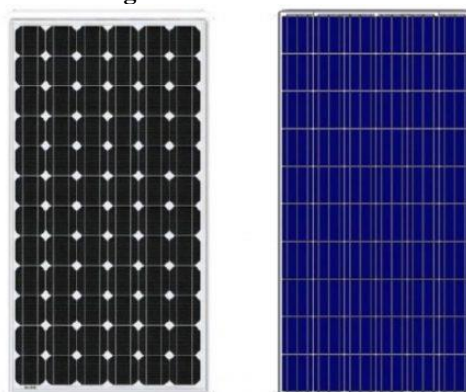
O módulo fotovoltaico, comumente chamado de placa solar ou painel solar, contém as células fotovoltaicas que captam a luz do sol e produzem a corrente elétrica, conforme cita o Portal Solar, “[...] o painel solar tem como função coletar fótons da luz solar que, ao se colidirem com os átomos de silício ou outro semicondutor do painel solar, geram um deslocamento de elétrons, criando uma corrente elétrica. Esse fenômeno tem o nome de efeito fotovoltaico” (Portal Solar, 2023).

Existem vários tipos de módulos fotovoltaicos, dentre eles citamos:

- Painel solar de silício monocristalino;
- Painel solar de silício policristalino;
- Painel solar de silício amorfo (a-Si);
- Painel solar de telureto de cádmio (CdTe);
- Painel solar de seleneto de cobre, índio e gálio (CIS /CIGS);
- Células fotovoltaicas orgânicas (OPV);
- Painel solar híbrido – HJT

Dentre os vários tipos citados, gostaríamos de destacar dois, por possuírem maior eficácia: o painel solar monocristalino, constituído por um único cristal de silício com uma eficiência entre 15% e 23%, e o painel solar policristalino, formado por vários monocristais de silício, com eficiência entre 14% e 20%. Ambos os painéis estão ilustrados na Figura 2.

Figura 2 - Painéis solares.



MONOCRISTALINOS

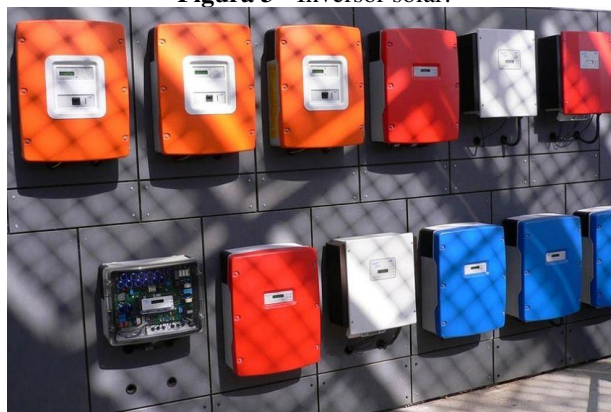
POLICRISTALINOS

Fonte: Tritec-intervento, 2017.

O inversor tem a função de converter a corrente contínua em alternada, como afirma Miranda, “[...] é um conversor elétrico, cuja função é transformar a energia produzida pelos módulos solares de corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA), com a finalidade de possibilitar a sua utilização em aparelhos elétricos” (Miranda, 2022).

Para melhor entendimento, a Figura 3 apresenta o inversor solar.

Figura 3 - Inversor solar.



Fonte: Canal Solar, 2022.

A *String box* faz a conexão dos cabos vindo do módulo fotovoltaico e o inversor e, dessa forma, prevenindo acidentes, de acordo com Reevisa, “A *string box* é, portanto, um equipamento que protege a CC, isolando o sistema de produção e protegendo-o de acidentes elétricos (como curtos-circuitos e descargas) antes que a corrente seja transformada em nossa eletricidade” (Reevisa, 2021), como apresenta na Figura 4.

Figura 4 - String box.



Fonte: Reevisa, 2021

O medidor bidirecional além de medir a energia consumida pela instalação, também realiza a medição da quantidade de energia inserida na rede pelo sistema fotovoltaico, conforme Solis Energia (2019), “Ao contrário do medidor convencional, conhecido também como relógio, o medidor bidirecional mede não só a energia consumida por uma instalação, mas também mede a quantidade de energia injetada na rede elétrica”, consoante a Figura 5.

Figura 5 – Medidor bidirecional.



Fonte: Greenvolt, 2019

O MPPT é a sigla para *Maximum Power Point Tracking*, definido por Neris da seguinte forma: “É um sistema eletrônico lógico, cuja função é rastrear o ponto de maior potência do arranjo fotovoltaico no qual está ligado e de forma constante. Com isso, o equipamento pode obter um aproveitamento melhor da geração solar que incide nas placas fotovoltaicas” (Neris, 2021).

3 MÉTODO DA PESQUISA

O estudo em questão realizou um levantamento quantitativo de 39 unidades consumidoras de uma comunidade baixa renda no Município de Triunfo-PB. Tal levantamento busca estabelecer o total de unidades atendidas, bem como o consumo médio de cada unidade, para determinar o consumo médio por residência da comunidade.

Após a análise do levantamento, realizaremos um estudo técnico para determinar qual teria maior viabilidade, uma usina solar para toda a comunidade ou um sistema individual para cada unidade. Diante dessa determinação, seguiremos para o dimensionamento e, posteriormente, para uma sondagem sobre o custo para implantação.

Assim, para a obtenção de resultados sobre o tema apresentado neste trabalho, a pesquisa teve um caráter quantitativo e qualitativo, com procedimentos de pesquisa bibliográfica, levantamento de dados juntos aos órgãos responsáveis pela ação social de habitações populares, tal qual a concessionária de energia elétrica. A escolha da comunidade se deu por ser um conjunto habitacional composto inteiramente por famílias de baixa renda.

Para o desenvolvimento do estudo, realizou-se um levantamento estatístico com base nos valores de irradiação solar obtidos junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A utilização do *Google Earth* forneceu as coordenadas geográficas do estudo, conforme apresentado na Figura 6.

Figura 6 - Localização das unidades consumidoras de baixa renda.



Fonte: Google Earth, 2023.

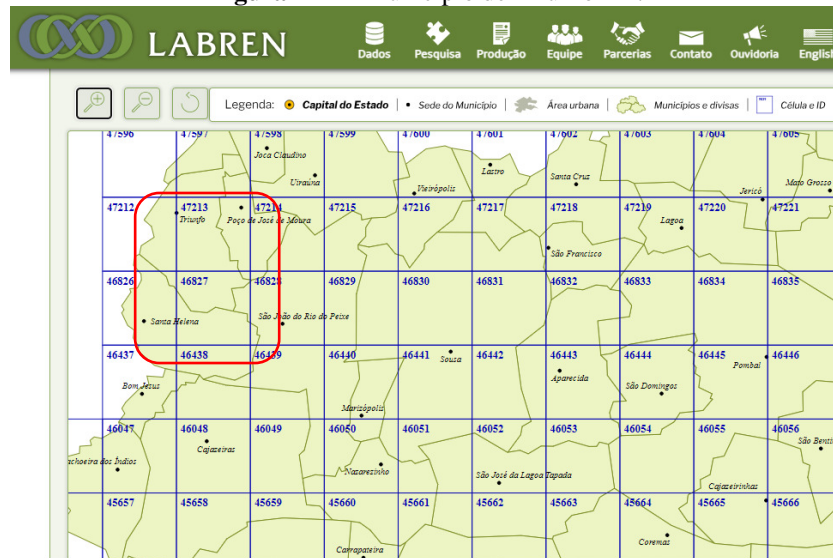
4 RESULTADOS DA PESQUISA

Mediante todo embasamento adquirido nos capítulos 2 e 3, concluímos que a utilização de uma usina solar para abastecer toda a comunidade é inviável, já que ela requer uma área específica para instalação e o campo de estudo não apresenta esse espaço disponível. No entanto, utilizar um sistema por residência mostrou-se viável, uma vez que aproveitaremos o telhado das residências para instalação, com o valor de 100 kWh por unidade, superior ao consumo médio das residências, o que nos dará uma margem para o futuro.

Dessa forma, para o dimensionamento do sistema fotovoltaico conectado na rede elétrica destinado às unidades consumidoras de baixa renda de uma comunidade localizada no município de Triunfo – PB, foi necessário realizar o levantamento de informações relacionadas a irradiação solar média anual. Para tanto, foi utilizada uma ferramenta disponibilizada pelo Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia (LABREN), que é uma das subdivisões do INPE.

A partir da apresentação das coordenadas próximas à localização do estudo, bem como da definição exclusiva do município no mapa, foi possível obter a sigla de identificação para análise da irradiação, definida por célula com o número denominado de ID, conforme mostra a Figura 7.

Figura 7 - ID Município de Triunfo-PB.



Fonte: INPE, 2023.

Através da ID 47213, utilizando a mesma plataforma online, na irradiação direta normal, foi possível identificar o valor médio anual de 5901 Wh/m² de irradiação solar utilizado como referência para o dimensionamento, como expõe a Figura 8.

Figura 8 - Irradiação média no Município de Triunfo-PB.

Mostrar registros ---- Inserir ID ----
Procurar:

ID	Lon	Lat	Anual	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
47212	-38,649	-6,6005	5876	5531	5053	5128	5207	5231	5542	5972	6933	6500	6603	6820	5997
47213	-38,549	-6,6005	5901	5737	5242	5209	5392	5264	5423	5910	6776	6481	6520	6816	6038
47214	-38,449	-6,6005	5891	5634	5203	5255	5444	5327	5460	5867	6656	6441	6573	6797	6034
47215	-38,349	-6,6005	5932	5630	5247	5321	5559	5377	5500	5890	6731	6445	6632	6799	6053
47216	-38,249	-6,6005	5964	5691	5291	5518	5588	5333	5405	5862	6758	6529	6659	6856	6070
47217	-38,149	-6,6005	5965	5633	5177	5545	5684	5443	5402	5840	6649	6622	6643	6860	6079
47218	-38,049	-6,6005	5963	5537	5154	5563	5732	5531	5410	5773	6584	6669	6622	6899	6074
47219	-37,949	-6,6005	6041	5730	5388	5645	5785	5578	5409	5823	6732	6704	6743	6882	6077

Fonte: INPE, 2023.

4.1 DIMENSIONAMENTO DO PROJETO

Ressaltamos que os cálculos serão realizados para atender uma única unidade, replicando os valores de geração e de custos de implantação para as demais.

Assim, considerando as condições padrões de teste (STC), as condições nas quais os módulos fotovoltaicos são testados em laboratório. É importante analisar as seguintes informações para a realização do dimensionamento: intensidade de radiação solar de 1000 W/m², massa de ar de AM 1.5, temperatura da célula de 25 °C e velocidade do vento de 1 m/s, bem como a um consumo médio de 100 kWh/Mês, utilizando a Equação 1.

$$P_{FV} = \frac{E \cdot G_{stc}}{H_{to} \cdot TD} \quad (1)$$

Considerando que:

P_{FV} : Potência instalada (Wp)

E: Energia a ser gerada em (Wh)

G_{stc} : Irradiância na STC (W/M²)

Utilizando a Equação 1 no projeto em questão obtém-se:

E= 100 kWh/mês;

G_{stc} : 1000 W/m²;

H_{tot} : 5,9 kWh/m².dia x 30dias/mês

TD: 0,77.

$$P_{FV}: (100 \times 1000) / (5,9 \times 30 \times 0,77) = 733,72 \text{ wp}$$

Potência fotovoltaica instalada

$$02_{mod} \times 440 = \mathbf{880 \text{ W ou } 0,88 \text{ kW}}$$

4.2 DADOS E CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO MÓDULO FOTOVOLTAICO

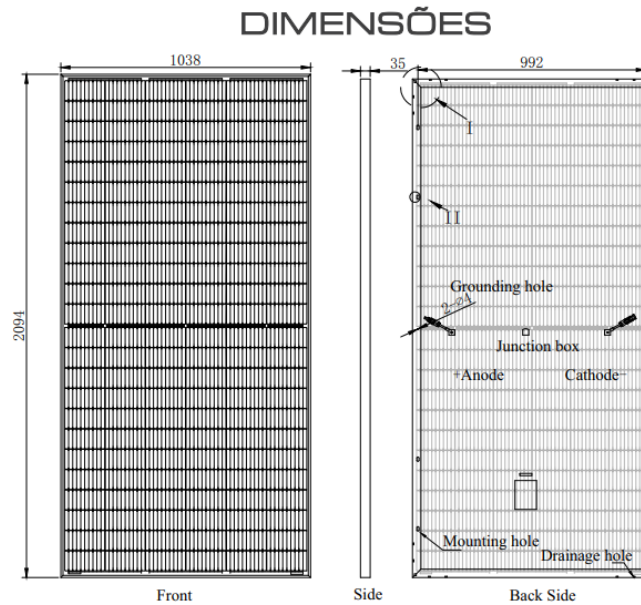
As Figuras 9 e 10 apresentam os dados técnicos e as dimensões do módulo fotovoltaico, respectivamente.

Figura 9 - Dados técnicos do módulo fotovoltaico.

ESPECIFICAÇÕES		DADOS TÉCNICOS		
		AE HM6L-72 Series 440 W - 450 W		
		AE440HM6L-72	AE445HM6L-72	AE450HM6L-72
Potência Máx. Nominal	Pmax (Wp)	440	445	450
Tensão Máxima	Vmp(V)	41.0	41.2	41.4
Corrente Máxima	Imp (A)	10.74	10.80	10.87
Tensão de Circuito Aberto	Voc(V)	49.6	49.8	50.0
Corrente de Curto-Circuito	Isc (A)	11.33	11.46	11.54
Eficiência do Módulo	(%)	19.8	20	20.2
Tolerância de Potência	Pmax (Wp)		0/+4.99	
Tensão Máx. CC do Sistema	(V)		1500	
Classificação Máx. de Fusíveis em Série	(A)		20	
Temperatura de Operação	(°C)		-40 to +85	
Coefficiente de Temperatura de Pmax.	(%/°C)		-0.37	
Coefficiente de Temperatura de Voc	(%/°C)		-0.29	
Coefficiente de Temperatura de Isc	(%/°C)		0.05	

Fonte: AE Solar, 2023.

Figura 10 - Dimensões dos módulos.



Fonte: AE Solar, 2023.

4.3 QUANTIDADE DE MÓDULOS.

O módulo do sistema fotovoltaico definido para o referido projeto é o de 440 Wp, determinado através da Equação 2.

$$N_{\text{mod.}} = (\text{kWp}) / (440\text{Wp}/1000) \quad (2)$$

$$N_{\text{mod.}} = (0,733) / (440/1.000) = 1,67_{\text{ mod.}}, \text{ ou seja, dois módulos de } 440 \text{ Wp.}$$

4.3.1 Dados dos Módulos:

Modelo= AE440HM6L-72
 Potência Fotovoltaica= 440 Wp
 Tensão de Curto-Circuito= 49,6 V
 Corrente de operação= 10,74 A
 Corrente de Curto-Circuito= 11,33A

4.3.2 Dados do Arranjo:

Número de série = 01
 Número de módulos = 02
 Potência Fotovoltaica de Cada Série= 0,88 KWp
 Tensão de Curto-Circuito Aberto em Série= 102,27 V
 Tensão de MPPT Máxima de Cada Série= 102,07 V
 Tensão de MPPT Mínima de Cada Série= 86, 25V

4.3.3 Área do arranjo:

$$2,094 \times 1,038 \times 2 = 4,35 \text{ m}^2$$

4.4 TENSÕES MÁXIMAS DE CURTO-CIRCUITO

A tensão máxima do módulo é $V_{oc\text{máx}}$: 49,6 V.
 Tal tensão foi obtida através da Equação 3.

$$V_{oc\text{máx}} = (N_{\text{mod}} * N_{\text{str}}) * (1 - ((\text{CoefTempVOC}100) * (25 - \text{Tempmín}))) \quad (3)$$

Substituindo os valores:

$$V_{oc_{m\acute{a}x}} = (2 \times 49,6) \times (1 - ((-0,31/100) \times (25-15))) = 102,27V$$

4.5 A TENSÃO MÍNIMA E MÁXIMA DE MPPT

A tensão mínima de MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) é a função automática que constantemente busca o ponto máximo de potência dos painéis solares fotovoltaicos, maximizando a geração de energia para a rede e que pode ser calculada por meio da Equação 4.

$$V_{mp_{m\acute{i}n}} = (N_{mod} \times N_{str}) \times (1 - ((CoefTempV_{mp}100) \times (25 - Temp_{m\acute{a}x}))) \quad (4)$$

Substituindo os valores, tem-se:

$$V_{mp_{m\acute{i}n}} = (2 \times 49,6) \times (1 - ((-0,29/100) \times (25 - 70))) = 86,25V$$

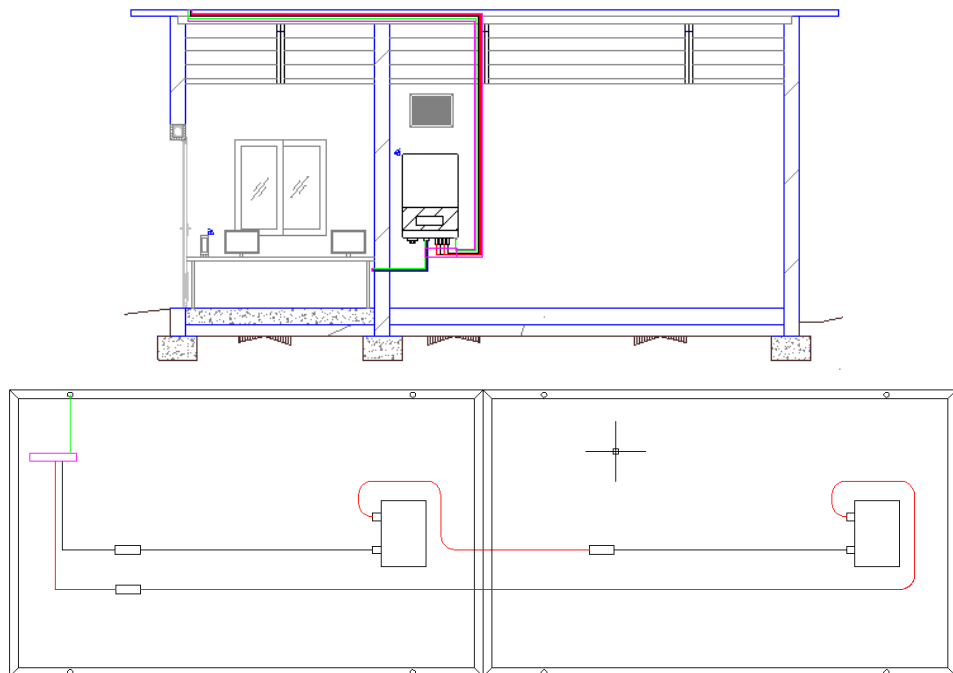
A tensão máxima de MPPT (*Maximum Power Point Tracking*):

$$V_{mp_{m\acute{a}x}} = (N_{mod} \times N_{str}) \times (1 - ((CoefTempV_{mp}100) \times (25 - Temp_{m\acute{i}n}))) \quad (5)$$

$$V_{mp_{m\acute{a}x}} = (2 \times 49,6) \times (1 - ((-0,29/100) \times (25 - 15))) = 102,07 V$$

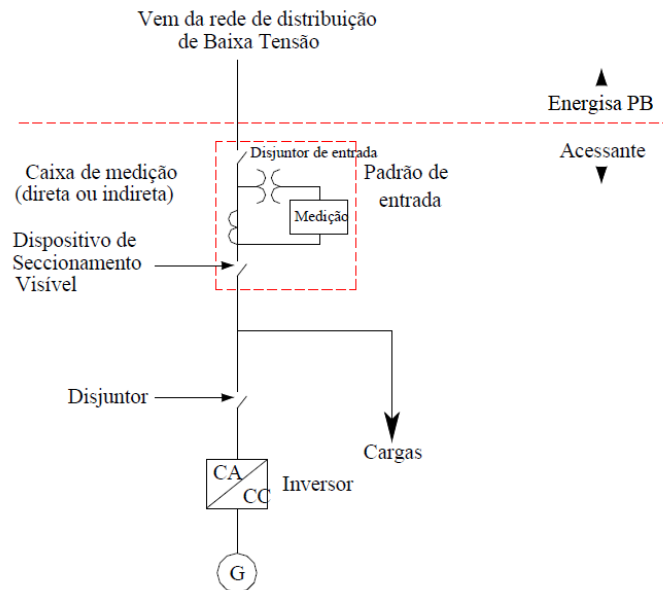
O arranjo dos cabos e do conjunto de módulos com ligação em série estão detalhados na Figura 11, enquanto a figura 12 apresenta o diagrama unifilar.

Figura 11 - Cabeamento CC e conjunto de módulos com ligação em série



Fonte: Autor (2023).

Figura 12 – Diagrama unifilar.



Fonte: Autor (2023).

Recomenda-se:

Proteção UV;

Classe de Temperatura: $\geq 90^\circ \text{C}$;

Queda de tensão $\leq 2\%$, utilizando a Equação 6.

$$I_{ccm\acute{a}x} = 1,5 \times I_{sc} = 1,5 \times 11,33 = 16,99 \text{ A}$$

(6)

4.6 DADOS E CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO INVERSOR GRID TIE

Foi escolhido o inversor *Grid Tie Ecosolys – Ecos1000* 1kW monofásico 220v 1 MPPT, ilustrado na Figura 13.

Figura 13 - Inversor Solar



Fonte: Energyshop, 2023.

A opção pela escolha desse inversor se dá pelo custo-benefício, já que ele atende os requisitos solicitados, como mostra a Figura 14.

Figura 14 – Especificações técnicas

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

DADOS DE ENTRADA CC:

Potência Fotovoltaica Nominal: 1KW
Potência Fotovoltaica Máxima: 1.980KW
Tensão máxima de entrada CC (limite): 320V
Corrente máxima de entrada CC: 10A
Entrada MPPT: 1 (Faixa de operação 60V~320V)
Conector de entrada fotovoltaica CC: 2-Tipo MC4
Aceita Painéis Fotovoltaicos 60 Celulas e/ou 72 Celulas

DADOS DE SAÍDA CA:

Potência nominal de saída: 1KW
Potência máxima de saída: 1.1KW
Conexão CA: Monofásica ou Bifásica
Tensão nominal de saída CA: MONOFASICO 220V (Fase+Fase ou Fase+Neutro - Faixa de operação: 176V~242V)
Corrente nominal de saída: 4,7A
Frequência nominal de saída: 60HZ (Faixa de operação: 57,5Hz~62Hz)
Fator de Potencia: 1
Eficiência: 92%
THD:<0,5%
Temperatura de operação: -20~55°C

PROTEÇÕES INTERNAS:

Anti-ilhamento;
Sobre/sub tensão;
Sobre/sub corrente;
Sobre/sub frequência;
Proteção contra sobrecarga;
Religamento Automático fora de fora;
Controle de potência ativa em sobrefrequência;
Proteção contra injeção de componente CC;
Proteção contra inversão de polaridade.

Fonte: *Energyshop, 2023.*

4.7 SISTEMA DE PROTEÇÃO

Para CC o DPS (dispositivo de proteção contra surto), é necessário calcular através da seguinte fórmula:

$$\frac{\sqrt{V_{OC_{máx}}^2 + V_{CC_{máx}}^2}}{\sqrt{2}}$$

Aplicando os valores:

$$\frac{\sqrt{102,27^2 + 320^2}}{\sqrt{2}} = 238 \text{ v}$$

Com isso, optamos pelo DPS Tensão Máxima 300V, 40kA, 3 polos, Classe II, Corrente Contínua. Para o DPS da CA temos que o U_c (nível de tensão máxima contínua) do DPS necessário, o qual será determinado pela fórmula dada pela NBR 5410.

$$U_c = 1,1 * U_0$$

Sabendo que nossa tensão é de 220v temos:

$$U_c = 1,1 * 220 = 242 \text{ v}$$

O U_p (nível de proteção de tensão), segundo a mesma norma, deve-se usar o valor de 2,5 kW. Para a kA, que se refere a corrente máxima (I_{MAX}), é determinada conforme o local de instalação do sistema, assim, temos que nosso local de estudo está localizado em uma área um pouco mais afastada do centro e com poucos prédios em volta, então, esse valor varia de 20 kA a 45 kA. Optamos pelo valor de 40 kA.

Com base nas informações, escolhemos o DPS 40kA, 275v. De posse dos valores de tensão e corrente máxima podemos escolhemos a Chave Seccionadora 20A Bipolar Sobrepor Carga MSW20P2 WEG. Ainda utilizando as especificações da NBR 5410, e conhecendo os valores de corrente e tensão, determinamos 2 disjuntores termomagnéticos tripolar 16 A, padrão DIN, 5KA, sendo 1 para CC e outro para CA.

4.8 ORÇAMENTO

Com base no consumo energético e na irradiação solar do local de estudo, é possível estimar o sistema fotovoltaico necessário para atender às residências da comunidade, para obter o número de insumos necessários para o funcionamento do sistema.

A partir dos dados adquiridos, partimos para o orçamento dos insumos e, assim, poderemos verificar a viabilidade do projeto, utilizando fontes como o Sistema de Orçamento de Obras do Sergipe (ORSE), entre outras, tomando como referência o mês de abril de 2023.

A Tabela 3 apresenta os insumos, quantitativos e valores referentes ao projeto do sistema solar.

Tabela 3 – Orçamento de insumos.

	Fonte	Descrição	Un	Qtde	Preço - R\$ (Real)		
					Unitário	Total	
1	EQUIPAMENTOS FOTOVOLTAICOS					R\$ 3.953,58	
1.1	Mercado Livre	Painel fotovoltaico Monocristalino, 440Wp	und	02	R\$ 748,99	R\$ 1.497,98	
1.2	Solar & Sol Aquecedores	Inversor solar fotovoltaico <i>on grid</i> 1kW	und	01	R\$ 2.113,00	R\$ 2.113,00	
1.3	energystore	Conectores fêmea/ macho WEID_CABUR_TE_MC4	und	04	R\$ 14,90	R\$ 59,60	
1.4	Solarbox	Cabo solar 4mm até 1800VCC Preto, ABNT NBR 16612	m	25	R\$ 5,66	R\$ 141,50	
1.5	Solarbox	Cabo solar 4mm até 1800VCC vermelho, ABNT NBR 16612	m	25	R\$ 5,66	R\$ 141,50	
2	INSTALAÇÃO ELÉTRICA					R\$ 3.055,15	
2.1	S00450/ORSE	Disjuntor termomagnético tripolar 16 A, padrão DIN, curva C, 5kA (Fornecimento e instalação)	und	02	R\$ 62,60	R\$ 125,2	
2.2	Loja Clamper	String box, modelo referência: CLAMPER Solar SB 3E/3S	und	02	R\$ 995,00	R\$ 1.990,00	
2.3	S03798/ORSE	Fio de cobre Flexível 4 mm ² , Instalações	m	30	R\$ 8,11	R\$ 243,30	
2.4	Mercado Livre	Dispositivo de proteção contra surto de tensão, DPS 40kA - 275v (Fornecimento e instalação)	und	01	R\$ 78,99	R\$ 89,77	
2.5	Loja Clamper	Protetor DPS Solar Tensão Máxima 300V, 40kA, 3 polos, Classe II, Corrente Contínua	und	01	R\$ 141,90	R\$ 141,90	
2.6	Dimensional	Chave Seccionadora 20A Bipolar Sobrepor Carga MSW20P2 WEG	und	01	R\$ 77,99	R\$ 77,99	
2.7	Dimensional	Haste de aterramento	Und	01	R\$ 46,99	R\$ 46,99	
2.8	Mercado Livre	Perfil trilho painel solar + grampos	und	04	R\$ 85,00	R\$ 340	
TOTAL						R\$ 7.008,73	
TOTAL PARA 39 UNIDADES						273.340,47	

Fonte: Autor, 2023

4.9 RETORNO DO INVESTIMENTO

Antes de calcular o retorno do investimento, é necessário entender como funciona a tarifa do consumidor de baixa renda, bem como determinar o valor médio unitário do kWh, o que pode ser visualizado na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores das tarifas para clientes do Grupo B1 – residencial, baixa renda e valor kWh médio.

CONSUMO	VALOR DA TARIFA	DESCONTO	VALOR DA TARIFA COM DESCONTO	VALOR EM R\$
Até 30 kWh	0,777870	65%	0,2722545	8,17

De 31 kWh a 100 kWh	40%	0,466722	32,67
VALOR TOTAL R\$			40,84
VALOR MÉDIO (R\$/KWH)			0,41

Fonte: Autor, 2023

Utilizando o valor de R\$ 0,41, equivalente ao valor unitário do kWh calculado na Tabela 4, com o auxílio da ferramenta *Excel* para cálculos de VP (valor presente), VPL (valor presente líquido), TIR (taxa interna de retorno), TL (taxa de lucratividade) e *payback* descontado, podemos analisar o investimento que está ilustrado na Tabela 5.

Tabela 5 - Análise de investimento sistema fotovoltaico com potência de 0,88 kw em uma comunidade baixa renda, Triunfo-PB

Premissas Consumo X Sistema Solar Cliente		Média de Ajuste Anual Tarifa		Análise de Investimento	
Instalação (kWp)	0,88	TMA	6,17%	Investimento Sistema Solar	7.008,73
Preço	R\$ 7.964,47	Total de Energia Gerada (kWh)	41.821	VPL	R\$ 7.547,96
Distribuidora Local	ENERGISA	Economia Total Estimada	R\$ 32.912,99	TIR	14%
Valor unitário (kW/R\$)	0,41	Economia Total Corrigida	R\$ 14.556,69	TAXA DE LUCRATIVIDADE	2,08
Irradiação Solar Média Anual	5,91			PAYBACK DESCONTADO	10,68

ANO	Eficiência Módulos FV	Geração Mensal (kWh)	Geração Anual (kWh)	Tarifa (R\$/kWh)	Economia Mensal Estimada	Economia Anual Estimada	VP	VP Acumulado
0	-	-	-	-	-	-R\$ 7.008,73	-R\$ 7.008,73	-R\$ 7.008,73
1	100%	156	1872	0,41	63,97	R\$ 767,64	R\$ 723,03	-R\$ 6.285,70
2	97,5%	152	1825	0,43	65,61	R\$ 787,37	R\$ 698,51	-R\$ 5.587,19
3	96,8%	151	1812	0,45	68,53	R\$ 822,36	R\$ 687,16	-R\$ 4.900,03
4	96%	150	1797	0,48	71,50	R\$ 857,98	R\$ 675,25	-R\$ 4.224,78
5	95,3%	149	1784	0,50	74,67	R\$ 896,01	R\$ 664,21	-R\$ 3.560,57
6	94,5%	147	1769	0,53	77,89	R\$ 934,69	R\$ 652,61	-R\$ 2.907,96
7	93,9%	146	1757	0,56	81,39	R\$ 976,63	R\$ 642,27	-R\$ 2.265,68
8	93,0%	145	1741	0,58	84,83	R\$ 1.018,00	R\$ 630,57	-R\$ 1.635,11
9	92,3%	144	1728	0,62	88,57	R\$ 1.062,88	R\$ 620,11	-R\$ 1.015,00
10	91,5%	143	1713	0,65	92,37	R\$ 1.108,46	R\$ 609,12	-R\$ 405,89
11	90,8%	142	1700	0,68	96,43	R\$ 1.157,18	R\$ 598,94	R\$ 193,05
12	90,0%	140	1685	0,72	100,55	R\$ 1.206,62	R\$ 588,23	R\$ 781,28
13	89,3%	139	1672	0,75	104,96	R\$ 1.259,50	R\$ 578,33	R\$ 1.359,61
14	88,5%	138	1657	0,79	109,43	R\$ 1.313,12	R\$ 567,91	R\$ 1.927,52
15	87,8%	137	1644	0,83	114,21	R\$ 1.370,48	R\$ 558,27	R\$ 2.485,79
16	87,0%	136	1629	0,88	119,05	R\$ 1.428,60	R\$ 548,13	R\$ 3.033,92
17	86,3%	135	1616	0,92	124,23	R\$ 1.490,80	R\$ 538,75	R\$ 3.572,67
18	85,5%	133	1601	0,97	129,48	R\$ 1.553,78	R\$ 528,88	R\$ 4.101,55
19	84,8%	132	1588	1,02	135,10	R\$ 1.621,20	R\$ 519,76	R\$ 4.621,31
20	84,0%	131	1573	1,07	140,78	R\$ 1.689,41	R\$ 510,15	R\$ 5.131,46
21	83,3%	130	1560	1,13	146,87	R\$ 1.762,45	R\$ 501,28	R\$ 5.632,74
22	82,5%	129	1545	1,19	153,02	R\$ 1.836,29	R\$ 491,93	R\$ 6.124,66
23	81,8%	128	1532	1,25	159,62	R\$ 1.915,39	R\$ 483,30	R\$ 6.607,96
24	81%	126	1517	1,32	166,27	R\$ 1.995,28	R\$ 474,20	R\$ 7.082,16
25	80,3%	125	1503	1,38	173,41	R\$ 2.080,89	R\$ 465,81	R\$ 7.547,96
			41.821			R\$ 32.912,99	R\$ 14.556,69	R\$ 20.406,99

Fonte: Autor, 2023

Para fins de cálculo da tabela 05, utilizou-se a média de ajustes da tarifa de energia elétrica nos últimos 14 anos. Como taxa de atratividade, adotamos o valor 6,17%, referente à taxa de juros de uma conta poupança no momento da realização deste trabalho. Conforme os dados apresentados Tabela 05, é possível concluir que é um investimento viável, uma vez que todos os parâmetros de análise de investimentos (VPL, TIR e TL) foram positivos, evidenciando que nosso projeto trará um retorno financeiro. Além disso, segundo o *payback* descontado, o valor investido será pago em 10,68 anos, e que ao longo de 25 anos, estima-se uma economia de R\$ 32.912,99 com a uma produção total de 41.821 kWh.

5 CONCLUSÃO/CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pautando-se no objetivo inicial de dimensionar um sistema solar capaz de atender a demanda unitária de um conjunto habitacional social na cidade de Triunfo-PB, composto por 39 residências habitadas por famílias pertencentes ao grupo caracterizado como baixa renda, foi necessário realizar o levantamento do consumo médio energético, análise da estrutura das moradias e auxílio de algumas ferramentas.

Conforme os dados apresentados neste trabalho, o objetivo principal foi alcançado, e o sistema fotovoltaico dimensionado é viável, pois, além de gerar economia financeira, também promove um

benefício ambiental, já que utiliza a irradiação solar para produzir energia elétrica, sendo, portanto, uma energia limpa e renovável e que ao longo do primeiro ano já podem ser vistos os benefícios.

Além disso, consoante o tempo de retorno (*payback*), o investimento será pago em menos de 11 anos, o que é um período aceitável, uma vez que consideramos o consumo de até 100 kW, o que significa um maior desconto social na tarifa final.

Apesar de ter sido limitado a uma comunidade do município de Triunfo-PB, este projeto é uma sugestão futura para substituir as tarifas de baixa renda pelo modelo calculado neste estudo, visto que proporciona um desconto maior do que as tarifas atuais e beneficia não somente as famílias, mas também o meio ambiente.

O presente trabalho é um ponto de partida para estudos futuros que visam ampliar o uso da energia fotovoltaica e instigar a pesquisa por alternativas quando não for possível instalar o sistema solar em microrregiões de baixa renda que não dispõem de irradiação solar constante.

REFERÊNCIAS

BONDUKI, Nabil. **Origens da habitação social no Brasil**. 4. ed. São Paulo: Estação Liberdade, 2004.

Como funciona o medidor bidirecional da energia solar? **Solis Energia**, 2019. Disponível em: <https://solisenergia.com.br/como-funciona-o-medidor-bidirecional-da-energia-solar/>. Acesso em: 16 de jun. de 2023.

Energia solar fotovoltaica: como funciona, vantagens, desvantagens e principais desafios para o futuro. **ABSOLAR – Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica**, 2021. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/energia-solar-fotovoltaica-como-funciona-vantagens-desvantagens-e-principais-desafios-para-o-futuro/>. Acesso em: 14 de jun. de 2023.

FERREIRA, Maria Julita Guerra. **Inserção da energia solar fotovoltaica no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Energia) - Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993. Disponível em <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-05122011-141720/pt-br.php>. Acesso em: 27 abr. 2023.

FERRONATO, Fabiano de Araújo Santos. **Sistema de supervisão e controle de fontes de energia renováveis e armazenamento de energia conectado em baixa tensão**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/37803/R%20-%20D%20-%20FABIANO%20DE%20ARAUJO%20SANTOS%20FERRONATO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 27 abr. 2023.

LAGOEIRO, Gabriela; CASTRO, Luana de; MESQUITA, Sophia. **Fundação casa popular**. Belo Horizonte, 2021.

MACHADO, Carolina T.; MIRANDA, Fabio S. Energia Solar Fotovoltaica: uma breve revisão. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 1, 2015, p. 126-143.

MIRANDA, Stella. **Inversor solar, o que é e para que serve?** Canal Solar. São Paulo, 2022. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/inversor-solar-o-que-e-e-pra-que-serve/>. Acesso em 14 jun. de 2023.

NERIS, Alessandra. **Entenda o que é MPPT e sua importância**. Aldo Solar. Paraná, 2021. Disponível em: <https://www.aldo.com.br/blog/o-que-e-mppt-e-sua-importancia/>. Acesso em: 27 de jun. de 2023.

Painel solar: o que é, como funciona e tipos. **Portal Solar**. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/painel-solar>. Acesso em: 14 de jun. 2023.

SANTOS, Fabrício Almeida; SOUZA, Carlos Alberto de; DALFIOR, Vanda Aparecida Oliveira. **Energia Solar**: um estudo sobre a viabilidade econômica de instalação do sistema fotovoltaico em uma residência em Ipatinga-MG. 2016. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos16/862456.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2023.

SILVA, Jadson Pessoa da. **Programa Minha Casa Minha Vida (2009 2010): Avanços e limites para a população de baixa renda em São Luís - MA**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Socioeconômico) – Centro de Ciências Sociais, Universidade Federal do Maranhão, Maranhão, 2013.

String box: o que é e por que é tão importante para a geração de energia solar? **Reevisa**, 2021. Disponível em: <https://reevisa.com.br/post/string-box/>. Acesso em 16 de jun. de 2023.


EUGENIO PEREIRA FILHO

PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO NA REDE ELÉTRICA, DESTINADA ÀS UNIDADES CONSUMIDORAS ATENDIDAS POR PROGRAMAS SOCIAIS NO MUNICÍPIO DE TRIUNFO, PARAÍBA


Trabalho de Conclusão de Curso, sob forma de artigo, submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, *Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 12 de julho de 2023.


BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 JOSE TAVARES DE LUNA NETO
Data: 31/07/2023 14:19:06-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

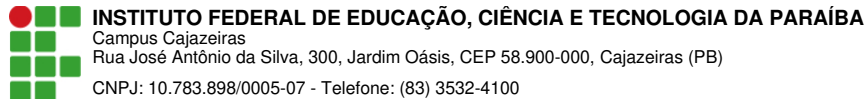
Prof. José Tavares de Luna Neto – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Orientador

Documento assinado digitalmente
 Geronimo Barbosa Alexandre
Data: 28/07/2023 12:50:16-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Me. Gerônimo Barbosa Alexandre – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Examinador 1

Documento assinado digitalmente
 TOBIAS TAVARES DE LUNA
Data: 30/07/2023 23:17:00-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Esp. Tobias Tavares de Luna – EEEP Irmã Ana Zélia da Fonseca
Examinador 2



Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

Entrega de TCC

Assunto: Entrega de TCC
Assinado por: Eugenio Pereira
Tipo do Documento: Dissertação
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Eugenio Pereira Filho, ALUNO (201822200008) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL - CAJAZEIRAS**, em 15/08/2023 12:23:55.

Este documento foi armazenado no SUAP em 15/08/2023. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 909211
Código de Autenticação: f6ee2aabe8

